Посебно издание на
Geologica Macedonica,№ 2

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО и
УНИВЕРЗИТЕТ "ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ"-ШТИП

ПРВ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Уредници:
Боев, Б. & Серафимовски, Т

Охрид, 2008

Посебно издание на
Geologica Macedonica,№ 2

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО и
УНИВЕРЗИТЕТ "ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ"-ШТИП

ПРВ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

Уредници:
Боев, Б. & Серафимовски , Т.

Охрид, 2008

Издавач: Македонско геолошко друштво

Главни и одговорни уредници: Проф. д-р Блажо Боев и
Проф. д-р Тодор Серафимовски

Уреднички одбор: Проф. д-р Милорад Јовановски, Проф. д-р Никола Думурџанов, Проф. д-р Тодор Делипетров, м-р Златко Илијовски, м-р Горан Тасев и м-р Коста Јованов

Технички уредник: м-р Горан Тасев и Благоја Богатиновски

Лектура: Вангел Карагунов

Печати: Печатница "2-ри Август С"-Штип

Тираж: 500 примероци

Организационен одбор на Првиот Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Претседател: Проф. д-р Тодор Серафимовски
Секретар: м-р Златко Илијовски

Технички секретар: м-р Горан Тасев

Членови: Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Ванчо Чифлиганец
Проф. д-р Никола Думурџанов
Проф. д-р Соња Лепиткова
Проф. д-р Милорад Јовановски
м-р Коста Јованов
Проф. д-р Крсто Блажев
Флорент Чиче
Проф. д-р Борче Андреевски
Проф. д-р Марин Александров
Проф. д-р Панде Лазаров
Проф. д-р Тодор Делипетров
м-р Раде Станковски
Ванчо Ангелов
Кирил Јованов
Кирил Филев
Владимир Плотников

Финансиска подршка:

Министерство за образование и наука на Република Македонија
Министерство за економија на Република Македонија
Министерство за животна средина и просторно планирање на Република Македонија
"FENI-INDUSTRI"-Кавадарци
ЕЛЕМ-Скопје
ДПТУ "БУЧИМ" ДООЕЛ-Радовиш
"Адора инженеринг" дооел-Скопје
"Индоминерали и метали" дооел Скопје
(*Рудници за олово и цинк Злетово и Тораница*)
Рудници за олово и цинк "Саса", М. Каменица
Градежен Институт Македонија-Скопје
Градежен факултет-Скопје
ГЕОМАП-Скопје
"Геоинженеринг-М"-Скопје
"Хидроинженеринг"-Битола

PREFACE

Geology as integral part of the cultural landscape should be our basic working posy within the third millenium, the millenium of global communication systems and information networks, the millenium of an extraordinary achievements in the technology and scientific research, the millenium that probably will fulfill the endeavours of enormous number of people for the equal and uninterupted access of all humans to all achievements, which will result from the global integration of all civilizations on the planet Earth.

Geology as science for the Earth, scince its beginings has treated this planet as unique complex geological system where occur numerous mutually subordinate processes that have resultes from global and regional geological events. This fundamental postulate has been generated, very commonly used, posy in geological research THINK GLOBAL, ACT REGIONAL, SUB-REGIONAL OR LOCAL.

Geology within the new millenium fits in the positive sight of development of Earth Sciences as a direct consequence of enhancement of social element of human life and rights for better life. In that direction, modern geology, has been established on few pillars:

1. Questions related with understanding of processes that occur on the Earth as a global body, or more precisely understanding of basic and fundamental processes that occur in Earth's interior as a direct consequence of global events in Earth's spheres (lithosphere, hydrosphere, biosphere and atmosphere).

2. Questions related with interaction between fundamental and applied geological disciplines. Better understanding of geological processes could help us to improve the definition of:

- Estimation of natural and anthropogene introduced risk,
- Foresee the consequences of such risks and offer applicable solutions for eventually arised problems,
- Problems related with natural resources,
- Support to the sustainable development

3. Questions concerning international geological cooperation, geological correlation and interborder environmental problems.

4. Questions related with preservation and protection of natural and cultural rarity and implications of geological aspects to the significant cultural monuments.

The President
of the Macedonian Geological Society

Prof. d-r Blazo Boev

СОДРЖИНА

PREFACE

1. Регионална геологија, тектоника и палеонтологија 1

ОДРЕДУВАЊЕ АПСОЛУТНА ГЕОЛОШКА СТАР-ОСТ НА ГРАНИТСКИ ИНТРУЗИИ
Александар Стојанов *3*

БИОСТРАТИГРАФИЈА И ПАЛЕОЕКОЛОГИЈА НА НЕОГЕНОТ ВО МАКЕДОНИЈА НА БАЗА СЛАТКОВОДНИТЕ ДИЈАТОМЕИ
Наѓа Огњанова-Руменова и Никола Думурџанов *5*

THE PLIOCENE GILBERT-TYPE FAN DELTA OF DRAČEVO (SKOPJE AREA, REPUBLIC OF MACEDONIA): PALEOGEOGRAPHIC INFERENCE
Georges Clauzon, Jean-Pierre Suc, Nikola Dumurdžanov, Mihaela Melinte-Dobrinescu and Ivan Zagorchev *21*

ГЕНЕЗА И ЛИТОСТРАТИГРАФИЈА НА НЕОГЕНСКИТЕ И ПЛЕИСТОЦЕНСКИТЕ БАСЕНИ ВО МАКЕДОНИЈА
Никола Думурџанов, Тодор Серафимовски, Кларк Б. Бурчфиел *29*

ПОЈАВИ НА ПИКЕРМИСКА ФАУНА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ГЛИНА НА ЛЕЖИШТЕ "ГОРНА БРЦА" - ВЕЛЕШКО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Ристо Гаревски и Костадин Пренџов *53*

ЦЕНТРАЛНО МАКЕДОНСКО ЕЗЕРО СО НЕГОВИТЕ САТЕЛИТСКИ БАСЕНИ
Надежда Крстиќ,Никола Думурџанов, Наѓа Огњанова-Руменова, Зоран Марковиќ *57*

СТРАТИГРАФСКО РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ФОРАМИНИФЕРИТЕ ОД ТИКВЕШКИОТ БАСЕН ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Виолета Стојанова, Гоше Петров *63*

TECTONIC STRUCTURE OF BULGARIA AND MACEDONIA BASED ON TRANSMED TRANSECT III
Ivan Zagorchev, Christo Dabovski and Nikola Dumurdzhanov *75*

2. Металогенија и наоѓалишта на минерални суровини 85

МЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Тодор Серафимовски, Ванчо Чифлиганец и Горан Тасев *87*

ХЕМИСКИ И ГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛАВНИТЕ РУДНИ МИНЕРАЛИ ОД ИЛМЕНИТ-РУТИЛСКАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ (ПЕЛАГОНСКИ МАСИВ)
Орце Спасовски 99

ОСВРТ НА ПОЈАВИТЕ НА ГЛИНА ВО ПЛИОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ НА ПОТЕЗОТ ВЕЛЕС-ЧАШКА
Костадин Пренџов 103

MORPHOLOGY OF ELECTRUM FROM KHAN KRUM GOLD DEPOSIT, KRUMOVGRAD GOLDFIELD, EASTERN RHODOPE MOUNTAIN, SE BULGARIA
Irina Marinova *111*

COUPLED USE OF REFLECTED LIGHT, ELECTRON- AND RAMAN-MICROPROBE TECHNIQUES FOR MINERAL IDENTIFICATION AND ORE TEXTURES STUDY: SOME EXAMPLES
Aleksandar Pačevski *121*

ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА КРОВИНСКИТЕ РУДНИ ТЕЛА ИЗНАД КОТА 1850 МЕТРИ ВО РУДНИКОТ ТОРАНИЦА
Раде Станковски 125

МИНЕРАЛОГИЈА НА РАСИПНОТО ЗЛАТО ВО НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА
Виолета Стефанова *133*

ГЕОХЕМИЈА НА СТРИМ СЕДИМЕНТИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА
Виолета Стефанова 143

БИЛАНС И ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА ФОСИЛНИТЕ ЕНЕРГЕТСКИ СУРОВИНИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Борче Андреевски 153

ЖЕЛЕЗНО ТИТАНСКА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ ВО ПЕЛАГОНСКИОТ МАСИВ
Орце Спасовски 161

INTERPOLATION AND EXTRAPOLATION MODELS OF GOLD DISTRIBUTION IN THE WATER-CATCHMENT BASINS OF STRUMA AND MESTA RIVERS BASED ON PAN-CONCENTRATED STREAM-SEDIMENT SAMPLES
Oleg Vitov 169

THE STRUCTURAL-METALLOGENIC MAPS OF UNIQUE ORE DISTRICTS
Alexander V. Volkov, Todor Serafimovski, Goran Tasev and Hilmar N. Thomson 179

TYPES OF GOLD DEPOSITS IN MACEDONIA
Todor Serafimovski, Alexander Volkov, Goran Tasev, ... 187

FLUID INCLUSIONS IN QUARTZ FROM THE BUCHIM Cu-PORPHYRY DEPOSIT, EASTERN MACEDONIA
Ladislav A. Palinkaš, Sabina Strmić Palinkaš, Vladimir Bermanec, Todor Serafimovski and Ivana Vincetić *193*

МОРФОСТРУКТУРНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РУДНАТА ОБЛАСТ БУКОВИК-КАДИИЦА, Р. МАКЕДОНИЈА
Горан Тасев, Тодор Серафимовски, Александар Волков, Нина Кочнева† *201*

МИНЕРАЛНИТЕ СУРОВИНИ ВО КРАТОВСКО - ЗЛЕТОВСКАТА ОБЛАСТ
Игнат Ефремов *207*

РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО НА РУДНОТО ТЕЛО "ВРШНИК"-РУДНИК "БУЧИМ"
Филев Кирчо и Костадинов Горги *211*

СЛЕДЕЊЕ НА РУДНИЧКО-ГЕОЛОШКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈАТА ВО РУДНИКОТ БУЧИМ
Кирчо Филев, Мите Митев, Ѓорѓи Тодоровски *215*

3. Инженерска геологија и геотехника 223

СОВРЕМЕНИ ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ ПРОЦЕСИ И ПОЈАВИ ВО ОКОЛИНАТА НА ОХРИДСКО ЕЗЕРО
Ѓорги Димов и Влатко Јованов 225

НЕКОИ ЗАВИСНОСТИ ЗА ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТНИ КАРПЕСТИ МАСИ ОД БАЛКАНСКИ ПОЛУСТРОВ
Милорад Јовановски, Азра Шпаго, Златко Илијовски и Игор Пешевски 237

МЕТОДОЛОГИЈА НА КОМПЈУТЕРСКО КАРТОГРАФИРАЊЕ НА ГЕОЛОШКАТА ДОКУМЕНТАЦИЈА
Маркоски Благоја и Милорад Јовановски *243*

ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRAIN IN THE MIDDLE FLOW OF NERETVA
Ermedin Halilbegović, Biljana Abolmasov and Mustafa Mulalić *253*

ИНЖИНЕРСКОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СВЛЕЧИШТЕТО ВО СЕЛО РАКОТИНЦИ - СКОПСКО
Кулаков Љупче 259

ГЕОЛОШКИ И ГЕОТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИТЕ И ЗАВРШНИТЕ КОСИНИ ВО РУДНИК Р'ЖАНОВО
Ласте Ивановски, Зоран Ѓорѓиевски, Владимир Костовски *267*

SOCIOECONOMIC ASPECT OF STUDIES OF LANDSLIDES AS GEOLOGICAL HAZARDS
Biljana Abolmasov, Ermedin Halilbegović *277*

РАЗВОЈ НА WEB ИНТЕГРИРАНО РЕШЕНИЕ ЗА ЦЕЛОСНО МЕНАЏИРАЊЕ НА ГИС СИСТЕМОТ ЗА КОНЦЕСИИТЕ
Коста Јованов, Кика Шпритова, Флорент Чиче *281*

4. Петрологија и минералогија 289

SHORT REVIEW OF SOME RARE MINERALS FROM A "MIXED SERIES" IN THE PRE-CAMBRIAN COMPLEX NEAR NEZILOVO VILLAGE, MACEDONIA
Simeon Jancev, Nikita V.Chukanov *291*

JURASSIC CALC-ALKALINE GRANITOIDS OF MACEDONIA: A COMPLEX ASSIMILATION AND FRACTIONAL CRYSTALLIZATION EVOLUTION
Kristina Šarić, Vladica Cvetković, Rolf L. Romer, Blažo Boev, Violeta Marinković *301*

PLIO-PLEISTOCENE ULTRA- TO HIGH POTASSIUM VOLCANIC ROCKS IN REPUBLIC OF MACEDONIA: GEOHRONOLOGICAL DATA
Blazo Boev, Yotzo Yanev, Carlo Doglioni, Fabrizio Innocenti, Piero Manetti, Zoltan Pecskay, Sonia Tonarini, Sonja Lepitkova, Massimo D'Orazio *307*

MINERALOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF THE IGRALISHTE PLUTON, SOUTHWESTERN BULGARIA
Eugenia Tarassova, Mihail Tarassov, Albrecht von Quadt, Irena Peytcheva *317*

ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГНАЈС-ГРАНИТИТЕ ОД ОКОЛИНАТА НА С. ДУПЈАЧАНИ-ПРИЛЕПСКО
Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Љупче Кулаков *323*

МИНЕРАЛОШКО-ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТАЛКОТ ОД НАОЃАЛИШТЕТО Р´ЖАНОВО
Тена Шијакова, Весна Панева, Г. Богоева- Гацева, Илинка Донова *343*

5. Геофизика 349

АРХЕОГЕОФИЗИКА, МОЖНОСТИ И ПРИМЕНА ВО АРХЕОЛОГИЈАТА
Новица Столиќ *351*

ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ СО TERRASAS МЕТАР
Марјан Делипетров, Сања Пановска, Тодор Делипетров *361*

ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА СО МЕТОДА НА VLF
Сања Пановска, Марјан Делипетров, Тодор Делипетров *369*

МИГРАЦИЈА НА МАТЕРИЈАЛ ВО ТЕКТОНОСФЕРАТА И СТРУКТУРИРАЊЕ НА ГЕОПРОСТОРОТ НА РМ
Гаврил Мираковски *377*

ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА НА РЕОНОТ "ДЕЛЧЕВО-ПЕХЧЕВО-БЕРОВО" ЗА ИЗРАБОТКА НА ОГК-2
Новица Столиќ *387*

6. Хидрогеологија и геотермија 397

ОСВРТ КОН МЕТОДОЛОГИЈА НА ИЗРАБОТКА НА КАРТИ НА ПОВРЕДЛИВОСТ НА ПОДЗЕМНИ ВОДНИ РЕСУРСИ
Златко Илијовски, Милорад Јовановски, Игор Пешевски *399*

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОКОЛИНАТА НА ДОЈРАНСКОТО ЕЗЕРО И МОЖНОСТИ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ
Војо Мирчовски, Дељо Каракашев, Гоше Петров, Владо Мирчовски *405*

ЗАШТИТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Војо Мирчовски, Владо Мирчовски *413*

ГЕНЕЗА НА ГЕОТЕРМАЛНАТА ЕНЕРГИЈА ВО Р. МАКЕДОНИЈА
Дељо Каракашев и Војо Мирчовски *421*

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE WATERSUPLIE SITES ”FORTUNA”, ”SHTIP LAKE”, AND “ARM”
Vlatko Jovanovski, Gorgi Dimov *431*

ВОДНО БОГАТСТВО НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Атанас Мацароски *437*

ИЗВЕДБА НА СИСТЕМ НА БУНАРИ ЗА ОДВОДНУВАЊЕ НА ЛЕЖИШТЕТО БРОД ГНЕОТИНО
Силвана Пешовска, Ласте Ивановски *445*

ПРИЛИВ НА РУДНИЧКИТЕ ВОДИ ВО ЈАГЛЕНОВОТО НАОЃАЛИШТЕ “СУВОДОЛ“
Костадин Јованов *457*

ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ЛОКАЛИТЕТОТ ДИВЈАК КАКО АЛТЕРНАТИВА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА СВЕТИ НИКОЛЕ
Орце Спасовски *467*

7. Геохемија и геохемија на средината 475

ЕКО-ГЕОХЕМИСКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Борислав Хаџи-Петрушев, Новица Столиќ *477*

МЕТОДОЛОГИЈА НА ГЕОХЕМИСКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА НА РУДНИОТ РЕОН "ДЕЛЧЕВО-ПЕХЧЕВО-БЕРОВО"
Борислав Хаџи-Петрушев, Новица Столиќ, Емил Петрушев, Дејан Павлов и Никола Димов *485*

MEASUREMENTS OF RADON IN SOIL WITH ALPHA SCINTILLATION CELLS IN SLOVENIA
Petra Žvab, Janja Vaupotič, Asta Gregorič *495*

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN PADDY SOILS FROM THE KOČANI FIELD (MACEDONIA) BY A SEQUENTIAL LEACHING PROCEDURE
Nastja Rogan, Tadej Dolenec, Todor Serafimovski, Goran Tasev *503*

ВИДОВИ НА ОТПАД, НЕГОВО ОДСТРАНУВАЊЕ, ОДЛАГАЊЕ И РЕЦИКЛИРАЊЕ
Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Славица Костова *511*

КОНТАМИНИРАНОСТ НА ПОЧВИТЕ СО ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ОКОЛИНАТА НА с.ЛОЈАНЕ
Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Владимир Костов *521*

8. Геолошко наследство 533

АРХЕОМЕТРИСКИ ИСПИТУВАЊА НА НА БРОНЗЕНИТЕ МОНЕТИ ОД ВРЕМЕТО НА АЛЕКСАНДАР МАКЕДОНСКИ
Блажо Боев, Владимир Берманец, Соња Лепиткова *535*

INTERES NA EVROPSKATA NAUKA ZA GEOLO[KI PROU^UVAWA VO MAKEDONIJA DO FORMIRAWETO NA DR@AVNITE INSTITUCII
Nikola Dumurxanov *541*

РЕГИОНАЛНА ГЕОЛОГИЈА, ТЕКТОНИКА И ПАЛЕОНТОЛОГИЈА

ОДРЕДУВАЊЕ АПСОЛУТНА ГЕОЛОШКА СТАРОСТ НА ГРАНИТСКИ ИНТРУЗИИ

Александар Стојанов
Бул. Јане Сандански 114-1/8 , tel. 02/2448-179

Абстракт

Одредувањето на апсолутната геолошка старост на магматските карпи во досегашниот период одигра многу важно научно и практично значење за откривање на многубројни минерални суровини.

Основно внимание во текстот што следува посветено е на одредување на геолошката старост на гранитните интрузии и нивната диркектна врска со одредени наоѓалишта на минерални суровини. Посебно се потенцира систематското проучување на повеќефазноста на гранитните интрузии како и нивната поврзаност со орогените фази во текот на поврзаноста на геолошките епохи.

Клучни зборови: Гранитни интрузии, епохи, орогени фази, геотектонски развој.

ВОВЕД

Општо е познато дека интрузивните карпи во текот на својата кристализација и диференцијација се носители на: пегматски наоѓалишта, радиоактивни појави и наоѓалишта, наоѓалишта на скапоцени минерали, ретки земји, лискуни и др.

За контактите на гранитните интрузии, посебно оние од кисел состав, се врзани многу наоѓалишта на минерални суровини. Тие минерални суровини, освен на самиот контакт, многу често се среќаваат и на неколку километри од контактот на интрузивот со околните карпи.

Практичните искуства стекнати во изминатиот период укажуваат на потребата за многу систематско истражување и испитување на гранитските интрузии со одредување на апсолутната геолошка старост на определени делови од интрузивот.

Не помало значење има дејството на тие гранитни интрузии на околните карпи, осебено кои и какви минерални наоѓалишта се поврзани со нив. Особено истакнато место при тоа зазема систематското проучување на гранитните интрузии, кои имаат помала геолошка старост, а се интрудирани во гранити со постара геолошка старост.

За решавање на овие задачи, покрај досега познатите геолошки, геохемиски и металогенетски методи, во иднина треба многу сериозно да се проучат деловите на гранитните интрузии од кисел состав и да се одреди нивната апсолутна геолошка старост.

КРАТОК ПРЕГЛЕД НА ДОСЕГАШНИТЕ ИСТРАЖУВАЊА И ИСПИТУВАЊА

Примената на методи за одредување на апсолутната геолошка старост е позната од шеесеттите години на минатиот век во Република Македонија. Првите податоци датираат од 1966 година кога Г. Делеон (лит. 4 и 5) ја одредува апсолутната геолошка старост на Прилепските гранити со помош на К/Аг метода и добива резултат преку 800 милиони години, што соодветствува на архаиска геолошка старост

Одредувањето на апсолутната геолошка старост на проби од Крушевскиот гранитен масив дале резултат од 289 милини години, што одговара на девон.

Проби од аплитоидните гранити (лит.5) од локалностите кај с. Дебрешта, Македонски Брод и Топлице-Зркле, покажуваат апсолутна геолошка старост од 118 милиони години, што одговара на долна креда.

Определување на апсолутна геолошка старост на примероци земени од биотитските гранити на локалноста Голак дале резултата ид 113 милиони години т.е. долно кредна геолошка старост.

Г. Шоптрајанова (лит.6) од биотитски крупнозрнести и порфироидни гранити на огражденскиот батолит со помош на изотопни проучувања одредила апсолутна геолошка старост од 113 до 131 милиони години што одговара на долна креда и тоа од отривски до берански кат.

Шоптрајанова исто така со примена на К/Аг метода за проби од мусковитските гнајсолики гранити на Беласица и Делчевските масивни гранити определила апсолутна геолошка старост од 109 до 126 милион години што соодветствува на геолошко време од долна креда до горна јура.

Во најново време Б.Боев (лит.2 и 3) дава детални податоци за апсолутната геолошка старост на вулканогени магматски карпи во Вардарската зона и Српско- Македонскиот масив и тоа, андезити (проби од Злетово,

Бучим, Тораница и Саса) а исто така многу подробно и систематски ги обработува андезитско-дацитските карти и ја определува апсолутната геолошка старост на рудните минерали во наоѓалиштето Алшар.

ЦЕЛ, НАМЕНА И ЗАДАЧИ НА ИСТРАЖУВАЊАТА И ИСПИТУВАЊАТА НА ГРАНИТНИТЕ ИНТРУЗИВИ

Целта на испитувањето на гранитните интрузиви претставува проучување на

- Нивниот состав , распоред во просторот, улогата на геотектонскиот развој на дадената област.
- Врската на гранитните интрузии со другите геолошки собитија.
- Нивното значење од аспект на металогенијата и пронаоѓање на корисни природни неметални и метални суровини.
- Дефинирање на химизмот на интрузивот дали од базичен или кисел состав. Контактите на интрузивот со околните карпи и меѓусебните односи помеѓу интрузивот и околните карпи.
- Генетски, просторни и временски врски со вулканогените творби.

Проучувањето на секој еден гранитски интрузив бара конкретни теренски, лабораториски кабинетски испитувања со задолжителна синтеза на добиенити резултати.

Намената на сите истражувања и испитување е јасно да се дефинира кои минерални суровини се директно врзани со гранитскиот интрузив, а кои имаат индиректна врска со тој гранитски интрузив.

Задачата се состои во тоа прецизно да се утврди кои делови од интрузивот се последица на повеќефазните интрузии, а кои делови се резултат на магматската кристализација и диференцијација.

ЗАКЛУЧОК

Прикажаните резултати врз основа на досегашните истражувања и испитувања во врска со одредување на апсолутнатна геолошка старост на магматските карпи имаше големо значење

Прво, за утврдување на уранови минерализации и појави, второ, прецизно определување на геолошките епохи во кои се извршени магматските интрузии и ефузии.

Методите за одредување на апсолутна геолошка старост овозможува прецизно лоцирање и одредување на директната и индиректната врска на магматските карпи со појавите на одредени корисни минерални суровини. Освен тоа, резултатите од тие методи практично се применети при изработка на Основната Геолошка карта 1: 100.000 (ОГК 1).

Меѓутоа, првите чекори при изработка на Основната Геолошка карта 1: 50.000 (ОГК 2) (лит. 1) покажаа дека досегашните резултати од примената на методите за одредување на апсолутна геолошка старост не ги задоволуваат критериумите за ОГК 2. Токму од таа причина се наметнува потребата подетално да се определи апсолутната геолошка старост, првенствено кај гранитните интрузиви и тоа со јасно разграничување кои делови од интрузивот имаат базичен, а кои кисел состав. Натаму, кои делови во кое геолошко време се интрудирани и кои минерални суровини со која интрузија се поврзани.

Познато е дека досега се реализирани два проекта од ОГК-2 и тоа: Проект А-1 руден реон Осогово-Саса-Тораница и Проект А-2 руден реон Делчево-Пехчево-Берово. На тие два проекта треба да се изврши детално испитување и истражување на гранитните интрузиви.

Логично е дека тоа може да се реализира само согласно позитивните законски прописи на Република Македонија.

ЛИТЕРАТУРА

А. Стојанов, М. Ковачевиќ (1987) Толкувач за геолошка карта 1: 50.000 на Осогово западен обод на Саса-Тораничка зона.

Б.Боев, Т.Серафимовски, С.Лептикова (1990-1991) Изотопите на стронциумот во терциерните магматски карпи од територијата на Македонија Geologika Makedonika, Т. 5. No 1 (1-172), Штип.

B. Boev (1997), Proceedings Magmatism, metamorphism and metallogeny of the Vardar zone and Serbo-Macedonian massif, Stip-Dojran, pp35-36.

Г. Делеон, З. Чеврењак, Г. Мартиновиќ, Р. Филиповиќ (1966), Претходне белешке о старости неких гранитоидних масива у источној и југоисточној Македонији на основу изотопских података. С.Г.Д. –Београд.

Г. Делеон (1968), Примена методе нуклеарне геологије у одређивању апсолутне старости гранитоидних стена на територии С.Р.Македоније- докторска дисертација-Р.Г.Ф.-Београд.

Г. Шоптрајанова (1967), Петролошке и геохронолошке карактеристике неких гранитоида Македоније- докторска дисертација-Р.Г.Ф. –Београд.

М. Арсовски (1997), Тектоника на Македонија, Рударско Геолошки Факултет, Штип.

БИОСТРАТИГРАФИЈА И ПАЛЕОЕКОЛОГИЈА НА НЕОГЕНОТ ВО МАКЕДОНИЈА НА БАЗА СЛАТКОВОДНИТЕ ДИЈАТОМЕИ

[1] Наѓа Огњанова-Руменова & [2] Никола Думурџанов

[1] *Институт за Paleontologija & Стратиграфија,Геол.Инст.на БАН, ул. Георги Бончев, Бл. 24,Софија 1113, Бугарија, nognjan@yahoo.com*

[2] *Рударско-геолошки факултет - Штип, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македодонија; nika@unet.com.mk*

Абстракт:

Почнувајќи од крајот на долен миоцен и во почетокот на среден миоцен, како резултат на неотектонските движења во Македонија се формирале голем број слатководни басени. Со нашите проучувања на неогенските дијатомеи во некои од басените се откриени и одредени карактеристични горно миоценски форми (*Tetracyclus japonicus, Tempera et Paragello, Cyclotella* Ec.-Am, *Aulacoseira* и др.) и плиоценски форми (*Tertiarius macedonica* (Jurilj.) Ognj.-Rumenova и др.). Овие карактеристични форми и придружните видови на сластководни дијатомеи можат да послужат за биостратиграфско расчленување и разграничување на миоценот од плиоценот во неогенските басени на Македонија.

Клучни зборови: неогенски дијатомеи, биостратиграфија, палеоекологија, слатководни седименти, Македонија.

ВОВЕД

На крајот од долен и почетокот на среден миоцен во Македонија и поширокиот регион отпочнал период на екстензиони деформации, кои траат до денешно време. Режимот на екстензија поттикнал вертикални и хоризонтални поместувања на тлото и сегментација на терените на блокови на издигање (хорстови) и блокови на тонење, т.е. грабени кои постепено преминувале во слатководни езера.

Според Kujumdgieva (1987) и Zagorcev (1992) за Бугарија, Dermitzakis (1990) за Грција, Думурџанов (1995,1997) за Македонија, создавањето на неогенските басени во централните делови од Балканскиот Полуостров се одвивало полициклично.

Во Македонија, во периодот среден миоцен-квартер се образувани голем број грабени, од кои повеќето постепено се претварале во слатководни езера. Седиментите од тие слатководни средини денес се сочувани во 27 басени (сл. 1), кои имаат свои литолошки и тектонски специфичности, иако некои од нив низ времето на нивниот развој биле меѓусебно поврзани и претставувале широки пространства на седиментација.

Врз основа на литостратиграфскиот состав и дебелината на седиментните маси, фосилната содржина и старост, староста на придружниот вулканизам, релативната старост на раседната тектоника и други геолошки својства Dumurdzanov (1995, 1997) издвоил 4 циклуси, а подоцна Dumurdzanov et al. (2004) издвоиле 5 циклуси на создавање и развој на македонските неогенско-квартерни басени: I *циклус* - баден-почеток на горен сармат; II *циклус* - горен сармат-меот; III *циклус* - горен меот-понт (туролиен); IV *циклус* - плиоцен; V *циклус* - квартер. Секој од првите 4 циклуси претставувал фаза на формирање на нови грабени и слатководни басени и проширување и поврзување на некои од постојните. За време V циклус, т.е. во долен плеистоцен продолжил животот на некои од езерата, а во јужна Македонија дошло и до образување нови грабени исполнети со пролувијално-алувијални чакали и песоци (Валандовски и Гевгелиски басен). Меѓутоа, во меѓупериодите од некои циклуси доаѓало и до значително оплитчување и преоѓање

на езерата во блата и мочуришта (најкарактеристичен е третиот циклус, меот-понт, кога се создавани јагленосните хоризонти). А во некои периоди доаѓало и до пресушување, како на пример на крајот од III и почетокот на IV циклус, кога езерата во најголем број биле изолирани а некои делумно или целосно пресушиле. Меѓутоа имало и периоди кога доаѓало и до поврзување на неколку езера, како на пример, на почетокот од III циклус, а во плиоцен дошло и до поврзување на Полошкото, Скопското, Кумановското, Велешкото, Тиквешкото, Мариовското со Пелагонискоto и Кичевскоto езеро.

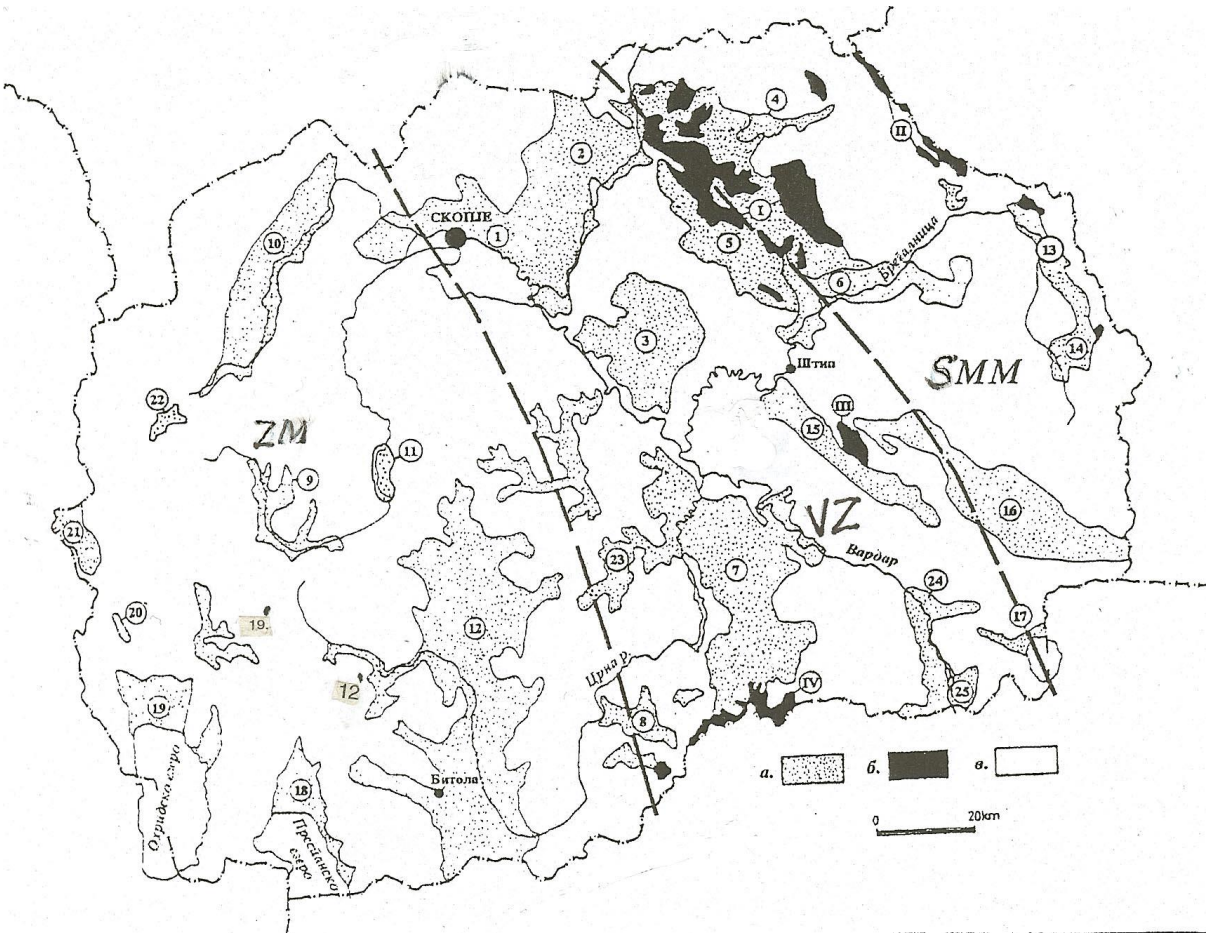
Слатководни неогенски седименти во Македонија, за прв пат се спомнуваат од Burgerstein L. (1877), кој во Скопскиот неогенски басен одредил неколку видови полжави од родовите *Prososthenia, Neritina, Melania.*

Со испитувањата на Павловиќ (1901, 1926,1930), на Schlosser (1921), Ласкарев (1921, 1937, 1952) и изработката на ОГК, 1:100 000, слатководниот карактер на неогенските седименти во Македонија е потврден врз основа на одредени слатководни фосили полжави, школки, цицачи и макрофлора. Фосилни неогенски дијатомеи за прв пат се опишани од Мариовскиот басен, од Јуриљ А. (во Курт Ј. и Ѓузелковски Д.,1957-58), кој во дијатомејската земја меѓу селата Манастир-Бешиште, одредил *Cyclotella macedonica.*

Фактот дека фосилна макрофауна и макрофлора само во некои од нашите басени и тоа само во некои од стратиграфските нивоа се одредени, потоа отсуството на палеонтолошки податоци за плиоценот и недоволната негова истраженост, се главни причини за многу не разјаснети прашања за неогенот во Македонија и стратиграфското расчленување на миоценот и издвојување на границата миоцен/плиоцен. За тоа придонесоа и не земањето во предвид редефинирањето на староста на некои од фосилите и непримената на новата геохронолошка поделба на неогенот (Братислава,1975), според која границата миоцен/плиоцен е 5.2-5.4 Ма се главни причини што на многу од листовите 1:100 000 од ОГК, границата миоцен/плиоцен е погрешно дефинирана и големи маси од миоценски седименти се издвоени како плиоценски.

Думурџанов Н. (1995, 1997) прв укажал на таквата состојба и направил обид во решавањето на стратиграфијата на неогенот, односно редефинирањето на границата меѓу средно и горно миоценските и на горно миоценските и плиоценските седименти врз основа на нови податоци за присуство на фосилна дијатомејска флора *Tetracyclus japonicus, Cyclotella* Ec.-Am и *Aulacoseira* и др. во студираните Кичевски, Пелагониски Преспански и Мариовски неогенски басен (Dumurdzanov 1997, Ognjanova-Rumenova 2000).

Со проучување на неогенските дијатомеи кои ги вршевме во Пелагонискиот, Мариовскиот, Тиквешкиот, Кичевскиот, Преспанскиот, Пискупштина, Делчевско-Пехчевскиот и Беровскиот басен се добиени нови сознанија кои заедно со податоците од истражувањата на макрофауната, на цицачите и на макрофлората можат да придонесат во решавањето на биостратиграфијата на неогенот во македонските басени.



Сл. 1: Реликти од неогенско-квартерните басени во Македонија (шематизирано): а - езерски неогенско-квартерни басени: 1-Скопски, 2-Кумановски, 3-Велешки, 4-Славишки, -Пробиштипски, 6-Кочански, 7-Тиквешки, 8-Мариовски, 9-Кичевски, 10-Полошки, 11-Поречки, 12-Пелагониски, 12′-Демирхисарски 13-Делчевско-пехчевски, 14-Беровски, 15-Лакавички, 16-Струмички, 17-Дојрански,18-Преспански, 19-Охридски, 19′-Дебарца,20-Пискуштина, 21Дебарски, 22-Мавровски, 23-Раечки, 24-Валандовски, 25-Гевгелиски; б-вулкански комплекси: I-Кратовско-злетовски, II-Тораница-Саса-Делчево-Пехчево, III-Бучим-Дамјан-Боров Дол,IV-Кожуф; в-морфоструктури на издигање. ZM- Западномакедонска област (Пелагонски масив, Западномакедонска и Цукали Краста зона), VZ-Вардарска зона, SMM-Српско-македонски масив.

Fig. 3: Relics of the Neogene-Quaternary basins of Macedonia: a-limnic sediments:1-Skopje, 2-Kumanovo, 3-Veles, 4-Slaviski, 5-Probistip, 6-Kumanovo, 7-Tikves, 8-Mariovo, 9-Kicevo,10-Polog,, 11-Porecje, 12-Pelagonian, 12′-Demir Hisar, 13-Delcevo-pehcevo, 14-Berovo, 15-Lakavica, 16-Strumica, 17-Dojran,18-Prespa, 19-Ohrid, 19′-Debarca, 20-Piskupstina, 21-Debar, 22-Mavrovo, 23-Raec, 24- Valandovo, 25-Gevgelija; б-volcanic complexes: I-Kratovo-Zletovo, II- Toranica-Sasa-Delcevo-Pehcevo, III-Bucim-Damjan-Borov Dol, IV-Kozuf; в-morphostructures of uplifting. ZM-Western Macedonian Area (Pelagonian massif, Western Macedonian and Cukali Krasta zone), VZ-Vardar zone, SMM – Serbian-Macedonian massif

ПОВАЖНИ ЛИТОСТРАТИГРАФСКИ СВОЈСТВА

Проучуваните басени Кичевски, Пелагониски, Мариовски, Тиквешки, Беровски, Делчевско-пехчевски и Пискупштински почнале да се формираат во II циклус а најверојатно и Преспанскиот на крајот од циклусот.

Кичевски басен. На ОГК, лист Крушево и Кичево неогенските наслаги се издвоени

како плиоцен. Според Dumurdzanov N. (1997) и Dumurdzanov et al. (2004), грабенот е исполнет со миоценски, плиоценски и квартерни седименти со дебелина од околу 330 m.

Миоценот е претставен со така наречена Пелагониска формација (Dumurdzanov et al., 2004) составена од 3 единици:

(а) - долна единица од пролувијално-алувијални чакали, преку кои лежат песоци и песокливи глини, 80 m дебела;

(б) - јагленосна единица дебела до 5о m, составена од јагленосни глини, алевролити и неколку слоја од лигнит;

(в) - најгорна единица, од алеврити и алевритични глини, дебела до 100 m во кои е пронајдена многу богата бентосна дијатомејска флора - 100 видови варијетети и форми (сл.2). Масовно се јавуваат видовите од родовите *Fragilaria, Eunotia, Tabelaria, Gomphonema.* Непосредно под најгорните јагленови слоеви често се наоѓа *Cyclotella radiosa var. plioacenica (*Krasske*)* Hak. Согласно Hakansson (2002), овој вид припаѓа кон новоопишаниот род *Puncticulata*. Во одредената дијатомејска флора се јавува и низа од интересни видови познати само од фосилна состојба- *Tetracyclus japonicus (Petit), Tempera et Paragello, Navicula nadja,* Lange-Bert Metzeltin, *Cymbella dubravicensis* (Grun.)., карактеристични за горен миоцен (Ognjanova-Rumenova, 2000).

Плиоценската формација од чакали и песоци, до 100 m дебела лежи дискордантно преку горен миоцен, што укажува на постоење на делумен или целосен хијатус после горен миоцен.

Пелагониискиот басен има С-Ј ориентација и должина околу 1оо км, вклучувајќи го и леринскиот дел (Флорина) од Грција и ширина до 25 км. На постојните карти (ОГК лист Битола и Лерин 1:100 000) неогенот е прикажан како плиоцен. По Dumurdzanov et al. (1997,2004), постојат податоци дека неогенската маса на басенот е составена од миоценска и плиоценска серија и дека во Прилепскиот дел неогенот е дебел 450-500 м, а во Битолскиот преку 800 m (можно е и до 1000 m). Миоценската серија, е претставена со Пелагониската формација, во јужниот дел дебела најмалку 680 m, составена од:

(а) - базална единица во која се сменуваат слоеви и прослојки на алувијално-пролувијални и езерски чакали, песоци, алевролитски песоци, песокливи глини, дебела до 500 m, што укажува на брзо тонење и брза акумулација на псефити и псамити во ова фаза од развојот. Староста не определена, можна среден-горен миоцен;

(б) - јагленосна единица, дебела до 110 m во јужниот дел, каде се развиени повеќе јагленови слоеви (лигнит), кои се сменуваат со јагленови глини и алевритски песоци. Создавана е со мирна седиментација во езерско-барски услови. Кај село Живојно во горните јагленови слоеви е пронајден *Tapirus priscus macedonica* (Ласкарев, 1950), од меотска старост;

(в) - горна единица претставена со дијатомејска земја со интрасериски преоди во алевролити и дијатомејски глини (издвојувана како трепел), со вкупна дебелина на потегот Суводол-Гермијан од 70 м. Во надјагленовите слоеви е определена многу богата и разноврсна дијатомејска флора - 127 видови, варијетети и форми (Ognjanova-Rumenova, 2005), сл. 3. Планктонските видови од *Centrophyceae* преовладуваат количински. Одредени се четири дијатомејски танатоценоси во испитуваната сукцесија. Непосредно над јаглените се развиват видови од родовите *Actinocyclus* и *Cyclotella.* Особено интересно е јавувањето на *Cyclotella elymea* Ecom.-Am., вид опишан од неогенските седименти од Сервиа суб-басенот, Пелагониискиот басен (Economu-Amilli, 1991), како и кругот од форми *Cyclotella iris* Brun& Herib., својствени за Централ Масивот во Франција (Heribud,1893; Seriessol,1984) и Софијскиот басен, Бугарија (Ognjanova-Rumenova, 1996). Масовни се видовите *Actinocyclus – A.makarovae*(Temn.&Ognjan)Temn.&makarova е и *Actinocyclus sp.* 1 одреден во горно понтските седименти на Софија и

Карлово басените, Бугарија (Temniskova-Topalova and Ognjanova-Rumenova, 1997). Придружни се видовите од *Fragelaria: F. construens* (Ehr.) Grun., *F. construens f. venter* (Ehr.) Grun., *F. construens f. binodis* (Ehr.) Grun., *F. pinnata* Ehr., *F. heidenii* Ostrup. Постепено *Cyclotela elymea* количински се намалува, но другите видови од родот *Cyclotella* ја задржуваат својата многубројност. Видовите *Actinocyclus* се масовни, но придружните *Aulacoseira ambigua* (Grun) Sim. се намалуваат и целосно исчезнуваат. Над овие нивоа се појавуваат и масовно развиваат *Cyclotella schambica* (Eulens) Alesch& Pirum. Многу чести се и вариететите на *C. iris – C. iris var. cocconeiformis* Brun&Herib и *C. iris var. ovalis* Brun&Herib. Во најгорните нивоа на истражуваниот профил родот *Actinocyclus* наполно исчезнува, а видовите и интравидовите таксони на родот *Cyclotella* ги менуваат количинските соодноси, а се појавуваат масовно *Cyclotella castracanei* Eulenst. Оваа зависност и сооднос на родовите од класата *Centrophyceae* е доказ за долно плиоценска старост на седиментите од ова ниво (Ognjanova-Rumenova,2001).

Горно миоценска (понт) старост е одредена и со фосилна листна макрофлора од *Zelkova zelkovifolia, Quercus pseudocastanea, Alnus nanzelli* (Mihajlovic &Lazarevic, 2004).

Плиоценските седименти во најголем дел се еродирани од внатрешните делови на басенот. Сочуваните наслојки имаат дебелина до 15о м и составени се од чакали, песоци и алеврити- алевритични глини.

Мариовскиот басен е исполнет со мио-плиоценски и плеистоценски седименти и вулканити, со вкупна дебелина до 45о м.

Миоценските наслојки по составот одговараат на Нерези формацијата (Dumurdzanov et al. 2004), дебела околу 250 m и изградена од:

(а) - базална единица на чакали и песоци;

(б) - јагленосно-лапоровита единица, околу 70 м дебела, составена од долу нагоре од алевролити и алевролитски глини, јагленови глини, јагленов слој дебел 6-15 м, а преку се развиени лапорци и лапоровити глини и алевролити со макрофлора, од каде од браншифери се одредени *Taxodium distichum, Juglans acuminata, Castanea atavia, Quercus pseudocastanea (* во Думурџанов и др., 1976). а од кај мостот во селото Витолиште од надјагленовите слоеви се одредени *Pinus hepios, Glyptostrobus europius, Ulmus cf. ruskovensis, U. species, Quercus cerisaecarpa, Q. sosnowski, Q. mediteranea, Q. species 2, Dictylophyllum sp.* од горно миоценска старост (Mihajlovic&Lazarevic, 2004). Од истите надјагленови слоеви се одредени 111 видови, вариетети и форми дијатомеи (сл. 4). Масовно се јавуваат *Cyclotella iris* Brun&Herib со подвидови таксони - *C. iris var. integra* Perag.&Herib., *C. iris var. ovalis* Brun&Herib., *C. iris var. cocconeiformis* Brun&Herib., како и интересната *Cyclotella sp.* 1- масовен вид во горно миоценските седименти на Пелагонискиот басен (Ognjanova-Rumenova, 2005). Со помал степен на застапеност се среќаваат *Actinocyclus gorbunovii* (Sheshuk) Moiss &Sheshuk и *A. makarovae* (Temn.&Ognjan.) Temn.&Ognjan. Од придружните видови интересни се тропските *Malosira undulata* (Ehr.) Kutzing и *M. undulata var. normannii* Ariott, како и вариететите на *Fragilaria leptostauron* (Ehr.) Hust - *F. leptostauron var. fossilis* (Pant.) Rehak *F. leptostauron var. rhomboides* (Grun.) Hust., *Diploneis carpathorum* (Pant.) Pant. Составот на оваа танатоценоза ја потврдува горно миоценската старост. Во најгорните нивоа на профилот е потврдена масовност на *Cyclotella castracanei* Eulenst., чие појавување во седиментите на Пелагонискиот басен го означува почетокот на плиоцен.

(в) - горна единица, од алевролити и слабо врзани песочници, дебела околу 6о m, во која од Петронијевиќ (1952) е одреден *Mastodon borsoni*, денес редефиниран како *Zygolophodon borsoni* кој според Nikolov (1985) е вид од пробосцидеа со меот-плиоценска старост.

Плиоценската седиментна маса е претставена со кластични седименти и со Витачево формацијата.

а)-единица на кластични седименти, дебела 60-80 m од жолтеникави услоени чакали и песоци лежи трансгресивно преку горно миоценската единица, што укажува на веројатно целосно пресушување на Мариовското езеро кон крајот од горен миоцен-најдолен плиоцен.

Витачево формацијата, во Мариовскиот басен почнува со пирокластичен материјал (туф), преку него лежи хоризонт 50 м дебел, во кој се сменуваат слоеви и прослојки од песоци, чакал, дијатомејска земја, туф, песокливи глини, преку лежат травертини, а најгоре е развиен хоризонт 80 m дебел од туф и агломерати.

Хоризонтот во кои се сменуваат слоеви и прослојки од дијатомити, псамити и туф е дебел од 5 до 30 м, при што најдебелиот слој од дијатомејска земја достигнува до 7 m. Од овој хоризонт се детерминирани 97 видови, вариетети и форми дијатомеи. Исчезнуваат видовите *Actinocycls* и *Cyclotella* а како најкарактеристичен за интервалот е *Tertiarius macedonicus* (Jurilj) Ognjan.-Rum. Овој вид е опишан како *Cyclotella macedonica* Jur. (Курт Ј. и др., 1957-58), но современите испитувања на скенер-електронски микроскоп докажаа ултраструктурни елементи на нов род *Tertiarius* (Hakanson& Khursevich, 1997). Масовни се *Stephanodiscus careonensis* Ehr и *S. carconensis var. pussilus* Grun. Во базата на профилот доминантни се некои *Fragelaria – F. brevistratiata* Grun., *F. construens* (Exp.) Grun., како и *Epithemia turgida (*Ehr.) Kutz. Оваа дијатомејска флора ја докажува плиоценската старост на формацијата. Плиоценската старост на вулканогено-седиментната формација е потврдена и со анализи на апсолутната старост на вулканитите од Мариово која се движи од 4.о±0.2 - 1.8±0,1 Ma (K/Ar, Kolios et al.,1980),

Во најгорните нивоа на басенот е развиена Мариовска формација во која се сменуваат неколку травертински плочи со пирокластичен материјал, а најгоре лежи травертинска плоча дебела до 2о м со школки од плио-плеистоценскастарост.

Тиквешкиот басен е сличен по литолошкиот состав со Мариовскиот, со таа разлика што Тиквешкиот почнал порано да се формира, поради што неговата дебелина е значително поголема. Најверојатно, овие некогашни езера меѓу вториот и третиорт циклус биле поврзани, а во четвртиот циклус преку Мариовското биле поврзани со Пелагониското езеро.

Басенот е изграден од миоценска и плиоценска серија околу 600-700 m дебела, која се диференцира во 4 суперпозициони единици:

(а) - базална единица, од конгломерати, чакали, песоци, алевролити и кафеави глини 140 m дебела, преку кои лежат 100 m дебели слоеви од песоци и шарени глини, со неодредена старост.

(б) - средна, јагленосно-лапоровита единица, дебела околу 100 m и составена од долу нагоре од сиви глини, јагленови глини, јагленов хоризонт дебел до 27 m од повеќе лигнитни слоеви и од 40-50 m дебели наслојки од лапорци најгоре. Во јагленовите слоеви се одредени *Ilyocypris* и *Hungarocypris,* со веројатна горно миоценска старост;

(в) - горна единица, 120 m дебела, од песоци, алевролити и алевритски глини во кои се пронајдени *Hipparion mathewei, H. probscideum, H. verae* - Forsten &Garevski, (1989), и *Mastodon (Anancus) arvenensis* (Гаревски, 1976) од туролиенска старост (MN-13 согласно зоните на Меин).

(г) - вулканогено-седиментна единица (Витачево формација), дебела околу 350-400 m, е развиена преку горно миоценската единица (в), и може да се подели на ниво со веројатна миоценска старост и погорно ниво со плиоценска старост.

('г) - наслојките од подолното ниво, во литостратиграфскиот столб, од најстари кон најмлади, суперпозиционо се јавуваат: туф, слој од чист бел дијатомит дебел 0,6-0,8 m, откриен на локалностите Овча

Река, с. Вешје, Барово, Долни Дисан, агломерати, со горно миоценска старост. Староста е потврдена и со туролиенскиот мастодонт (Гаревски, 1960) пронајден во дијатомитите кај Барово, како и староста на вулканските андезит-латити на Кожуф Планина од 6..5 - 1.8 Ма (Боев, 1988).

Во дијатомитите на локалноста Овча Река е констатирана богата, но еднообразна дијатомејска флора. Масовно се јавува видот *Aulacoseira italica* (Ehr.)Sim., кој се јавува и во рецентно време. Во дијатомеите е позната како честа појава во етапата на образувањето на спорите. Придружници се видови од родовите *Cocconeis, Pinnularia, Gomphonema. Navicula.* Интересна е појавата на *Fragilaria nitida* Herib. Видот е опишан за горно миоценските седименти од областа Cantal, Франција. Lohman и Andrews (1968) за прв пат соопштуваат за видот од Северна Америка во Vagon Bed формацијата, старост на седиментите горен еоцен. Rehakova (1980), за езерските седименти од Централна Европа, со овој вид е определена средно до горно миоценска старост. Со оглед на погоре наведените спротиставени наоди, сметаме дека овде се потребни дополнителни опробувања и испитувања на хоризонтот, што би помогнало во откривањето на покарактеристични видови дијатомеи кои би помогнале да се уточни староста.

(²г) - преку агломератите кои лежат врз дијатомитите се развиени, песоци, потоа врз нив 3-6 m дебела бигорска плоча со плиоценски *Planorbis corneus, Lymneus cf. stagnalis, Lymneus cf. (Gulinaria) treger, Bythinia tentaculata.* Преку лежат 30 m дебели жолти песоци а преку нив бигорска плоча 30 m дебела. Најгоре повторно се развиени агломерати.

Квартерната Мариовската формација е претстаавена со бречо-конгломерати од вулкански материјал, агломерати, туф, вулкански бречи и локално травертини.

Делчевско-Пехчевскиот и **Беровскиот басен**. имаат многу слична литостратиграфија и нивната дебелина достигнува до околу 500 m.

Миоценската серија, претставена со така наречена Панчаревска формација (Dumurdzanov et al., 200 m), составена е од:

(а) - базална единица на чакали, песоци и глини (120-150 m дебела);

(б) - јагленосна единица од алевролити, лапоровити глини, јагленови глини и неколу јагленови слоеви (100 m дебела), а во Беровскиот басен се развиени 1-2 јагленови слоја. Кај Стар Истевник над јагленовиот слој е пронајден заб од *Hipparion* од туролиенска старост;

(в) - најгорна единица од песоци, алевролити и глинци со дијатомити. На локалноста кај Брестови е опробан профил од дијатомити со височина од 2 m, со интервали на опробување на 30-50 cm. Во профилот нема изразена промена во дијатомејската сукцесија и во базата на разрезот преовладуваат изразито многу видови од родот *Actinocyclus – A. makarovae* (Temn.&Ognjan) Temn.&Ognjan., *Actinocyclus fungiformis* Temn., Val&&Churs. (сл.5) како и *Actinocyclus sp.*1, карактеристични за горно понтските седименти на Софијскиот и Карлово басенот, Бугарија (Temniskova-Topalova &Ognj.-Rumen. 1997). Придружен масовен вид е *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim. Иако ретко, одредена е и *Eunotia polyglyphoides* Sheshuk., типичен индекс вид за неогенските седименти на Балканот (Огнјанова-Румен.,2000). Во најгорните нивоа - непосредно под хумусот, се набљудува силно обединување на таксономскиот состав на дијатомеите, се појавуваат и се развиваатт чистите хризофитови алги, масовна станува *Aulacoseira ambigua* (Grun,) Sim., исчезнуваат претставниците на родот *Actinocyclus,* но се појавува *Cyclotella sp.* – опишана во дупчотина во Софијскиот неогенски басен (Ognjanova-Rumenova, et al. vo pe~at). Odredenata dijatomejska flora sodr`i tipi~no miocenski vidovi (Ognj.-Rumen.,2000).

Плиоценската серија трансгресивно лежи преку миоценот и изградена е од чакали, песоци и суглини.

Преспанскиот басен претставува еден од трите некогашни неогенски акумулации, каде е сочувана езерска средина и денес (Преспанско езеро). Басенот е исполнет со мио-плиоценски и квартерни седименти, со вкупна дебелина од околу 330 m (според резултати од дупчењето надвор од водната средина и откриените геолошки изданоци).

Миоценската серија е составена од:

(а) - базални чакали и песоци (50 m дебели);

(б) - јагленосна единица (дебела 70 m) од алевролити, алевролитски глини и јагленови слоеви со дебелина на јагленовиот хоризонт 15-20 m;

(в) - горна единица (до 80 m дебела) од алевролити и лапоровити глини со дијатомеи. Оваа единица е откриена во тектонски издигнат блок меѓу селата Царина-Лесковец. Одредена е *Aulacoseira –Aulacoseira aff. ceretana,* карактеристичен вид за понт - долен плиоцен (Ognjanova-Rumenova, 2000), сл. 5. Од истото стратиграфско ниво кај селото Лесковец е одредена листна фосилна макрофлора *Betula prisca, Caprinus grandis, Quercus atavia, Zelkova ungeri, Ulmus longifolia* и др. (Пантиќ и др., 1973-78).

Плиоценската серија е дебела околу 100 m и составена од чакали и песоци со партии од суглини.

Пискупштинскиот басен е еден од трите басена развиени по течението на реката Црн Дрим (Охридски, Пискупштински, Дебарски) во кој неогенските наслаги се дебели до 380 м. Во басенот е развиена миоценска и плиоценска серија.

Миоценската серија, дебела 280 m, составена е од 3 единици:

(а) - базална единица од конгломерати и песочници, 30-40 m дебела;

(б) - јагленосна единица, во чии долни нивоа се јавуваат 90 m сиви алевролити и нечисти лапорци, а во најгорните 10 m се јавува јагленов слој 3-10 m дебел. Во седиментите непосредно над јагленовото ниво е потврдена значително богата еднообразна дијатомејска флора. Масовен е планктонскиот вид *Aulacoseira ambigua* (Grun.)Sim., но исто и *Tertiarius cf. pygmaeus* (Pant.) Hak&Khurs. За овие овални форми се потребни дополнителни проучувања со скенер-електронска микроскопија. Видот *Tertiarius cf. pygmaeus* е опишан од горно миоценските езерски седименти на Трансилванија (Pantocsek, 1892).

(в) - горна единица, 140-150 м дебела од слабо врзани алеврити и песочници со флора *Alnus cf. adscendens (Goepert & Zastavniak-Walther),* слична на понтската од Суводол - Битола (Михајловиќ Ѓ).

Преку миоценската серија со аголна дискорданција лежи плиоценска маса од чакали и песоци, до 130 m дебелина.

БИОСТРАТИГРАФИЈА И ПАЛЕОЕКОЛОГИЈА

За изработка на биохронолошката шема за развојот на слатководната дијатомејска флора на Балканскиот Полуостров, примарно беше насочено внимание на определувањето на планктонските родови од класата *Centrophyceae* (Ognj.-Rumen.,2000). На тој начин е издвоена цела група на класата *Pennatophyceae,* која над 80% го сочинува определениот состав на видовите (Ognj.-Rumen., 2006). Повекето од овие претставители се бентосни и имаат локално распространение, во зависност од длабочината на басенот, активната реакција на водата, соленоста, супстратот и др. Развојот на класата *Centrophyceae,* иако преовладува со планктонски видови, исто така, зависи од промената на длабочината на басенот, од промените на активната реакција на водата, температурата, разликата во трофичноста. Меѓутоа, еволуцијата и процесите на раселување на овие планктонски видови се многу подобро изучени и нивното присуство како биостратиграфски индикатор сеуште е од многу големо значење.

Сумирајќи ги сите податоци добиени со проучувањето на дијатомеите во слатководните неогенски басени на територијата на Македонија се одредени подолу наведените етапи.

Во почеокот на горен миоцен (долен понт) исклучително богата дијатомејска флора се развива во Пелагонискиот (Пелагониска формација), Мариовскиот (Нерези формацицијa) и Делчевско-Беровскиот (Панчеревска формација) басени. Преовладуваат видовите од родот *Cyclotella.* Повеќето од видовите на *Actinocyclus* се определени во горно миоценските седименти на Софијскиот, Карловскиот и Белобрешкиот басен во Бугарија. Разноврсноста во родот *Cyclotella* е исклучителна, одредени се редица ендемични видови - *Cyclotella elymeae, C. scrobicula, C. schambica,* а исто е важно одредувањето на кругот од интравидовите таксони на *Cyclotella iris* (Ognj.-Rumen.,1996). Интересна е појавата на една специфична форма - *Cyclotella sp.,* која има многу силна внатрешна променливост.Смената на палеоусловите во басените е најверојатна причина за промена на формата на луштурите - во определени нивоа се јавуваат елипсоидни во други округли. Ултраструктурата и на двата типа луштури беше истражувана со скенер-електронски микроскоп и беше докажано дека е идентична.

Од родот *Aulacoseira* како доминант и субдоминант се развива - *Aulacoseira ambigua,* многу често се среќаваат видовите од родот *Melosira – Melosira undulata* и *M. undulata var. normanii.* Исто така, е определена и *Ellarbeckia kochii.*

Условите во Тиквешкиот, Преспанскиот и Пискупштинскиот басен, тој период веројатно биле еутрофни, што е решавачко при развојот на разноврсните танатоценоси од родот *Aulacoseira.*. Во Тиквешкиот басен освен студеномилниот вид *Aulacoseira italica,* кој многу често е во фаза на образување на спори, субдоминант е *Fragelaria nitida* - индекс вид за горен миоцен (Herbaud 1893, Rehakova 1980). Vo Prespanskiot basen se razviva isklu~itelno bogata no ednoobrazna dijatomejska flora, vo koja masoven e vidot *Aulacoseira aff ceretana,* но субдоминанти и доминанти се интересни фосилни форми од родот *Aulacoseira,* кои засега се со отворена номенклатура и се пронајдени во неогенските седиментина на Колубарскиот и Врањскиот басен, Србија (Ognj.-Rumen.&Krstic, во печат).

Во истиот период се развива интересна бентосна дијатомејска флора во Кичевскиот басен. Од планктонските претставници на класата *Centrphyceae* масовен е само видот *Cyclotella radiosa var. pliocaenica,* но од класата *Penatophyceae* се одредени типични горно миоценски видови - како *Tetracylus japonicus, Cymbella dubravicensis, Navicula nadjae.*

Во Пискупштинскиот басен (Пискуштинска фор.), дијатомејската флора е составена од *Aulacoseira ambigua,* но таму е определен како субдоминант *Tertiarius cf. pygmaeus* - карактеристичен за горно миоценските седименти од Централна Европа (Pantocsek 1892, Hakanson & Khursevich 1997).

Горен понт и почеток на плиоцен може да се разграничи во испитуваните профили на Пелагонискиот и Мариовскиот басен. Таму се набљудува постепено исчезнување на родот *Actinocyclus* и негова замена со разноврсни видови *Cyclotella* од *Cyclotella castracanei* (Ognj.-Rumen.,2005).

Единствено во најгорните нивоа на Мариовскиот басен (Витачево формација) се набљудува развој на плиоценска дијатомејска флора. Масовен вид е *Tertiarius macedonica,* no ima i vidovi od rodot *Stephanodiscus – S. carcocanensis* и *S. carcocanensis var. pusillus.* Субдоминант е *Ellerbackia arenaria.*

Л И Т Е Р А Т У Р А

Боев Б., 1988: Петролошки, геохемиски и вулканолошки карактеристики на вулканските стени од Кожуф Планина (докторска дисертација).

Boev B., Yanev Y., 2001: Tertiary magmatism within the Rep. of Macedinia: A review: Acta Volcanologica, v.13, p. 57-71.

Burgerstein L., 1877: Beitrag zur Kenntniss des jungetertieren Süsswasser-depots bei Uesqueb. Jahrbuch III. Heft der Kais. Kon. Geologischen Reichsanstalt.

Dermitzakis M., 1990: The evolution of the Aegeis. Sofia, Bulgaria, Geologica Balcanica, v.20, no.3,p. 3-16.

Думурџанов Н., Христов С., Павловски Б., Иванова В., 1976: Толкувач на ОГК за листовите Витолиште и Кајмакчалан, 1:100 000.

Dumurdzanov N., 1997: Lacustrine Neogene and Pleistocene in Macedonia; Proceeding of the Field Meeting held in Yugoslavia in 1995-1996, InternationalGeological correlation project 329, "Neogene of the Paratethys". Belgrade, Special Publication, geoinstitute, no. 21,p.31-36.

Dumurdzanov N., Serafimovski T., Burchfiel B.C., 2004: Evolution of the Neogene-Pleistocene Basins of Macedonia. Geol. Society of America. DMC001, p. 1 of XX.

Economou-Amilli A., 1991: *Cyclotella elymaea*, a new fossil species from the Neogene basin of Kozani- Aeani-Servia, Northern Greece. Diatom Research, 6, 2, p. 223-233.

Forsten A., Garevski R., 1989: Hipparion (mammalia Perissodactyla) from Macedonia (Yugoslavia).
Geologica Macedonica,v. 3, no.2, p.159-206. Stip.

Garevski R., 1976: Weiterer Beitrag zur Kenntnis der Pikermifauna Mazedoniens, derMastodonschadel von der Umgebung des Dorfes Dolni Disan (negotino). Spec. edit.of Acta Museum Macedonia Scientific Natural, no. 7, Skopje.

Hakansson H., 2002. A compilation and evaluation of species in the general *Stephanodiscus, Cyclostephanos* and *Cyclotella* with a new genus in the family Stephanodiscaceae. Diatom Research, 17, 1, p. 1-139.

Hakansson H., Khursevich G., 1997: *Tertiarius* gen.nov., a new genus in the Bacillariophyceae, the transfer of some cyclotelloid species and a comparison tpo closely related genera. Diatom Research, 12, 1, p. 19-33.

Heribaud J., 1893. Les Daiatomees d'Auvergne. Clermont-Ferrand, p. 1-255.

Kolios N., Inocenti F., Maneti P., Peccerillo A., Giuliani O., 1980: The Pliocene volcanism of the Voras Mts. Bulletin Volcanologique , v.43, p. 553-568.

Kujumdgieva E., 1987: Evolution geodynamique du bassin Egeen pendant le Miocene superieur et ses
Relations a la Paratethys Orientale. Sofia, Bulgaria, Geologica Balcanika, v.17, no.1, p. 3-14.

Курт Ј., Ѓузелковски Д., 1957-58: Дијатомит (дијатомејска земја) помегу селата Манастир- Бешиште (Мариово). Трудови на Геолошки Завод на НРМ, св. 6, с. 211-226. Скопје.

Laskarev V., 1921: Sur la converte de la fauna de Pikermie pres de Veles (Serbie meridinale):
Glasnik geograf. Drus.6, Beograd.

Ласкарев В., 1923: О геолошким и геоморфолошким приликама места наласка пикермиске фауне у околини Велеса. Анали Балк. Пол.., Е VIII, Београд.

Ласкарев В., 1937: Mastodon angustidens Cuv. из околине Скопља и других места Југославије. Гласник Скопс. Научног друштва, књ.XVI, Скопље.

Ласкарев В., 1950: *Tapirus priscus kamp. var. macedonica* из лигнитоносних наслага села Живојна. Зборник радова САН, књ.1, Београд.

Lohman K., Andrews G., 1968: Late Eocene Nonmarine Diatoms From the Beaver Divide Area Fremont County, Wyoming. Geological Survey Professional Paper 593-E, p. 1-26.

Mihajlovic Dj., Lazarevic Z., 2004: Fossil flora from the late Neogene of the Bitola area , Macedonia.
Belgrade , Bulletin CXXV, Serb. Acad. Science Mathematicset Naturale Science, no.42.

Ognjanova-Rumenova N., 1996. *Cyclotella iris* Brun & Herib. Group from the Upper Miocene sediments of the Sofia basin, Bulgaria. Geologica Carpathica, 47, 5, p. 301-310.

Ognjanova-Rumenova N., 2000: Lacustrine diatom flora from Neogene basins on the Balkan Peninsula: preliminary biostratigraphical data. In: Witkowski A. & Sieminska J. (Eds.) The origin and early evolution of diatoms: fossil, molecular and biostratigraphical approaches. W. Szafer Institute of Botany PAS, Krakow, p. 137-143.

Ognjanova-Rumenova N., 2001: Neogene diatom assemblages from lacustrine sediments of FYROM (Macedonia) and their distribution in correlative formations of south-western Bulgaria. In: Economou-Amilli A. (Ed.) Proceedings of 16th International Diatom Symposium, Athens & Aegian Islands, 2000, University of Athens, p. 423-432.

Ognjanova-Rumenova N., 2005: Upper Neogene siliceous microfossils from Pelagonia Basin (Balkan Peninsula). Geologica Carpathica, 56, 4, p. 347-358.

Ognjanova-Rumenova N., 2006: Some aspects and problems concerning diatom biochronology for the Neogene in the region of the Balkan Peninsula. In: Witkowski A. (Ed.) Proceedings of 18th International Diatom Symposium, Miedzyzdroje, Poland 2004, Biopress Limited, p. 337-345.

Павловић П., 1930: О терцијарној фауни Скопске котлине и њеном односу према неколиким сродним у северној Србији. Гласник СКА, 140, Београд.

Пантић Н., Думурџанов Н., Павловски Б., 1973-78: Прилог за запознавање на плиоценските седименти во Прескаскиот и Охридскиот басен. Трудови на Геолошки Завод Скопје, за 1973-78, п. 23-36., Скопје.

Pantocsek J., 1892: Beitrage zur Kenntnis der fossilen Bacillarien Ungarns, 3, Julius Platzko, p.1-118.

Петронијевић Ж, 1952: Mastodon borsoni Hays из Градешница (Мариово) у Македонији.
Гласник Прир. Муз. Српске земље, 5, Београд.

Rehakova Z., 1980: Susswasser diatomeenflora des oberen Miozans in der Tschechoslowakei. Journal of Geological Sciences, palaeontology, Praha, 23, p. 83-184.

Serieyssol K., 1984: *Cyclotella iris* Brun & Herib. In: Mann D. (Ed.) Proceedings of 7th International Diatom Symposium, Philadelphia 1982, O. Koeltz, Koenigstein, p. 197-207.

Schlosser M., 1921: Die Hipparionenfauna von Veles in Mazedonien. Abhandlung der Bayerischen Akademie der Wissenschafte, XXIX, Bd. 4 Abhandlung, München.

Темкова В., 1958: Палеонтолошка обработка на фауната на Тиквешкиот басен и околи-
Ната. Трудови на Геолошки Завод на НРМ, св. 6. Скопје.

Temniskova-Topalova D., Ognjanova-Rumenova N., 1997: Description, comparison and biostratigraphy of the nonmarine Neogene diatom floras from Southern Bulgaria. Geologica BAlcanica, 27, 1-2, p. 57-81.

Zagorcev I.,1992: Neotectonics of the central parts of the Balkan Peninsula: basic features and concepts: Stuttgart, Geologische Rundschau, 81/3, p.635654.

S U M M A R Y

NEOGENE DIATOM BIOSTRATIGRAPHY AND PALEOECOLOGY OF THE LACUSTRINE SEDIMENTS OF MACEDONIA

[1] Nadja Ognjanova-Rumenova, [2] Nikola Dumurdjanov

[1]Department of Paleontology&Stratigraphy, Geolog. Inst. BAN, Georgi Boncev street, bl. 24, Sofia 1113, Bulgari, nognjan@yahoo.c

[2]Faculty of Mining and Geology Stip, G.Delcev 89, 2 000 Stip, Macedonia, nika@unet.com.mk

Until now, the development of the different planktonic genera of class Centrophyceae is very important in diatom biostratigraphic subdivision on the Balkan Peninsula. They are more useful for biostratigraphical analysis than are benthic diatoms, which have a more localized distribution determined by depth, substrata, etc. In the creation of the biochronological scheme for the realm of the Balkan Peninsula the group of species belonging to class Pennatophyceae is neglected, in spite of its high species diversity (more of 80% of the studied diatom flora). More of them are benthic, but the development of centric diatoms is also interrelated with the evolution of the environment in the paleolake. Their distribution depends on the changes in depth, trophic status, pH of the water, temperature, etc. Until now, we have more information about the evolution and colonization processes in centric planktonic genera and they are more useful in diatom biostartigraphy. Some of the species, belonged to class Pennatophyceaea are extinct with short stratigraphic range and even if benthic we have used them in biostratoigraphical discussion.

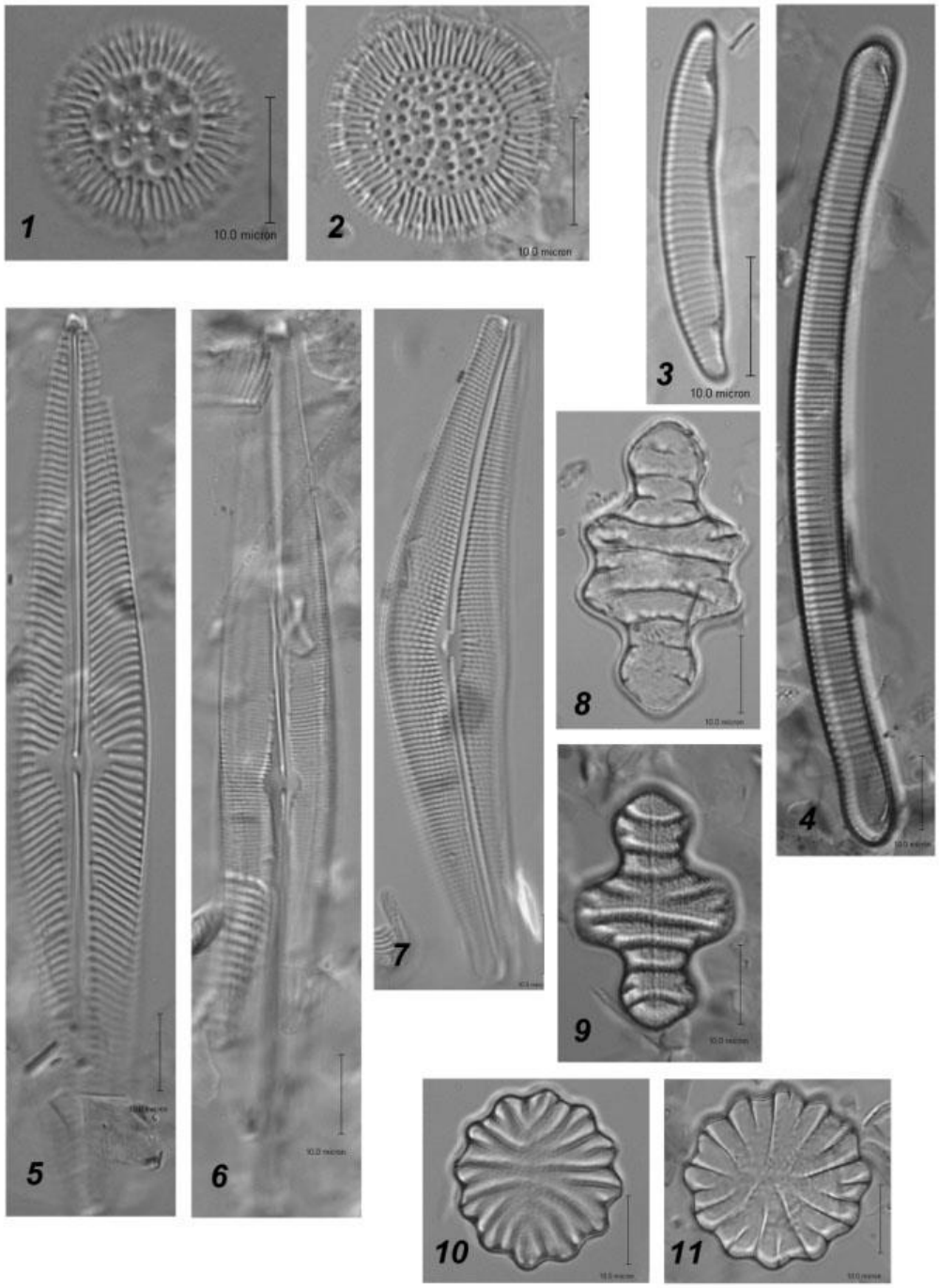
The sum up of all data from diatom analysis in nonmarine neogene basins on the territory of Republic Macedonia proves three main stages:

In the beginning of Late Miocene (Early Pontian stage) very rich and diverse diatom flora had developed in Pelagonia (Bitola sub-basin - Pelagonian Fm), Mariovo (Nerezi Fm) and Berovski (Pancharevo Fm) basins. Dominants were different species of genus *Actinocyclus*, as well as endemic and very interesting *Cyclotella* species. There is a concurence of all representatives belonging to genus *Actinocyclus* and determined as index species for Upper Miocene sediments of the Sofia, Karlovo and Belobrezhki Basins, Bulgaria. Isomorphic populations of *Cyclotella* sp. have been determined in the studied profiles in Pelagonia and Mariovo Basins. One of them has small valves, clearly elliptical in outline and other has large valves with circular outline, but the scanning electron microscopy proved identical ultrastructure. This high infraspecific variability could be explained by the variable ecological conditions in the paleolake during the sediment deposition. From genus *Aulacoseira*– *Aulacoseira ambigua* is dominant and subdominant, often is determined *Melosira undulata* and *M. undulata* var. *normannii*. There is also *Ellerbeckia kochii.*

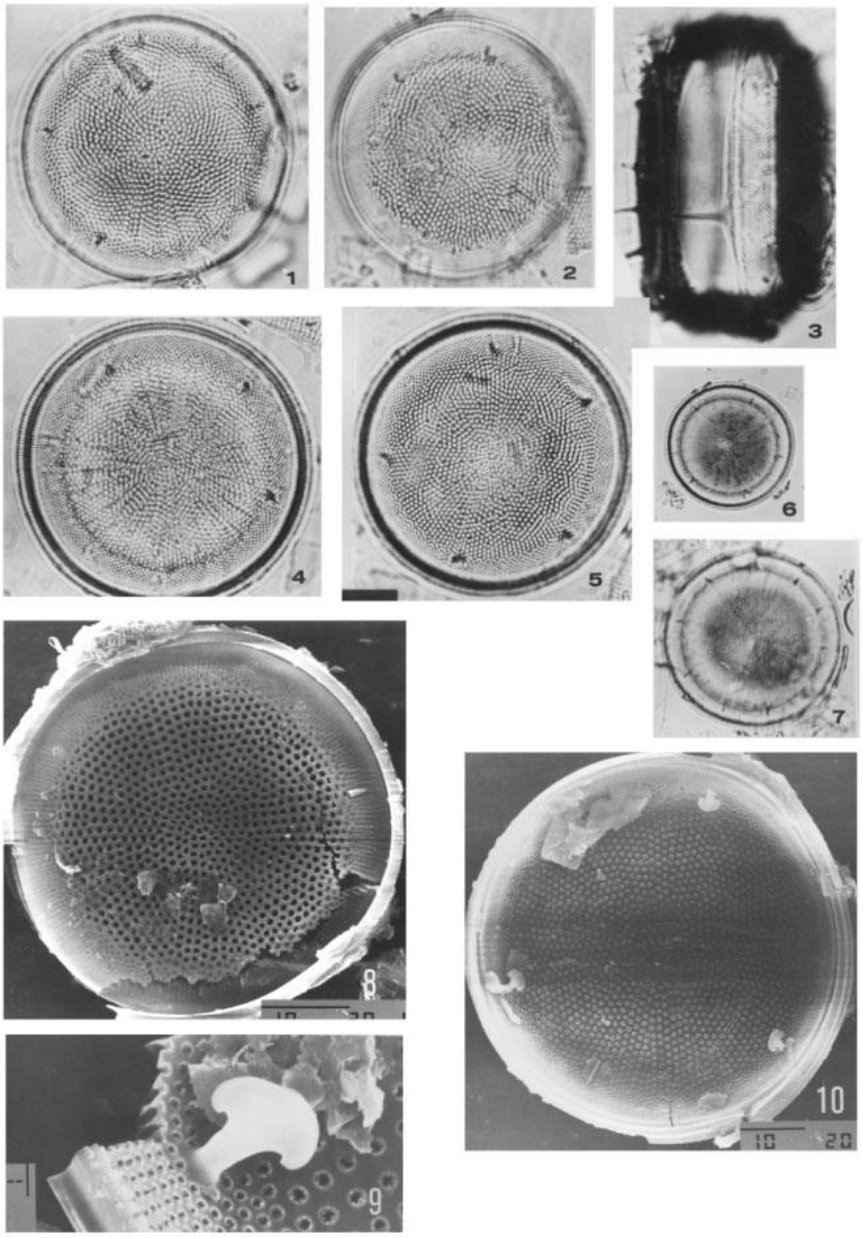
In Tikvesh (Nerezi Fm), Piskupshtina Basin (Piskupshtina Fm) and Prespa Basins, the trophic status of paleolakes was probably eutrophic, which determined the development of *Aulacoseira* thanatocoenoses. In Tikvesh Basins the most abundant species is- *Aulacoseira italica*, but very often it was determined as spore-stage. Subdominant is *Fragilaria nitida* – index species for the Late Miocene. Very abundant in Prespa Basin is *A.* aff. *ceretana*, subdominant and dominant are different fossil forms of genus *Aulacoseira*, more of them are new species and they are established also in the Neogene sediments of Kolubara and Vranje Basins, Serbia. In Piskupshtina Basin the dominant species is *Aulacoseira ambigua*, but there is recorded as subdominant *Tertiarius* cf. *pygmaeus* – index species for Upper Miocene sediments in Central Europe.

During the same stage in Kichevo Basin an interesting benthic diatom flora had developed. From planktic species of class Centrophyceae there is abundant only *Cyclotella radiosa* var. *pliocaenica*, but there are a lot of extinct species of class Pennatophyceae, typical for Upper Miocene sediments -*Tetracyclus japonicus*, *Cymbella dubravicensis*, *Navicula nadjae*. The Late Pontian stage could be determined in the uppermost parts of the investigated profiles in Pelagonia (Pelagonian Fm), and Mariovo ((Nerezi Fm) Basins – the diatom taxa belonging to genus *Actinocyclus* disappear, the abundance of *Cyclotella* sp. and *Cyclotella iris* decreases, but *Cyclotella castracanei* becomes dominant.

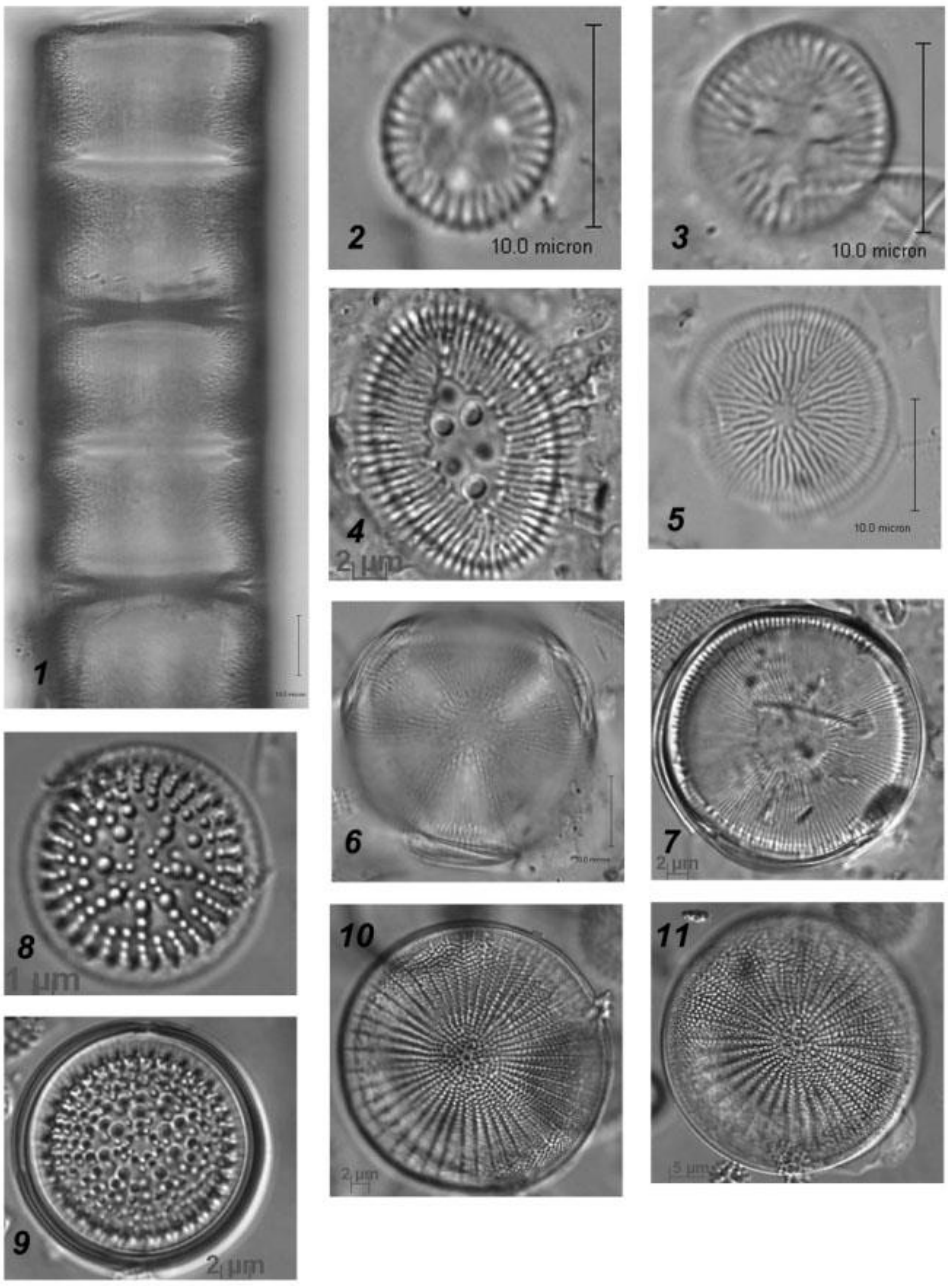
The development of Pliocene diatom flora is established only in the uppermost sediments of Mariovo Basin (Vitachevo Fm). The most abundant species is *Tertiarius macedonica*, but there are also species of genus *Stephanodiscus–S. carconensis* and *S. carconensis* var. *pusillus.* Subdominant is *Ellerbeckia arenaria*.



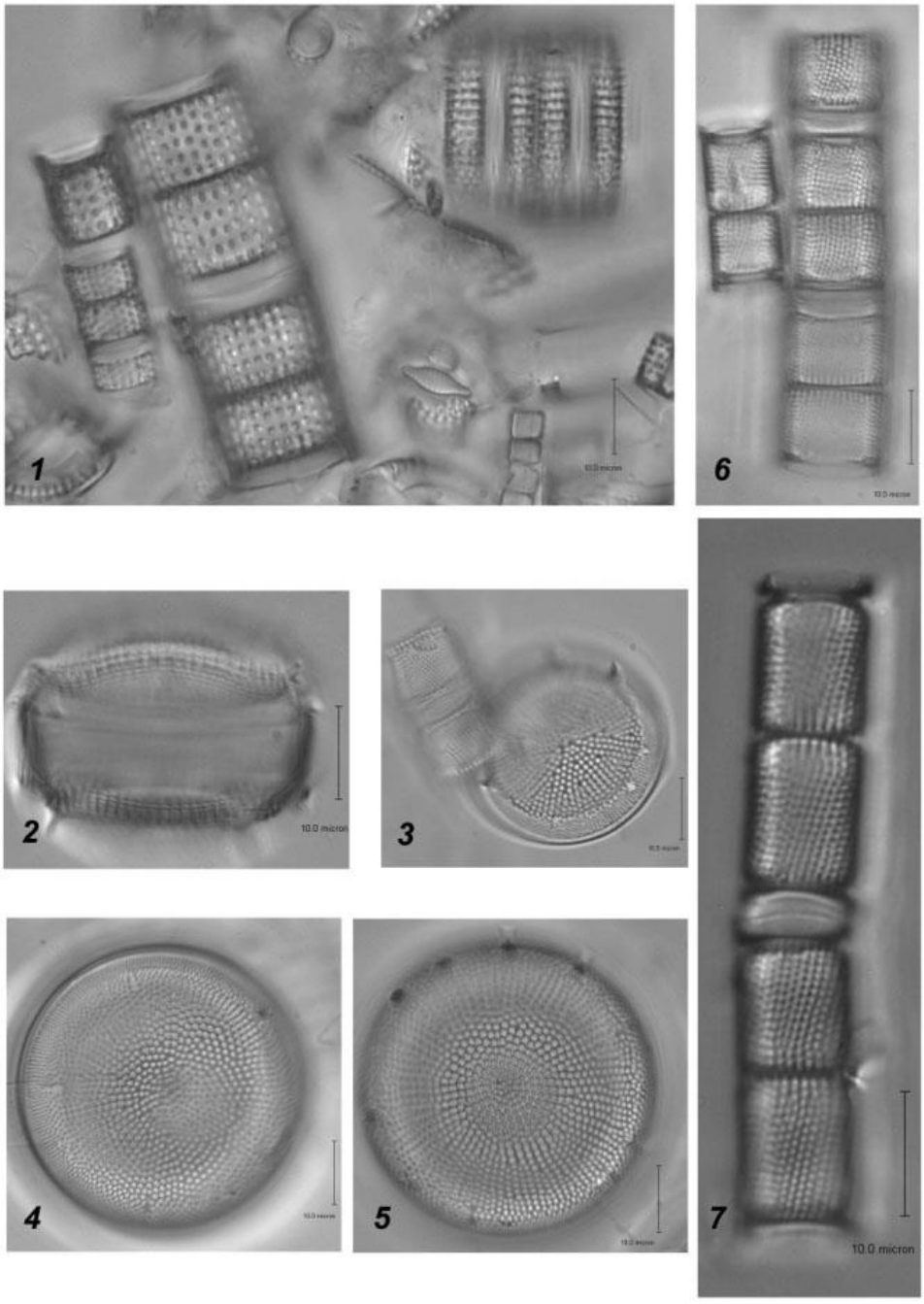
Сл. 2: **Кичевски басен** (Fig. 2: **Kicevo Basin):**1,2-*Cyclotella (Puncticulata)* sp.; 3-*Eunotia incisa* Gregory; 4-*Eunotia glacialis* Meister; 5-*Navicula serdicensis* L-Bertalot & Metzeltin; 6-*Brachysira sp.;* 7-*Cymbella dubravicensis* (Grun.) Pant.8-*Tetracyclus emarginatus* (Ehr.)W.Smith; 9-*Tetracyclus glans* (Ehr.) Mills; 10,11-*Tetracyclus japonicus* (Petit) Temp. & Perag.



Сл, 3: **Пелагониски басен** - дупчотина B-466 (Fig. 3: **Pelagonia Basin) :**1-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.&Ognjan., (borehole)B-466, (depth) 45.00m, LM x800; 2-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan., (borehole) B-466, (depth) 50.00m, LM x800; 3-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan., girdle view of frustule, borehole B-466, dept 33.94m, LM x800; 4,5-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan., borehole B-466, depth 33.94m, LM x800; 6,7-*Actinocyclus sp.1*, borehole B-466, depth 33.94m, LM x320; 8-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn. & Ognjan., valve exterior, borehole B-466, depth 65.00m, SEM x2000; 9. *Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan.,detail of valve interior, showing the labiate processes, borehole B-466, depth 65.00m, SEM x7500; 10. *Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan., interior of valve showing ring of the labia processes, borehole B-466, depth 65.00m, SEM x2000.



Сл. 4: **Мариовски басен** (Fig. 4 : **Mariovo Basin)**: 1-*Melosira undulata* (Ehr.)Kutz; 2,3-*Cyclotella* sp. 1 – circular morphotype; 4-*Cyclotella* sp. 1 – elliptical morphotype; 5-*Cyclotella iris* Brun & Herib; 6, 7-*Cyclotella castracanei* Eulenst; 8, 9-*Tertiarius macedonica* (Jurily) Ognjan.-Rum; 10,11-*Stephanodiscus carconensis* Ehrenberg.



Сл. 5: **Преспански басен** (Fig.5: **Prespa Basin**) : 1-different kind of species belonged to genus *Aulacoseira* Thw. **Беровски басен (Berovo Basin):** 2-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan., girdle view of the frustule; 3-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan. and *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Simonsen; 4,5-*Actinocyclus makarovae* (Temn.& Ognjan.) Temn.& Ognjan. 6,7. *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Simonsen.

THE PLIOCENE GILBERT-TYPE FAN DELTA OF DRAČEVO (SKOPJE AREA, REPUBLIC OF MACEDONIA): PALEOGEOGRAPHIC INFERENCE

[1]Georges Clauzon, [2]Jean-Pierre Suc, [3]Nikola Dumurdžanov, [4]Mihaela Melinte-Dobrinescu and [5]Ivan Zagorchev

[1]Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement (UMR 6635 CNRS), Université Paul Cézanne, 13545 Aix-en-Provence Cedex 04, France
[2]Laboratoire PaléoEnvironnements et PaléobioSphère (UMR 5125 CNRS), Université C. Bernard – Lyon 1, 69622 Villeurbanne Cedex, France (jean-pierre.suc@univ-lyon1.fr, tel. 33/472448590, fax. 33/472448382)
[3]Sts. Cyril and Methodius University, Faculty of Mining and Geology, Goce Delcev 89, 2000 Stip, Macedonia
[4]National Institute of Marine Geology and Geo-ecology (GEOECOMAR), 23-25 Dimitrie Onciul Street, 024053 Bucharest, Romania
[5]Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria

Abstract: A Gilbert-type fan delta has been evidenced in the Pliocene sediments southward Skopje at Dračevo. As such sedimentary constructions result from the effects of the Messinian Salinity Crisis, it is demonstrated that the Messinian Salinity Crisis impacted the region of Skopje as it did for the northern Aegean region (Thessaloniki) and Western Dacic Basin (Turnu Severin). Hence, a marine gateway is to be foreseen to have connected the Aegean Sea and the Dacic Basin (Eastern Paratethys) through the Balkans Chain, replacing the inadequate but generally suggested corridor in the present-day Bosphorus Strait area. Tectonic inferences of this new evidence are discussed.

Key words: Messinian Salinity Crisis; Skopje Basin; marine gateway; Aegean Sea; Dacic Basin.

INTRODUCTION

A marine gateway is considered to have existed before and after the Messinian Salinity Crisis between the Aegean Sea and the Eastern Paratethys (Mărunţeanu and Papaianopol, 1995, 1998; Snel et al., 2006), an idea reinforced by evidencing the impact of the Messinian Salinity Crisis in the Dacic Basin (Clauzon et al., 2005) and the Black Sea (Gillet et al., 2007). The location of such a gateway is generally proposed in the area of the present-day Bosphorus Strait (Rögl and Steininger, 1983; Marinescu, 1992; Çağatay et al., 2006; Popov et al., 2006; Esu, 2007; Faranda et al., 2007; Gliozzi et al., 2007; Stoica et al., 200). However, recent data from the Black and Marmara seas severely contradict this assumption (Popescu, 2006; Clauzon et al., 2008a). The area of the Iron Gates (SW Romania; Fig. 1) is characterized by the presence of the Messinian Erosional Surface overlain by a Zanclean Gilbert-type fan delta containing Paratethyan and Mediterranean organisms (Clauzon et al., 2005). In addition, we evidenced that the area of Trilophos (near Thessaloniki, Greece; Fig. 1), a locality where Paratethyan and Mediterranean organisms co-existed (Gillet and Geissert, 1971; Syrides, 1998), is a Zanclean Gilbert-type fan delta overlying the Messinian Erosional Surface (detail in a forthcoming paper).

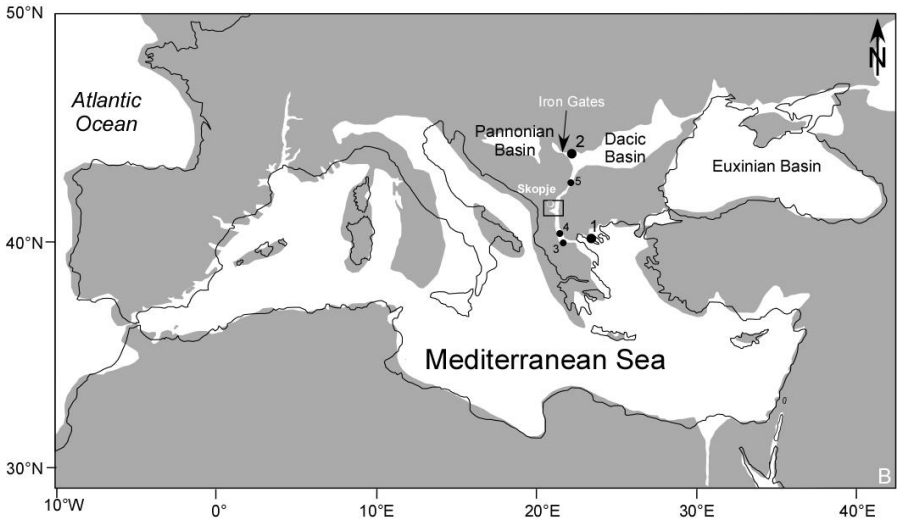


Fig. 1. Early Pliocene paleogeography of the Mediterranean and Eastern Paratethys with the proposed marine gateway between the Aegean Sea and Dacic Basin, from Popescu et al. (2008).
Localities: 1, Trilophos; 2, Gilbert-type fan delta of Turnu Severin; 3, Prosilio; 4, Ptolemais; 5, Niš.

We explored first the Strimon River corridor, from Serres to Sandanski, which rapidly appeared as not impacted by the Messinian Salinity Crisis (see also Zagorchev, 2007). In parallel, several new data arose from the region of Ptolemais (Fig. 1): (1) the record of *Spiniferites cruciformis*, an endemic Paratethyan dinoflagellate cyst, in the Lower Pliocene (Notio Member) of the Ptolemais quarry (Kloosterboer-van Hoeve et al., 2001); (2) the presence of Mediterranean marine fishes (M. Böhme, pers. comm.) in the well-dated Prosilio section (Steenbrink et al., 2006) just below an erosional surface that we refer to the Messinian Erosional Surface (detail in a forthcoming paper). As we recently found *Ceratolithus acutus*, the nannoplankton marker of the earliest Zanclean (Raffi et al., 2006), at Gabrovačka Reka (suburbs of Niš; Fig. 1) as at Trilophos, it became obvious that the gateway shown on Figure 1 could be a good candidate to have connected the Aegean Sea to the Dacic Basin prior and after the Messinian Salinity Crisis. As a consequence, we developed a field research in the region of Skopje (Fig. 1) where we evidenced near Dračevo a Pliocene Gilbert-type fan delta, i.e. the postponed signature of the Messinian Salinity Crisis.

THE MESSINIAN SALINITY CRISIS IN THE MEDITERRANEAN AND THE PLIOCENE GILBERT-TYPE FAN DELTAS

The almost complete desiccation of the Mediterranean Sea simultaneously resulted in deposition of thick evaporites in central basins (Hsü et al., 1973) and cutting of deep fluvial canyons (Chumakov, 1973; Clauzon, 1973, 1978, 1980, 1982, 1990; Savoye and Piper, 1991). When the reflooding of the Mediterranean Basin occurred at 5.332 Ma (Lourens et al., 2004), the fluvial canyons were suddenly filled by marine waters and transformed into rias. During the earliest Pliocene, the Mediterranean Basin was starved of terrigenous sediments (Cita et al., 1978) which concentrated within the rias where impressive Gilbert-type fan deltas were edified (Clauzon, 1990).

The Gilbert-fan deltas are the postponed signature of the Messinian Salinity Crisis:
(1) they need an important available sedimentary space provided by the erosion and the very fast marine reflooding; (2) they are constituted of a prograding subaquatic part (clayey bottomset beds and conglomeratic to

sandy foreset beds, the sedimentary dip of which may reach 30-35°) and an aggrading subaerial part (conglomeratic to sandy almost horizontal topset beds often affected by an important alteration) (Fig. 2). Two chronologic key-surfaces bound them: the Messinian Erosional Surface at the base, the abandonment surface at the top (Fig. 2). The heterochronous marine-continental transition is sandwiched between the foreset beds and the topset beds (Fig. 2), corresponding often to a condensed layer (lignite). Pliocene Gilbert-type fan deltas have been identified all around the Mediterranean Basin (Clauzon et al., 2008b) and in adjacent basins (Dacic Basin: Clauzon et al., 2005; Marmara Sea: Clauzon et al., 2008a). To summarize, the presence of a Gilbert-type fan delta made of Lower Pliocene sediments reveals an intense erosion followed by a very fast marine transgression.

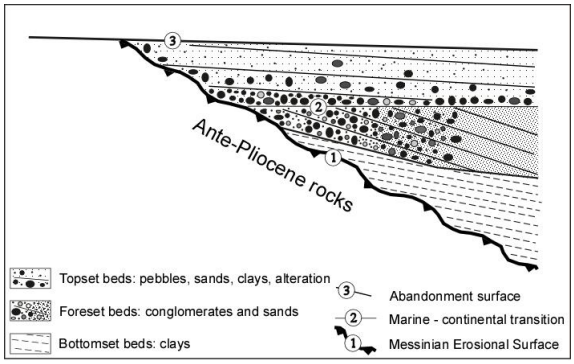


Fig. 2. Characteristic organisation of a Pliocene Gilbert-type fan delta (Clauzon, 1990).

DESCRIPTION OF THE PLIOCENE GILBERT-TYPE FAN DELTA OF DRAČEVO, ITS PALEOGEOGRAPHIC INFERENCE

The Pliocene deposits mapped southward Dračevo (Dumurdžanov et al., 2004) show a clear organisation in Gilbert-type fan delta (Fig. 3). Its contact with the older rocks (Upper Miocene sediments of the area of Dobri Dol to the North, magmatic and volcanic basement of the Torbesija Massif to the South) is erosional (Fig. 3), the Gilbert-type fan delta system being nested within them (Figs. 4g and 5). The gravely to sandy foreset beds are well-exposed in two quarries southward Batinci (Ljuboš quarry; Fig. 4b) and between Batinci and Varvara (Drisla quarry; Fig. 4d). They show a sedimentary dip of 20-25° to the North and the Northeast, respectively. In these quarries, it is possible to observe the marine-continental transition (Fig. 4b) at the altitude 395 m asl, marked by a lignite thick of 40-50 cm (Fig. 4c). The clayey bottomset beds are exposed southward Dračevo (Fig. 4a). Several samples were studied for their nannoplankton content which is poor: only *Thoracosphaera* sp., *Braarudosphaera bigelowii*, *Coccolithus pelagicus*, *Sphenolithus moriformis* and *Reticulofenestra pesudoumbilicus* have been recorded among a lot of reworked specimens from Cretaceous mainly. *R. pseudoumbilicus* is alone to have a chronologic significance, too large (ca. 13–3.8 Ma; Raffi et al., 2006) with respect to the matter of investigation. Maybe is it reworked? Forthcoming researches for nannoplankton will be necessary. However, its presence indicates some marine influx from the Mediterranean Sea into the Skopje area. The topset beds are constituted by gravels, sands and large pebbles (especially at their base) within a red matrix (Fig. 4e). Pedogenetic alteration affects the uppermost levels just below the abandonment surface (Fig. 4g) which locates at the mean altitude 500 m asl (Figs. 4g, 5). According to some boreholes from the area of Batinci, the total thickness of the Gilbert-type fan delta was at last 150 m. Near Sopište, the uppermost Upper Miocene beds were sampled and provided nannofossils (*Coccolithus pelagicus*, *Reticulofenestra pseudoumbilicus*, small *Reticulofenestra*, *Sphenolithus moriformis*, *Thoracosphaera* sp., *Braarudosphaera bigelowii*, and many specimens reworked from Cretaceous and Paleogene), devoid of a precise chronostratigraphic significance but significative of a Mediterranean marine influence. Figure 5 illustrates how much the Pliocene Gilbert-type fan delta (reaching 500 m in altitude) is nested within the Upper Miocene deposits sampled at altitude 700 m.

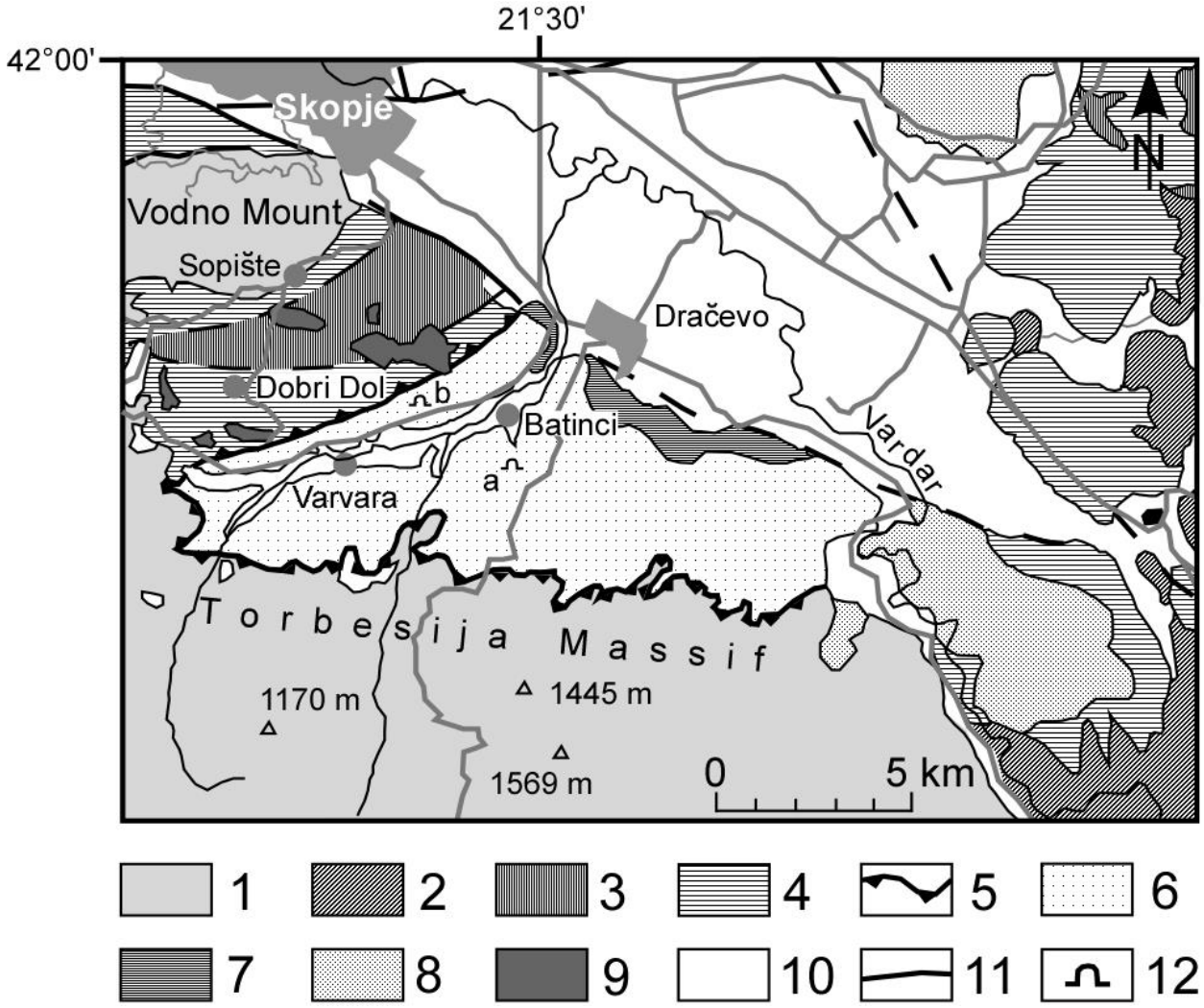


Fig. 3. Simplified geological map of the Skopje area from Dumurdžanov et al. (2004) modified. 1, Ante-Cenozoic basement; 2, Upper Eocene – Oligocene flyschoid and flysch sediments; 3, Middle Miocene freshwater sediments; 4, Upper Miocene deposits; 5, Messinian Erosional Surface; 6, Pliocene Gilbert-type fan delta (gravelly and sandy foreset beds); 7, Pliocene Gilbert-type fan delta (clayey bottomset beds); 8, Other continental Pliocene deposits (gravels, sands, silts); 9, Travertines; 10, Quaternary alluvial and limnic sediments; 11, Fault; 12, Quarry.
Quarries: a, Ljuboš; b, Drisla.

The question is open to know if the other Pliocene deposits (gravels, sands, silts) of the area of Skopje (Fig. 3) belongs to the newly evidenced Gilbert-type fan delta or not. Additional field investigations will be done for this purpose.

The Pliocene Gilbert-type fan delta of Dračevo constitutes a supplementary argument for a marine gateway connecting the Aegean Sea to the Dacic Basin before and after the Messinian Salinity Crisis in the area of the Balkans Chain.

As the region has been intensively modified by tectonic activity, the precise recognition of Pliocene marine signs is a very important challenge for paleogeographic reconstructions. The Pliocene deposits exposed southward and southeastward Skopje (Dumurdžanov et al., 2005) must be explored in more detail. The segment Skopje– Niš seems to be devoid of any Pliocene sedimentary archive. An intensive research must be developed in order to test if a potential passage may have existed through the Sofia Basin or not.

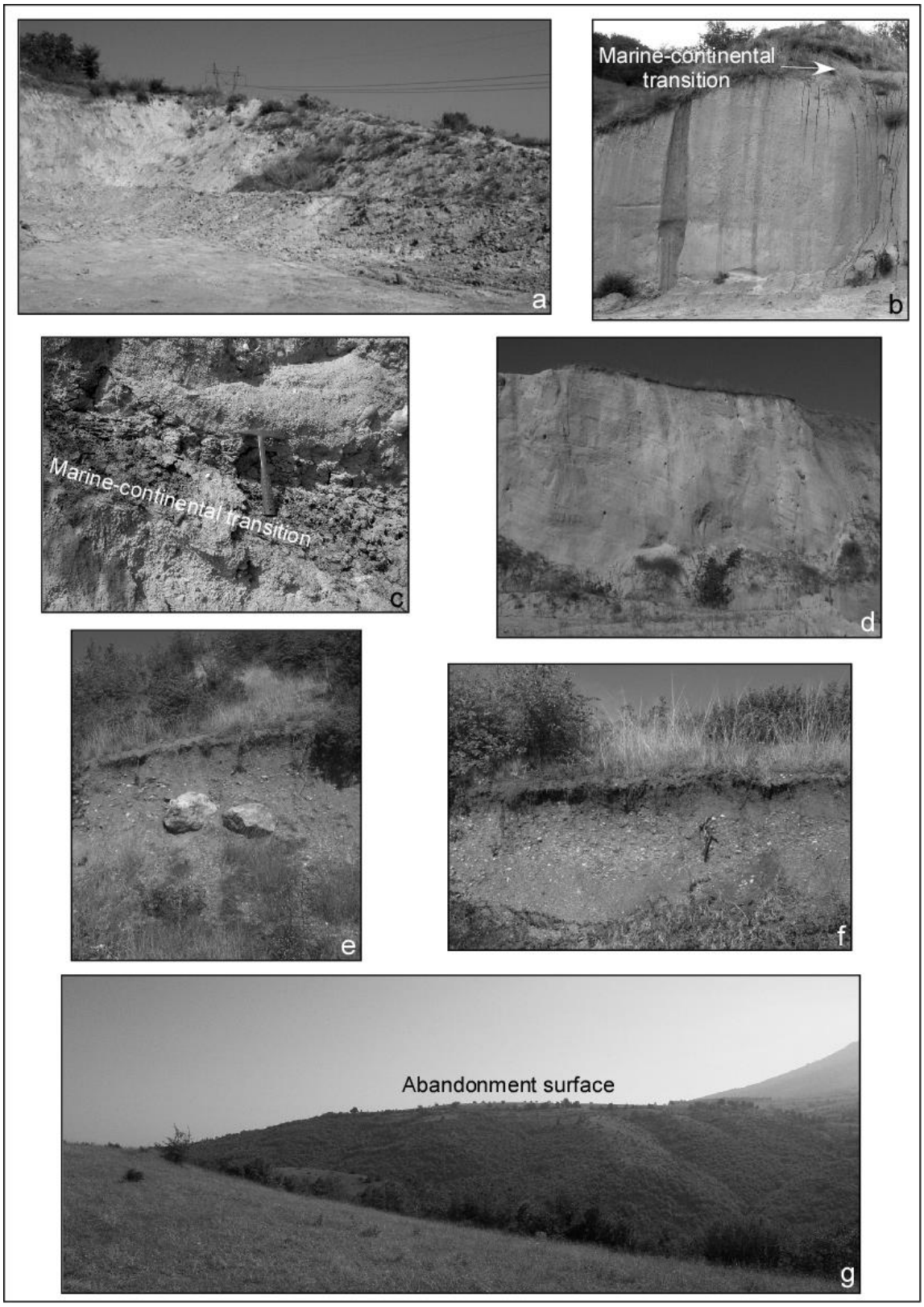


Fig. 4. Photographs of the Pliocene Gilbert-type fan delta of Dračevo.
a, Blue clayey bottomset beds at Dračevo; b, White gravelly and sandy foreset beds in the Ljuboš quarry overlain by the marine-continental transition (lignite) and topset beds; c, Same place: detail of the marine-continental transition marked by a lignite; d, White gravelly and sandy foreset beds in the Drisla quarry; e, Red topset beds constituted of gravels, sands and large blocks southward Varvara; f, Uppermost part of the altered red topset beds in the same area just below the abandonment surface; g, View of the abandonment surface and of the upper part of the Gilbert-type fan delta system showing its nesting within Upper Miocene clays (foreground) and basement of the Torbesija Massif (background).

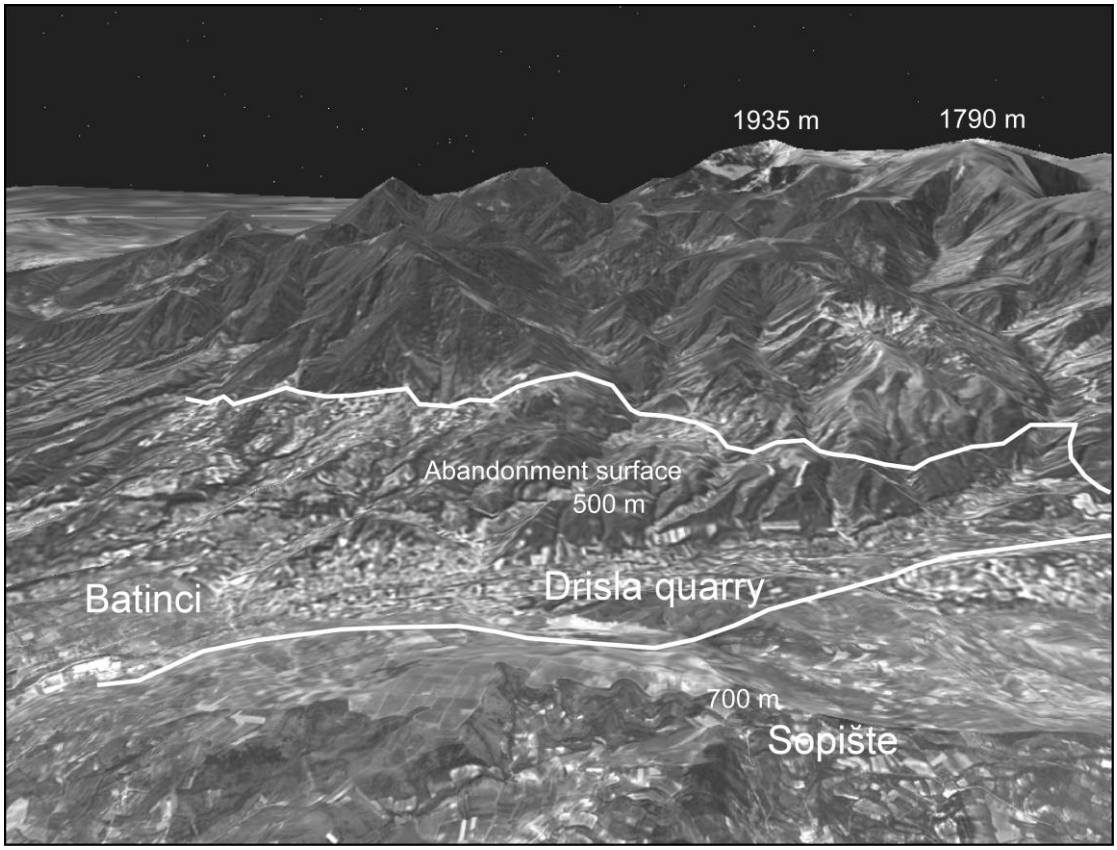


Fig. 5. Three-dimensional Google Earth view (altitude is two times exaggerated) from North to South showing the nesting of the Dračevo Pliocene Gilbert-type fan delta (delimited by the white line) within the Upper Miocene sediments (foreground) and ante-Neogene basement (background).

In the first case, the Niš area would be an appendix of the Dacic Basin and the Mediterranean–Eastern Paratethys water exchanges at high sea-level (Clauzon et al., 2005) would have occurred through the Sofia region. In the second case, one could conclude that the Skopje–Niš corridor has been active but suffered a very intense tectonic deformation. According to Sprovieri et al. (accepted), such a gateway persisted up to 4.7 Ma, that provides a maximum age for the tectonic shrinking.

CONCLUSION

The Pliocene deposits exposed southward Skopje (Dračevo area) are organised in Gilbert-type fan delta and recorded some marine influence from the Aegean Sea. As a consequence, the region was impacted by the Messinian Salinity Crisis. The Skopje area was a part of the marine gateway which connected the Dacic Basin (Eastern Paratethys) to the Aegean Sea prior and after the Messinian Salinity Crisis and permitted aquatic faunal and floral exchanges at high sea-level (Clauzon et al., 2005).

The region of the Balkans Chain was intensely active since the Late Neogene and many marks of such a marine gateway have been erased. Once more, the geometric and sedimentary consequences of the Messinian Salinity Crisis appear very efficient tools for characterizing tectonic activity, even relatively far from the Mediterranean Basin.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank M. Böhme for the information on marine fishes from Prosilio. This paper is a contribution to the “EGEO” Project of the French ANR.

REFERENCE

Çağatay, N.M., Görür, N., Flecker, R., Sakinç, M., Tünoğlu, C., Ellam, R., Krijgsman, W., Vincent, S. and Dikbaş, A. (2006) Paratethyan–Mediterranean connectivity in the Sea of Marmara region (NW Turkey) during the Messinian. Sedim. Geol. 188-189: 171–187.

Chumakov, I.S. (1973) Geological history of the Mediterranean at the end of the Miocene – the beginning of he Pliocene according to new data. In: Ryan W.B.F., Hsü K.J. (eds.) Leg 13, Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj. 13, 2: 1241–1242.

Cita, M.B., Wright, R.C., Ryan, W.B.F. and Longinelli, A. (1978) Messinian paleoenvironments. Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj. 42, 1: 1003–1035.

Clauzon, G. (1973) The eustatic hypothesis and the Pre-Pliocene cutting of the Rhône Valley. In: Ryan W.B.F., Hsü K.J. (eds.) Leg 13, Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj. 13, 2: 1251–1256.

Clauzon, G. (1978) The Messinian Var canyon (Provence, Southern France) – Paleogeographic implications. Mar. Geol. 27: 231–246.

Clauzon, G. (1980) Le canyon messinien de la Durance (Provence, France): une preuve paléogéographique du basin profond de dessiccation. Palaeogeogr., Palaeoclima-tol., Palaeoecol. 29 : 15–40.

Clauzon, G. (1982) Le canyon messinien du Rhône: une preuve décisive du "desiccated deep-basin model" (Hsü, Cita et Ryan, 1973). Bull. Soc. géol. France, ser. 7, 24, 3: 597–610.

Clauzon, G. (1990) Restitution de l'évolution géodynamique néogène du bassin du Roussillon et de l'unité adjacente des Corbières d'après les données écostrati-graphiques et paléogéographiques. Paléobiol. cont. 17: 125–155.

Clauzon, G., Suc, J.-P., Popescu, S.-M., Mărunţeanu, M., Rubino, J.-L., Marinescu, F. and Melinte, M.C. (2005) Influence of the Mediterranean sea-level changes over the Dacic Basin (Eastern Paratethys) in the Late Neogene. The Mediterranean Lago Mare facies deciphered. Bas. Res. 17: 437–462.

Clauzon, G., Suc, J.-P., Popescu, S.-M., Melinte-Dobrinescu, M.C., Quillévéré, F., Warny, S.A., Fauquette, S., Armijo, R.,

Meyer, B., Rubino, J.-L., Lericolais, G., Gillet, H., Çağatay, N.M., Ucarkus, G., Escarguel, G., Jouannic, G. and Dalesme, F. (2008a) Chronology of the Messinian events and paleogeography of the Mediterranean region *s.l.* CIESM Workshop Monographs 33: 31–37.

Clauzon, G**.,** Suc, J.-P., Armijo, R., Meyer, B., Melinte-Dobrinescu, M.C., Lericolais, G., Gillet, H., Çağatay, M.N., Popescu, S.-M., Jouannic, G., Ucarkus, G., Çakir, Z. and Quillévéré, F. (2008b) Impact of the Messinian Salinity Crisis in the region of the Marmara Sea. Did a connection exist between the Aegean and Black seas at that time? 61th Turkish Geological Congress, Ankara, Abstracts book, pp.136-137.

Dumurdžanov, N., Serafimovski, T. and Burchfiel, B.C. (2004) Evolution of the Neogene-Pleistocene Basins of Macedonia. Geol. Soc. Amer., Digital Maps and Chart Ser. 1, 1–20.

Dumurdžanov, N., Serafimovski, T. and Burchfiel, B.C. (2005) Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. Geosphere 1, 1: 1-22.

Esu, D. (2007) Latest Messinian "Lago-Mare" Lymnocardiinae from Italy: Close relatons with the Pontian fauna from the Dacic Basin. Geobios 40: 291–302.

Faranda, C., Gliozzi, E. and Ligios, S. (2007) Late Miocene brackish Loxoconchidae (Crustacea, Ostracoda) from Italy. Geobios 40: 303–324.

Gillet, H., Lericolais, G. and Réhault, J.-P. (2007) Messinian events in the Black Sea: Evidence of a Messinian erosional surface. Mar. Geol. 244: 142–165.

Gillet, S. and Geissert, F. (1971) La faune de mollusques du Pontien de Trilophos (SW de Thessaloniki). Ann. Géol. Pays Hellén. 23: 123–164.

Gliozzi, E., Ceci, M.A., Grossi, F. and Ligios S. (2007) Paratethyan Ostracods immigrants in Italy during the Late Miocene. Geobios 40: 325–337.

Hsü, K.J., Cita, M.B. and Ryan, W.B.F. (1973) The origin of the Mediterranean evaporites. In: Ryan W.B.F., Hsü K.J. (eds.) Leg 13, Init. Rep. Deep Sea Drill. Proj. 13, 2: 1203–1231.

Kooesterboer-van Hoeve, M.L., Steenbrink, J. and Brinkhius, H. (2001) A short-term cooling event, 4.205 million years ago, in the ptolemais Basin, northern Greece. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 173: 61–73.

Lourens, L., Hilgen, F.J., Laskar, J., Shackleton, N.J. and Wilson, D. (2004) The Neogene Period. In: Gradstein F., Ogg J., Smith A. (eds.) A Geologic Time Scale, Cambridge Univ. Press, pp. 409–440.

Marinescu F. (1992) Les bioprovinces de la Paratéthys et leurs relations. Paleontol. Evol. 24-25: 445–453.

Mărunţeanu, M. and Papaianopol, I. (1995) The connection between the Dacic and Mediterranean Basins based on calcareous nannoplankton assemblages. Rom. J. Stratigraphy 76, 7: 169–170.

Mărunţeanu, M. and Papaianopol, I. (1998) Mediterranean calcareous nannoplankton in the Dacic Basin. Rom. J. Stratigraphy 78: 115–121.

Popescu, S.-M. (2006) Late Miocene and early Pliocene environments in the southwestern Black Sea region from high-resolution palynology of DSDP Site 380A (Leg 42B). Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 238, 1-4: 64–77.

Popescu, S.-M., Dalesme, F., Jouannic, G., Escarguel, G., Head, M.J., Melinte-Dobrinescu, M.C., Sütő-Szentai, M., Bakrac, K., Clauzon, G. and Suc, J.-P. (2008) *Galeacysta etrusca* complex, dinoflagellate cyst marker of Paratethyan influxes into the Mediterranean Sea before and after the peak of the Messinian Salinity Crisis. Palynology in press.

Popov, S.V., Shcherba, I.G., Ilyna, L.B., Nevesskaya, L.A., Paramonova, N.P., Khondkarian, S.O. and Magyar I. (2006) Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 238: 91–106.

Raffi, I., Backman, J., Fornaciari, E., Pälike, H., Rio, D., Lourens, L. and Hilgen, F. (2006) A review of calcareous nannofossil astrobiochronology encompassing the past 25 million years. Quat. Sci. Rev. 25: 3113–3137.

Rögl F. and Steininger F.F. (1983). Vom Zerfall der Tethys zu Mediterran uns Paratethys. Die neogene Paläogeographie und Palinspastik des zirkul-mediterranen Raumes. Annales Naturhisorische Museum Wien 85, A: 135–163.

Savoye, B. and Piper, D.J.W. (1991) The Messinian event on the margin of the Mediterranean Sea in the Nice arc, southern France. Mar. geol. 97: 279–304.

Snel, E., Mărunţeanu, M., Macaleţ, R., Meulenkamp, J.E. and Van Vugt N. (2006) Late Miocene to Early Pliocene chronostratigraphic framework for the Dacic Basin, Romania. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 238: 107–124.

Sprovieri, M. Ribera D'Alcalà, M., Manta, D.S., Bellanca, A., Taberner Hernandez, C., Neri, R., Pueyo, J.J. and Lirer, F. (accepted) Ba/Ca evolution in water masses of the Mediterranean late Neogene. Paleoceanography.

Steenbrink, J., Hilgen, F.J., Krijgsman, W., Wijbrans, J.R. and Meulenkamp, J.E. (2006) Late Miocene to early Pliocene depositional history of the intramontane Florina—Ptolemais–Servia basin, NW Greece: Interplay between orbital forcing and tectonics. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol. 238: 151–178.

Stoica, M., Lazăr, I., Vasiliev, I. and Krijgsman, W. (2007) Mollusc assemblages of the Pontian and Dacian deposits from the Topolog-Argeş area (southern Carpathian foredeep – Romania). Geobios 40, 3: 391–405.

Syrides, G. (1998) paratethyan molluscs faunas from the Neogene of Macedonia and Thrace, Northern Greece. Rom. J. Stratigraphy 78: 171–180.

Zagorchev, I. (2007) Late Cenozoic development of the Strouma and Mesta fluviolacustrine systems, SW Bulgaria and northern Greece. Quat. Sci. Rev. 26: 2783–2800.

ГЕНЕЗА И ЛИТОСТРАТИГРАФИЈА НА НЕОГЕНСКИТЕ И ПЛЕИСТОЦЕНСКИТЕ БАСЕНИ ВО МАКЕДОНИЈА

[1]Никола Думурџанов, , [2] Тодор Серафимовски, [3]B. Clark Burchfiel

[1]Никола Думурџанов, Бул. Видое Смилевски Бато 75/3-18,1000 Скопје, Македонија,
nika@unet.com.mk
[2] Рударско-геолошки факултет, Гоце Делчев 89, 2 000 Штип, Македонија,
seraft@rgf.ugd.edu.mk
[3] Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachussetts Institute of Technology, Cambridge, Massachussett 02139, USA

Абстракт: Неотектонските движења во Македонија отпочнале на крајот од долен миоцен и во периодот среден миоцен-плеистоцен се образувани голем број грабени во кои се вршела езерсдка неогенска и квартерна седиментација. Формирањето на грабените се одвивало во повеќе фази од кои најважни се 5 циклуси: баден-почеток на горен сармат, горен сармат-меот, горен меот-понт, плиоцен, плеистоцен. Секој од циклусите претставувал фаза на создавање на нови грабени и прошиеување на постојните. Миоценската седиемнтна маса е развиена со различни литостратиграфски фоемации, кои во некои од басените се палеонтолошки документирани со слатководна макрофауна, макрофлора, мамалиа и дијатомеи..

Клучни зборови: генеза, литостратиграфија, неоген-плеистоценски басени, Македонија.

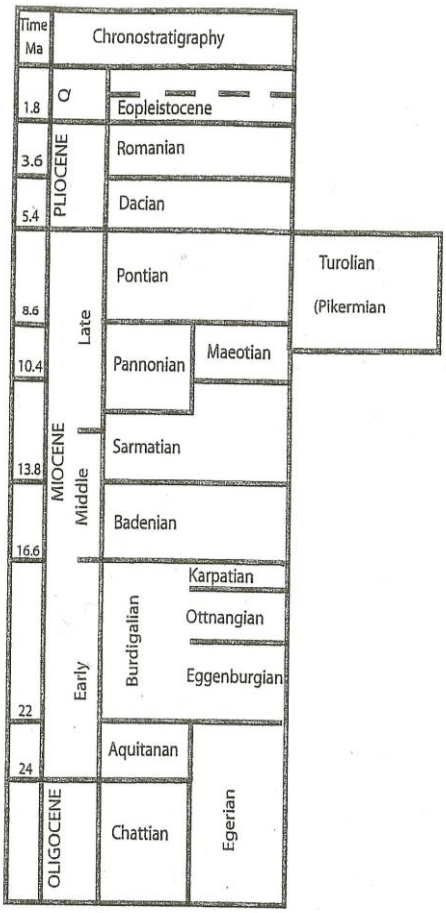
ВОВЕД

Првите геолошки инфромации за постоењето на терциерни седименти во Македонија потекнуваат од Boue A. Ami (1836,1840) и Viquesnel A. (1842). Подоцна Burgerstein L. (1877) од Скопскиот басен ги опишал првите слатководни миоценски полжави. Значаен придонес во проучувањето на неогенстеите сединмнти дале и Жујовиќ J (1891), Павловиќ П. (19о1, 1902, 1926), Цвијиќ J. (1906, 1911), потоа Schlosser M. (1921) кој за прв пат од Велешко опишал степски тип на пикермиска фауна и Ласкарев В. (1921, 1937, 1952) кој ја проучувал пикермиската фауна во Велешко и мастодонтите во Скопско. Особен придонес во изучувањето на фосилните цицачи од неогенско-квартерна старост во Македонија дал Гаревски Р. (1956, 1960, 1969, 1976, 1983, 1985, 1989, 1990). Палеонтолошки проучувања на неогенот во Македонија вршеле и Pax. F. (1921) кој ја опишал првата фосилна листна флора од Скопско, Петковиќ К. (1936), Пантиќ Н. (1956, 1973-78) и др.

Значаен придонес во проучвањата на неотектонските процеси и неогенот во Македонија дале Арсовски М. (1975, 1997), Петковски Р. (1976, 1990) и Јанчевски (1987), Андреевски Б. (1988) и др. Во поглед на решавање на стратиграфијата и литостратиграфијата на неогенот и квартерот и нивното распространение во Македонија најголемо значење имаат проучувањата во рамките на изработката на Основната Геолошка Карта на СФРЈ во мерка 1:100 000 со Толкувачи. Во текот на реализацијата на овој проект (1962-1980) при стратиграфското расчленување и интерпретацијата на староста на неогенските наслаги не е земена во предвид новата геохронолошка поделба на неогенот (Братислава, 1975) како и ревизијата на некои видови фосили кои порано се сметале за плиоцеснки а сега им се дава горно миоценска старост. Расчленувањето на неогенските седименти преку ОГК 1:100 000 е вршено според старата геохронологија на неогенот, поради што на одделните листови и во толкувачите многу од басените се прикажани како плиоценски иако во најголем дел седиметните маси се од миоценска, односно од миоценска и плиоценска старост. Во поново време,

обиди за редефинирање на стратиграфијата на неогенските басени се направени од Думурџанов Н. (1995), Dumurxanov et al. (1997, 1999). Најнови литостратиграфски и тектонски истражувања на неогенско-квартерните басени во Македонија вршеле Dumurdzanov et al. (2004, 2005) и Burchfiel B. C. et al. (2006), а испитувања на фосилната микро и макро флора Ognjanova-Rumenova N. (2000,2001, 2005) и Mihajlovic Dj., Lazarevic Z.(2004).

Резултатите изнесени во овој труд претставуваат синтеза на податоци од картите и толкувачите за ОГК, на податоци од нашите истражувања во последните 15 години, како и податоци од палеонтолошките испитувања на неогенот и квартерот вршени од повеќе истражувачи. Прикажаната литостратиграфија на басените е изработена врз основа на откриени природни профили и од податоци добиени со разни наменски истражувања со плитки и длабински дупчења. На сл. 1 е прикажана хроностратиграфијата на неогенот користена во трудот.



Сл. 1: Хроностратиграфија на неогенот користена во текстот.

Fig.1: Chronostratigraphy of the Neogene used in the text

ТЕКТОНСКА ЕВОЛУЦИЈА НА ТЕРЕНИТЕ И ГЕНЕЗА НА НЕОГЕНСКИТЕ И КВАРТЕРНИТЕ БАСЕНИ

Кенозоиската тектонската еволуција на терените во Македонија е претставена со режим на екстензија во еоцен-долен олигоцен и екстензија во неоген што трае до денес, кои меѓусебно биле издвоени со пиринејската и савската фаза на компресија.

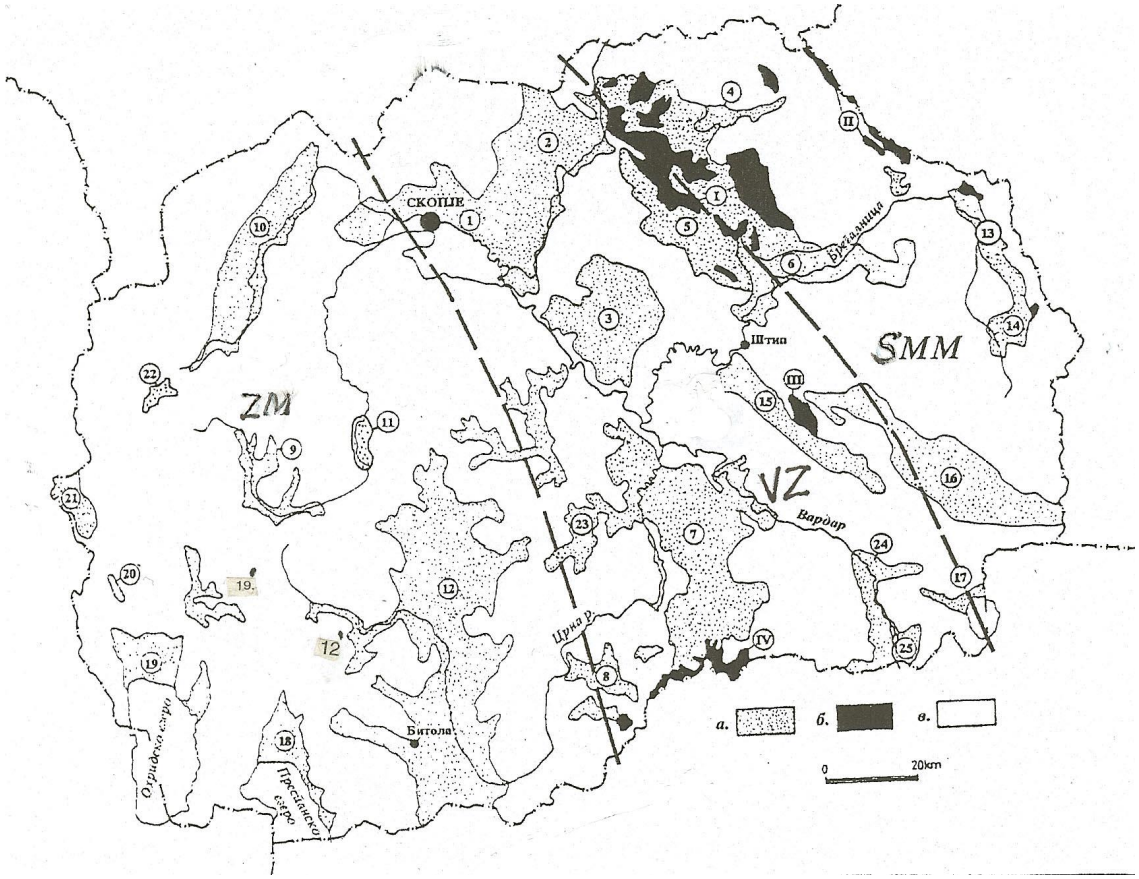
Во поширокиот централнобалкански регион палеогенската екстензија и придружните басени почнала да се јавуваат на крајот од среден и почетрокот на горен еоцен. Во Македонија палеогенските басени се формирале главно во Вардарската зона и на просторот од Српско-македонската маса во кои се акумулирале моласни седименти од горно еоценско-олигоценска старост со максимална дебелина 3500-4000 m. После савската фаза на компресија теренот бил зафатен со пенепленизација која траела до крајот на долен миоцен.

Неогенските екстензиони деформации почнале на крајот од долен и почетокот на среден миоцен (Арсовски и др. 1975) што се потврдува и со наслагите од средно миоценска старост развиени во Скопскиот, Кумановскиот и Пробиштипскиот грабен. Оваа екстензија во Македонија е тесно

поврзана со широко распространетите екстензиони деформации во централниот Балкански Полуостров (Zagorchev I., 1992, Burchfiel et al., 2000). Екстензијата е истовремена со широко активниот долно до средно миоценски вулканизам во Српско-македонскиот масив и источните делови на Вардарската зона кој претставува континуитет на палеогенскиот вулканизам.

Неогенската екстензија била наложена врз главните геотектонски единици во Македонија и границите на неогенските грабени не ги следат границите на овие геотектонски единици и многу од нив се лоцирани в натре во единиците.

Според нашите истражувања гравитационите раседни структури кои условиле дислоцирање на терените и формирање на грабените, временски се одвивале во повеќе етапи и со различен интензитет. Почнувајќи од крајот на долен миоцен тектонската мобилност на терените се карактеризирала со периоди на интензивна и намалена подвижност. Особено интензивни биле движењата во горен миоцен и во плиоцен. кога е создаден најголемиот број од грабените. Со движењата, од кои некои траат до денес, на нашата територија биле образувани 27 грабени со сочувани слатководни езерски седименти (сл. 2).



Сл. 2: Реликти од неогенско-квартерните басени во Македонија (шематизирано):а - езерски неогенско-квартерни басени: 1-Скопски, 2-Кумановски, 3-Велешки, 4-Славишки, 5-Пробиштипски, 6-Кочански, 7-Тиквешки, 8-Мариовски, 9-Кичевски, 10-Полошки, 11-Поречки, 12-Пелагониски, 12′-Демирхисарски 13-Делчевско-пехчевски, 14-Беровски, 15-Лакавички, 16-Струмички, 17-Дојрански,18-Преспански, 19-Охридски, 19′-Дебарца, 20-Пискуштински, 21Дебарски, 22-Мавровски, 23-Раечки, 24-Валандовски, 25-Гевгелиски; б-вулкански комплекси: I-Кратовско-злетовски, II-Тораница-Саса-Делчево-Пехчево, III-Бучим-Дамјан-Боров Дол, IV-Кожуф; в-морфоструктури на издигање. ZM- Западномакедонска област (Пелагонски масив, Западномакедонска и Цукали Краста зона), VZ-Вардарска зона, SMM-Српско-македонски масив.

Fig. 2: Relics of the Neogene-Quaternary basins of Macedonia: a-limnic sediments:1-Skopje, 2-Kumanovo, 3-Veles, 4-Slaviski,5-Probistip,6-Kumanovo, 7-Tikves, 8-Mariovo, 9-Kicevo,10-Polog,, 11-Porecje, 12-Pelagonian, 12′-Demir Hisar, 13-Delcevo-pehcevo, 14-Berovo, 15-Lakavica, 16-Strumica, 17-Dojran,18-Prespa, 19-Ohrid, 19′-Debarca, 20-Piskupstina, 21-Debar, 22-Mavrovo, 23-Raec, 24- Valandovo, 25-Gevgelija; б-volcanic complexes: I-Kratovo-Zletovo, II- Toranica-Sasa-Delcevo-Pehcevo, III-Bucim-Damjan-Borov Dol, IV-Kozuf-Mariovo; в-morphostructures of uplifting. ZM-Western Macedonian Area (Pelagonian massif, Western Macedonian and Cukali Krasta zone), VZ-Vardar zone, SMM – Serbian-Macedonian massif.

Во поглед на тектонската дефинираност, механизмот на движењето по раседите и обликот на потонатите терени на територијата на Македонија се застапени некоклку типови на басени. Така многу од басените претставуваат типични грабени, повеќе или помалку ограничени со паралелни нормални раседи од двете страни. Од овој тип се Скопскиот, Полошкиот, Преспанскиот, Охридскиот, Пискупштинскиот, Дебарскиот, Делчевско-пехчевскиот, Струмичкиот, Лакавичкиот, Пелагонискиот, а до некаде и Кумановскиот.

Грабените Пробиштипски, Кочански и Валандовски се формирани со нормални раседи по кои движењето се одвивало вертикално а делумно и хоризонтално. Кај овие грабени, генерално со З-И ориентација, сите во источна Македонија, нивната јужна граница е дефинирана со нормални раседи изразито маркантни во рељефот и наклонети кон југ, додека северната граница е делумно изразена со расед или не изразена и можат да се сметаат за полуграбени.

Велешкиот, Тиквешкиот, Мариовскиот, Раечкиот, Поречкиот, Кичевскиот и Дебарца басенот се со неправилен облик и со својата негативна форма во рељефот наликуваат на речни долини, чие тонење е контролирано главно со гравитациони раседи кои ги ограничуваат од западната страна.

Дојранскиот басен има ромбоидна форма, а Славишкиот и Мавровскиот басен лежат вдолж регионалниот лев хоризонтален расед Ќустендил-Крива Паланка-Скопје-Дебар-Елбасан.

Неотектонските движења кои почнале на крајот од долен-почеток на среден миоцен условиле полициклична неогенска седиментација во централниот дел од Балканот и истата за прв пат е дискутирана од Kujumdgieva E. (1987) и Zagorchev I. (1992) за Бугарија, Dermitzakis M. (1990) за Грција, а во Македонија од Dumurdzanov N. (1995,). Врз основа на проучувањето на литостратиграфијата, палеонтолошките податоци и староста на придружниот вулканизам, Dumurdzanov et al. (2004) во образувањето на неогенско-квартерните басени издвоиле 5 циклуси: I-циклус баден-почеток на горен сармат, II-циклус горен сармат-меот, III-циклус горен меот-понт (туролиен), IV-циклус плиоцен,V-циклус плеистоцен.

Секој од циклусите претставувал нова фаза во создавањето на грабените и слатководните езера или проширување на истите или обновување на езерската акумулација после претходниот хијатус. Меѓу некои од циклусите постоел делимичен или целосен хијатус во седиментацијата поради што доаѓало до делумно или целосно пресушување на басените и создавање дискордантна граница меѓу седиментните маси од одделните циклуси. Особено изразена дискордантна положба се јавува меѓу седиментните маси од I и II и меѓу III и IV циклус, манифестирано со остра замена на секвенциите од пелитско-ситнозрнест материјал од постариот циклус со натрупувања на грубокластичен пролувијално-алувијален материјал од чакали, песоци од помладиот циклус или со паралелна дискорданција кога помлада седиментна маса лежи врз различни стратиграфски нивоа од постариот циклус.

Во **баден-почеток на горен сармат** (I циклус) се создадени Скопскиот, Кумановскиот, Пробиштипскиот, Кочанскиот а многу веројатно и Славишкиот басен, со гравитациони

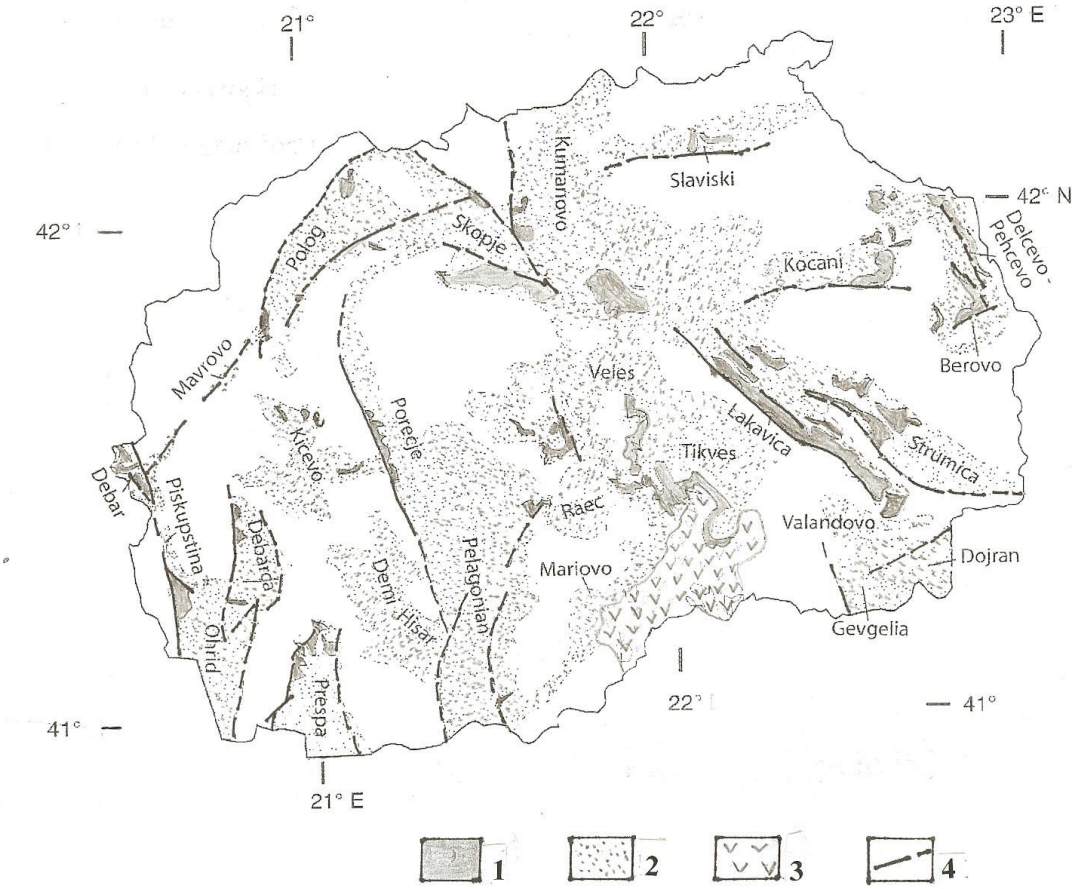
раседи од З-И и СЗ-ЈИ протегање. Во првите три басена најстарите седименти се од среден миоцен документирано со фосили од макрофлора, од остракоди и средно миоценската старост на интрастратифицираниот вулкански материјал во Кумановскиот, Славишкиот, Пробиштипскиот и Кочанскиот басен. Со оглед на големата дебелина на миоценската маса во Пелагонискиот и Струмичкиот грабен можно е дека и овие почнале да се формираат во првиот циклус.

За време **горен сармат-меот** (II циклус) дошло до интензивирање на вертикалните движења по постојните и ново формираните раседи претежно од СЗ-ЈИ а послабо и З-И правец, и создавање на нови грабени вклучувајќи го Пелагонискиот и Струмичкиот, Полошкиот, Велешкиот, Тиквешкиот, Мариовскиот, Кичевскиот, Пискупштинскиот, Делчевско-пехчевскиот и Беровскиот, додека Скопскиот и Кумановскиот се проширале а во Славишкиот, Пробиштипскиот и Кочанскиот се натрупувал главно вулкански материјал. Староста на седиментите во некои од басените е одредена со фосилни остатоци од цицачи, полжави, школки и макро и микро флора и изотопската старост на вулканскиот стратифициран материјал. Генерално се смета дека за време на меот постоела поволна влажна и топла клима за создавање на јагленови слоеви во медитеранските басени па и во повеќето од нашите.

Горен меот-понт (III циклус*).* Со засилувањето на тектонски движења во овој период дошло до проширување на Скопскиот, Полошкиот, Кумановскиот, Велешкиот, Тиквешкиот, Мариовскиот и Пелагонискиот и до поврзување меѓу некои од нив. Како ново формирани тектонски депресии, со гравитациони раседи од С-Ј до СЗ-ЈИ правец се создадени Преспанскиот, Охридскиот, Дебарца, Дебарскиот и Дојранскиот грабен. И во ново образуваните и во проширените басени седиментацијата почнала со чакалесто-песоклив материјал, постепено заменет со песокливо-алевритски и глиновит материјал.

Во **Плиоцен** (IV циклус*)* како нови грабени се јавуваат Лакавичкиот, Гевгелискиот, Поречкиот, Мавровскиот. Врз основа на реликтните остатоци од седиментите и сочуваните највисоки езерски тераси (760-800 m) од плиоценска старост, веројатно во овој циклус дошло и до најголемо распространение на езерата и нивно меѓусебно поврзување (сл. 3) и преку Пелагонискоото езеро и езерата во северна Грција поврзување со Егејскоото море. Исклучок од тоа биле Дојранскоото и Гевгелискоото кои имале свој коридор на истекување и Преспанскоото, Охридскоото, Дебарца, Пискупштина и Дебар, кои припагале на Јадранскиот слив.

Во постојните и ново формираните басени плиоценскиот материјал е претежно од чакали и песоци со поретки појави на алеврити и суглини, најчесто со каракетристична сива или жолтеникаво-кафена боја. Истите дискордантно лежат преку горно миоценските наслаги, на пример, во Скопскиот басен кај Катлановo плиоценскиот чакалесто-песоклив материјал лежи врз различни стратиграфски нивоа од горен миоцен, а на места и преку јагленовите слоеви. Во Тиквешкиот и Мариовскиот басен преку грубокластичните секвенции се јавува стратифициран плиоценски вулкански материјал. Присуството на палеонтолошки материјал во седиментите од плиоценскиот циклус е релативно скромно, со исклучок на Мариовскиот, каде во дијатомитите се одредени типични плиоценски видови од дијатомеи и Тиквешкиот и Кумановскиот каде во бигорливи плочи се одредени плиоценски фосили. Во Мариовскиорт и Тиквешкиот басен плиоценската старост е потврдена и со староста на интрастратифицираните вулканити.



Сл. 3: Распространение на седиментните и вулканските карпи од IV циклус (Плиоцен):1-рецентни изданоци на седиментни карпи, 2-веројатно распространение на седиментните карпи за време на максималниот развој на плиоценските езера, 3-вулкански карпи, 4-активни раседи во плиоцен (по Dumurdznov et al., 2005).

Fig. 3: Distribution of sedimentary and volcanic rocks of cycle IV (Pliocene): 1-actual outcrops of sedimentary rocks, 2-possible extent of sedimentary rocks, 3-volcanic rocks, 4-main active faults during the Pliocene (by Dumurdzanov et al.,2005).

Плеистоцен (ц*иклус* V). За време квартерниот период централниот Балкан бил под режим на екстензија и како резултат на тоа се одвивало интензивно гравитационо раседнување. Во такви услови се интензивирало тонењето на Егејското Море а нашите терени биле зафатени со општ тренд на издигање. По обновени и ново создадени раседи терените релативно брзо се издигале, што условувало истекување на езерските води кон Егејското море и некогашните широко распространети езерски површини биле претворени во котлини со локални езерски површини, по чии периферии се зголемила речната мрежа и ерозивната дејност на теренитe. Со делумното повлекување на езерските води од Скопското и другите кон Тиквешкото езеро, веројатно во најгорен плиоцен-најдолен плеистоцен почнале да се формираат коритата на Вардар, Треска, Лепенец и Пчиња и други реки. Најверојатно во долен плеистоцен била пробиена и браната од јурските варовници и габробазалти кај Демир Капија на Тиквешкото езеро, со што почнало да се опформува

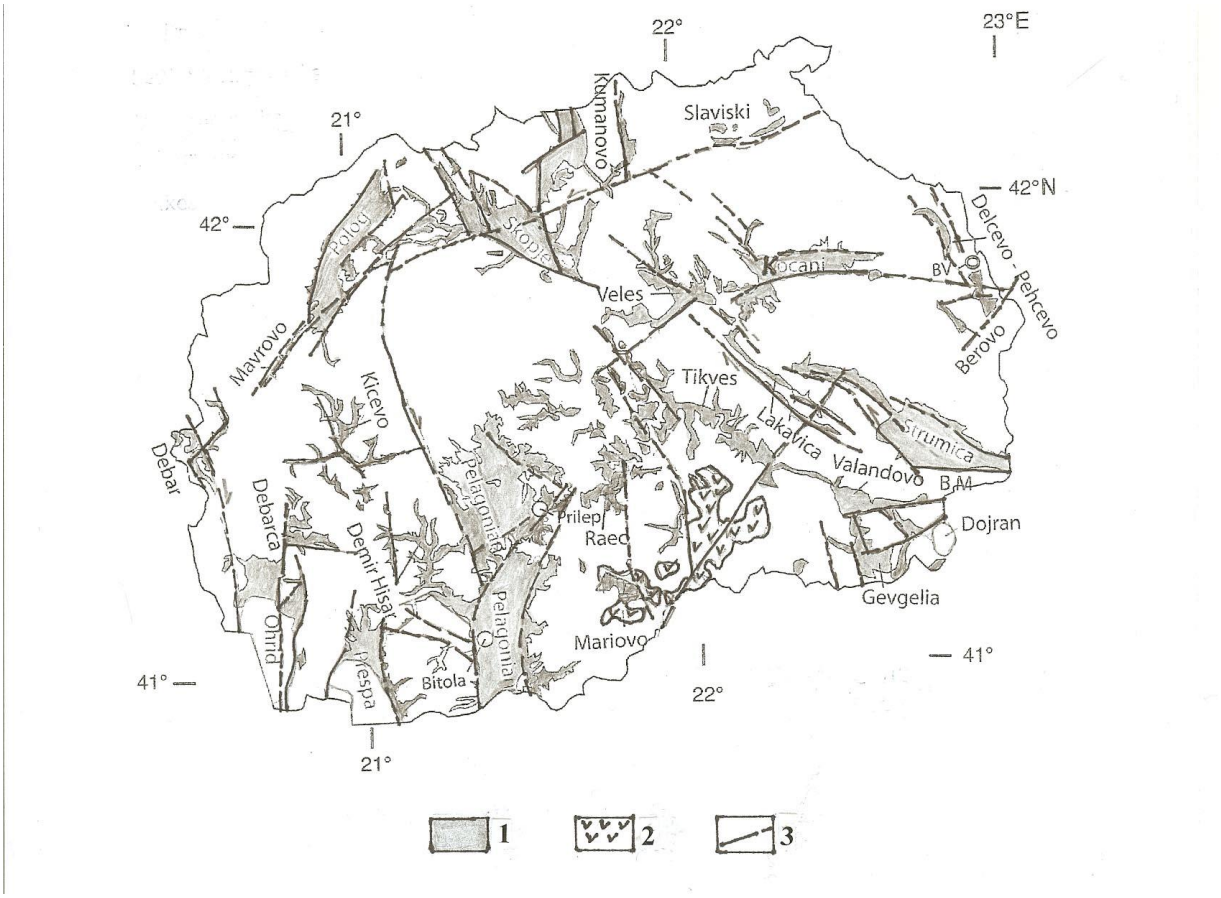
дефинитивното корито на Вардар до Егесјкото море. Потоа, постепеното повлекување на езерските води од сливот на Вардар предизвикало интензивна ерозија на езерските седименти во сите котлини, кои припаѓале на некогашното централно македонско езеро и другите кои биле поврзани со него. Повлекувањето е маркирано со повеќе ерозивни тераси развиени пред се во Тиквешката и Скопската котлина.

Општиот тренд на издигање на терените имало влијание и на истекување на водите и од езерата на Дримската зона. Се формирала реката Црн Дрим со што значително се намалиле површините на Преспанското и Охридското езеро и водите се повлекле кон хорстот Галичица каде се јавуваат најинтензивни диференцијални издигања. Водите од Дебарца, Пискупштинското, Дебарското и Мавровското езеро сосема се повлекле. Слична била ситуацијата и со Струмичкото езеро чии води се повлекле кон Егејското море и останала само мочуришна површина, како и со водите од големото Дојранско езеро, од кое останало само еден мал дел.

Во овој циклус некои од постарите раседи биле активирани, а се појавиле и ново формирани со доминантен правец С-Ј, СИ-ЈЗ и И-З, кои и денес се активни. По некои од нив се врши лево или десно хоризонтално поместување на блоковите (раседите: Дебар-Скопје-Ќустендил, Македонски Брод-Самоков, Лакавица-Богословец, Беласички) сл. 4.

Како оформени нови грабени во плеистоцен се јавуваат Демирхисарскиот, Валандовскиот, Гевгелискиот и Раечкиот а интензивно тонење се вршело во Лакавичкиот и Скопскиот грабен каде квартерните седименти достигнуваат дебелина до 100 м.

Седименти од квартерна старост се широко распространети на територијата на Македонија. Во најголем дел од котлините тие ги покриваат неогенските наслојки или се развиени на падините на околните планини. Во котлините се таложеле алувијални, пролувијални, бигор и езерско-барски наслаги. Некои од мочуришните предели се претварале во нови мали езера, на пример, Катлановското, некои мочуришта во Пелагониската котлина, Дебарца, Моноспитовското и др. Општиот тренд на издигање на терените во содејство со климатските промени условило да се формираат глацијални наслаги на широк простор. Разновидните сочувани морфолошки облици на високите планини (валови, циркови, морени, леднички езера и др.), јасно укажуваат, дека на сите наши планински масиви, над 1200-1 500 m височина била развиена глацијација (Солунска Глава-Мокра Гора, Стогово-Караорман, Кораб-Шарпланина, Пелистер и др.). Развој на плеистоценска глацијација е потврдена и со палеонтолошките истражувања на Garevski (1969 и др.) кој на повеќе локалности (Макаровец, Javorec, Орешани, Бродско и др.) пронашол и одредил фосилни остатоци од *Ursus spelaeus, Canis lupus, Vulpes Frisch, Crocuta spelaea, Panthera spelaea, Panthera pardus, Mammontheus primigenius, Equus caballus, Bovidae,* мамалска асоцијација од Рис-Вирмската интерглацијација и Вирмската глацијација.



Сл. 4: Распространение на седиментни и вулкански карпи од V циклус - плеистоцен: 1-современи изданоци на седименти; 2- вулкански карпи; 3-активни раседи. (Преземено од Dumurdzanov et al. 2005).

Fig. 4: Distribution of sedimentary and volcanic rocksof cycle V-Pleistocene: The actual outcrops of sedimentary rocks; 2-volcanic rocks; 3-active faults. (by Dumurdzanov et al.,2005).

ГЛАВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КЕНОЗОИСКИЕ ВУЛКАНИТИ

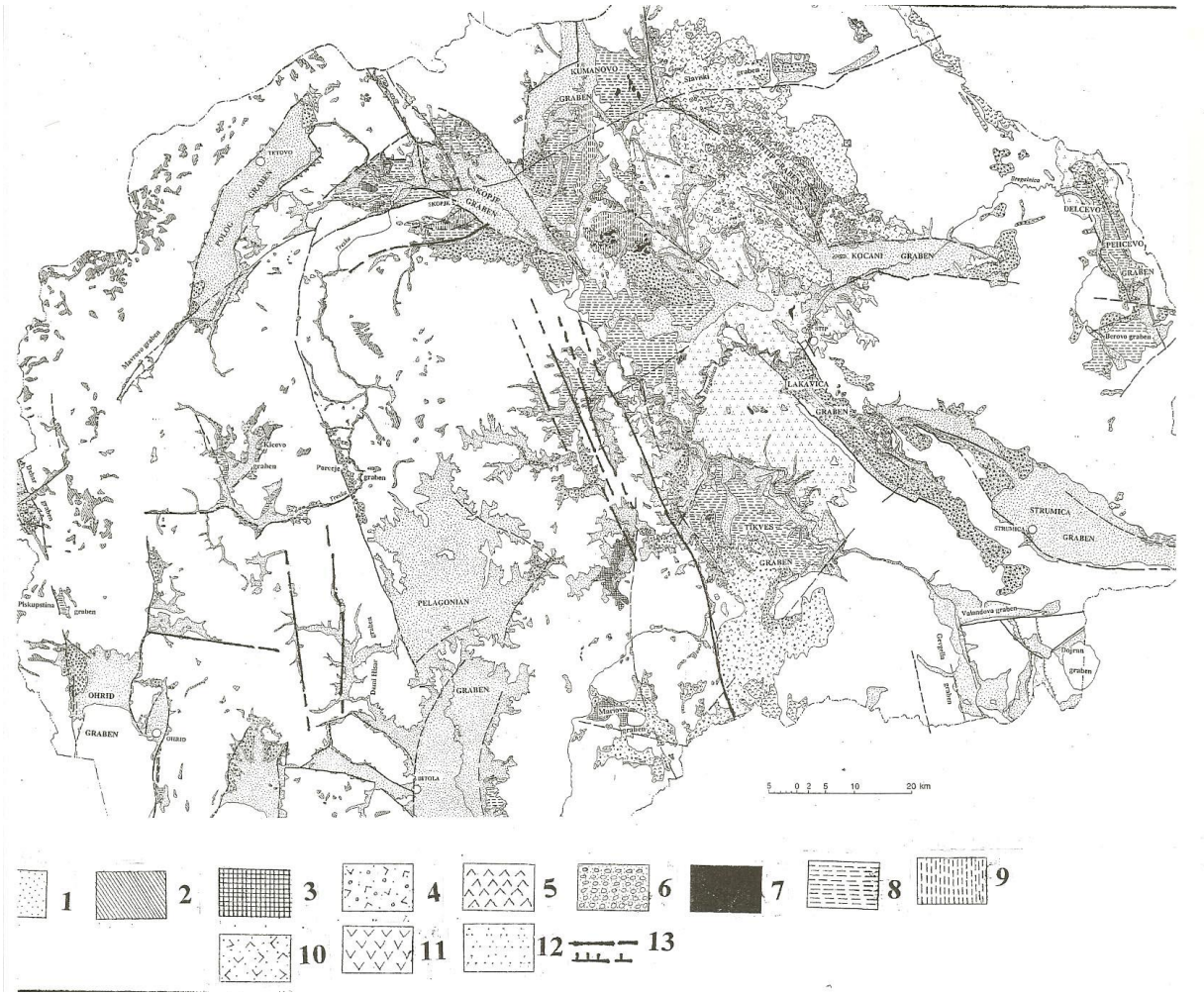
Кенозоискиот вилканизам се одвивал истовремено со екстензионите деформации во Вардарската зона и Српско-македонскиот масив. Староста на одделните фази на вулканската активност и присуството на продукти во некои од басените многу е важно и за одредување на староста на неогенските седименти. Најстарите вулкански карпи се јавуваат во појасот Делчево-Пехчево (Буковик-Кадиица)-Двориште-Штука-Иловица, каде за дацитите и риодацитите од Кадиица (на Бугарска територија) е добиена 35-25 Ма. Вулканитите од Бучим-Дамјан-Боров Дол имаат старост од 29.±3 - 24.7±2 Ма а од областа Кратово-Злетово 32-29±2 Ма до 16±2 Ма (Карамата и др., 1992). Во зоната Бесна Кобила-Тораница-Саса (вулканити од Голема Река и Козја Река) изотопската старост е 25±3-14±3 Ма. (Карамата и др., 1992). Најстарите вулкански продукти во Делчевско (кај с. Звегор) и Кратовско-Злетовско се пробиени или се сменуваат со горно олигоценски седименти а преку нив се развиени средно миоценски седименти кои ја претставуваат горната граница на овој вулканизам. Вулканските карпи се од андезитски, латитски, кварцлатитски и дацит-риодацитски состав, поретко од трахитски и рилолитски состав (Карамата и др., 1992). Вулканизмот се одвивал во неколку фази и неговите продукти се претставени со

субвулкански тела, лавински маси и со широко распространети пирокластити.
Помлада вулканска област од андезит, латит, кварцлатит е распространета на планините Кожуф и Кајмакчалан-Мариово. Според податоците од изотопските испитувања (K/Ar) вулканизмот отпочнал во најгорен миоцен и континуирано се одвивал се до најдолен плеистоцен (Boev, 1988, 6.5±0.2 - 1.8±0.1 Ma, и Kolios et al.,1980, 4±0,2-1.8 Ma).

Покрај интермедиарниот вулканизам во погоре наведените области, само на просторот на Вардарската зона се одвивал и вулканизам на алкални базалти, посилно изразен во Кумановскиот неогенски басен а послабо во Скопскиот , Велешкиот, Лакавичкиот. Изотопската старост (K/Ar) на базалтите од Ежово Брдо (Штипско) е 5±0..5 Ma, од Старонагоричанските (Кумановско) 8-8.5 Ma, а од Курешничка краста 9.5±0.2 Ma.

ЛИТОСТРАТИГРАФИЈА НА БАСЕНИТЕ

Полицикличното создавање на басените имало влијание и врз разноликоста на нивната литостратиграфија. Така во почетната фаза на секој од 5 циклуси силните вертикални движења манифестирани со брзо издигање на хорстовите условувале и интензивна ерозија и акумулација на грубокластичен материјал од чакали или слабо врзани конгломерати и песоци во езерската средина. Во некои од басените, каде околните хорстови континуирано брзо се издигале во текот на целиот II и III циклус во басените се таложел претежно чакалесто-песоклив материјал (Струмички, Полошки и Пелагониски басен). За разлика од тоа во Скопскиот, Кумановскиот и во Кочанскиот басен, во првиот циклус после почетното таложење на чакали и песоци условите биле заменети со континуирано мирно тонење на басените и седиментација на ситнозрнест до глиновит и лапоровит материјал во текот на целото време и во трите басена се формирани дебели наслојки на глиновито-лапоровити седименти.
Каратеристично е, исто така, дека во текопт на III циклус - во меот-понт, постоеле многу слични седиментациони услови и топла и влажна клима. Тоа условило поголемиот дел од езерата да се претварат во мочуришта со бујна тревеста и дрвенеста вегетација од која биле создадени хоризонти со јагленови (лигнитни) слоеви. Таквиот развој особено карактеристичен бил во Пелагонискиот, Мариовскиот, во Кичевскиот, во Тиквешкиот, во Скопскиот, Делчевскоевско-пехчевскиот, Беровскиот, Пискупштонскиот и Преспанскиот басен во кои се развиени јагленви слоеви.
Распространението на неогенско-квартерните седименти и вулкански карпи се прикажани на сл. 5. Картата е изработена со податоци од ОГК 1:100 000, од нашите теренските проучувања на откриени профили и од податоци од истражните дупчења вршени за јаглан, за води и за други намени. Врз основа на нашите истражувања во седиментните маси на басените се издвоени литолошки формации што претставуваат литостратиграфски нивоа во развојот на басените. Во натамошниот текст истите се прикажани текстуално и во графичките столбови на сл. 6 и 7.



Сл. 5: Кенозоиски седиментни и вулкански карпи во Македонија. Квартер: 1- алувијални, пролувијални и езерски седименти, 2-глацијални седименти, 3-бигрови; Плиоцен-Квартер: 4-вулканогено-седиментни карпи (конгломерати, туф, агломерати, песоци и травертини); Плиоцен: 5-вулкански карпи (кварцлатит, латит, андезит и др. Кожуф-Мариово), 6-чакали, песоци, алеврити; Миоцен: 7-алкални базалти, 8-горно миоценски слатководни седименти, 9-средно миоценски слатководни седименти; Олигоцен-Миоцен: 10-пирокластични седименти (игнимбрити, вулкански бречи и туфови), 11-вулкански карпи (андезити, латити, кварцлатити, дацити и др.); Горен Еоцен-Олигоцен: базални гонгломерати, флишоидни и флишни седименти; 13-раседни структури (преземено од Dumurdzanov et al.,2004).

Fig. 5: Cenozoic sedimentary and volcanic rocks of Macedonia: Quaternary: 1-alluvial, prolluvial and limnic sediments, 2-glacial sediments, 3- travertine deposits; Pliocene-Quarternary: 4-volcano-sedimentary rocks (conglomerate, aglomerate, tuff, sandstone, travertine); Pliocene: 5-volcanic rocks (quartzlatite, latite andesite etc. Kozuf-Mariovo). 6-gravel, sand, silt; Miocene-Pliocene: 7-calcalkaline basalts; Miocene: 8-Late Miocene freshwater sediments, 9-Middle Miocene freshwater sediments; Oligocene-Miocene: 10-pyroclastic rocks (ignimbrite, breccia and tuff), 11-volcanic rocks (andesite, latite, quartz latite, dacite etc.); Late Eocene-Oligocene: 12-basal conglomerates, flyschoidal and flysch sediments. 13-faults.(by Dumurdzanov et al., 2004).

Скопскиот грабен (сл. 6, столб 1) почнал да се формира во I циклус и Според податоците од откриените профили и длабинските дупчотини (ИБ-СКГ-1 1655 m длабока а ИБ-СКГ-4 2000 m) и гравиметриските испитувања, вкупната дебелина на неогенот и квартерот изнесува од 2 200-2 300 m.

Неогенот е развиен во 3 главни формации со повеќе единици:

Усје формацијата **(UsF)** е најстара и формирана во баден-сармат. Во најголем

дел е покриена со помлади наслојки, а делумно е откриена во тектонски издигнатиот блок кај копот на цементарницата Усје и е пресечена со двете длабински дупчотини. Истата почнува со базални чакали-конгломерати дебели 50-100 m, преку кои е развиена единица дебела до 1 300-1 350 m (во ИБ СКГ-1) од лапорци, лапориовити глинци и помалку застапени глиновити песоци, песочници и ретки просојки од јаглен. Палеонтолошки делумно е документирана со *Lymnea (Galba) sp.?, Planorbarius ex.gr.corneus, Bythinia operculumi* и други фосили кои би одговарале на баден (во Dumurdzanov&Krstic, 1999).

Нерези формацијата **(NeF)** во отворени профили е откриена кај селото Нерези и во продолжение кон селата Кондово-Свиларе-Семениште, потоа меѓу селата Сопот-Ракотинци-Солње, на јужните падини на Скопска Црна Гора и други места. Името на формацијата е дадено поради првата одредба на *Mastodon* во потокот Мали Мост (Нерези) во наслагите на тогашнииот рудник за јаглен (Ласкарев, 1933, 1937). Формацијата е создадена во II циклус (горен сармат-меот), дебела е до околу 530 m и наместа лежи трансгресивно преку палеорељефот. Генерализирано, истата е изградена од 3 суперпозициони единици:

а) единица на чакали, песоци и алеврити дебела до 250 m;

б) Алеврит-лапоровито-јагленосна единица дебела до 130 m. Јагленови слоеви со помала дебелина и мало распространение во повеќе нивоа на единицата се констатирани кај Нерези, Горно Свилари, Булачани, Семениште а подетално се истражувани кај Катланово, каде се констатирани и најголеми резерви. Покрај *Mastodon angustidens Cuv. vardarica* и *Mastodon angustidens Cuv. F. subtapiroides,* сурлаши пронајдени кај Нерези, во единицата се одредени и горно миоценски видови на полжави *Prososthenia Suessi n. sp., Prososthenia crassa n. sp., Prososthenia nodosa n. sp., Prososthenia reticulata n. sp., Neritina Neumayri n. sp., Melania macedonica n. sp.* (Burgerstein, 1877), од Pavlovic (1901, 1926 ,1930) *Prososthenia burgersteini, P. bouei* и др. а од Темкова В. *Theodoxus neumayri burgersteini*. Од лапорци-лапоровити глини од с. Сопот и други локалности од Скопско, Рах (1922) детерминирал листна фосилна флора од горен миоцен *Glyptostrobus europeus, Sequoia langsdorfi, Myrica lignitum, M. hakeaefolia, M. oeningensis, Castanea atavia, Fagus attenuata, Cassia zephyri, Robinia subcordata, Ailanthus dryandroides, Celastrus elaenus, Acer trilobatum, A. sp., Rhamnus rossmaessleri, Rhododendron sp., Quercus pseudocastanea, Cinnamomum polymorphum* и др.

в) песокливо-алевритска единица, дебела до 150 m, добро откриена на Скопското Кале и други локалности. Во истата единица кај железарницата "Скопје" Гаревски (1985) одреди *Gomphoterium angustidens* од туролиенска старост.

Солње формацијата **(SoF)** е од плиоценска старост и почнала да се таложи после подолг хијатус, заради што таа лежи врз различни стратиграфски хоризонти и литолошки единици, а кај Катланово и преку јагленоснатa единица од Нерези формацијата. Составена е главно од чакали и песоци, ретко со глиновити прослојки со дебелина до 150 м. Истата карактеристично е развиена на подрачјето на селата Солње-Батинци-Љубаш, но и кај Катланово и други места, додека во внатрешните делови од Скопската Котлина е еродирана. Грубокластичниот материјал е со сива и сивокфеава до кафеавоцрвеникава боја што е карактеристчно за неа во сите басени каде е развиена. Староста е одредена со корелација.

Плеистоценскиот циклус (V циклус) е претставен со глациофлувијални наслаги на повисоките предели од околните планини, со травертински плочи 10-20 m дебели кај Свиларе, Кучково, Матка, Бојанци, на Скопска Црна Гора. Тие наместа лежат преку Солње формацијата а најчесто се дискордантно развиени над горно миоценските наслаги. Во внатрешните делови од Скопскиот грабен плеистоценските седименти се

дебели 60-100 m и претставени се од алувилано-пролувијални чакали песоци и песокливи глини и глациофлувијални црвеникави песокливи глини. Во селото Орешани во бунар ископан во плеистоценска речна тераса (240 - 250 m) се пронајдени остатоци од *Mammontheus primigenius,* а од други локалности *Equus caballus, Bovidae* и др. претставници на животинските асоцијации од рис-вирмската интерглацијација и вирмската глацијација (Гаревски Р.).

Кумановскиот грабен (сл. 6, столб 2) почнал да се формира во I циклус и бил поврзан со Скопскиот , Пробиштипскиот а подоцна и со Велешкиот басен. И овде се развиени 3 формации во неогенот:

Усје формацијата **(UsF)** е слична со истата во Скопскиот басен, но овде е дебела до 400 m и содржи и бентонитски глини. На локалноста Студена Бара во неа се одредени остракоди *Eucypris sp., Candona aff.pokornyi, Candona sp.*(Карајовановиќ и др., 1976).

Старонагоричанска формација **(SnF)**, дебела околу 330 m и создавана во II и III, делумно е откриена и делумно позната од дупчотини. Во неа се издвојуваат 2 единици:

а)-долна единица на стратифицирани андезити, латити и туф, генетски поврзани со активноста на вулканизмот во Кратовско-злетовската област, со дебелина 150m.

б)-горна единица на песоци, глиновити песоци, глини и алеврити, во горните нивоа со излиени плочи од алкални базалти со вкупна дбелина до 180 m. Во Кумановско, кај Старо Нагоричани за базалтите е одредена старост од 8-8.5 Ma (Boev et al., 2001)

Солње формацијата **(SoF)** е дебела до 150 m. Изградена е од чакали и песоци, кои локално лежат врз базалтните плочи, а преку нив се развиени бигорливи плочи со *Lymnea peregra, L. stagnalis, Planorbarius corneus* што укажува на горно плиоценска до плеистоценска старост (Карајовановиќ и др., 1976).

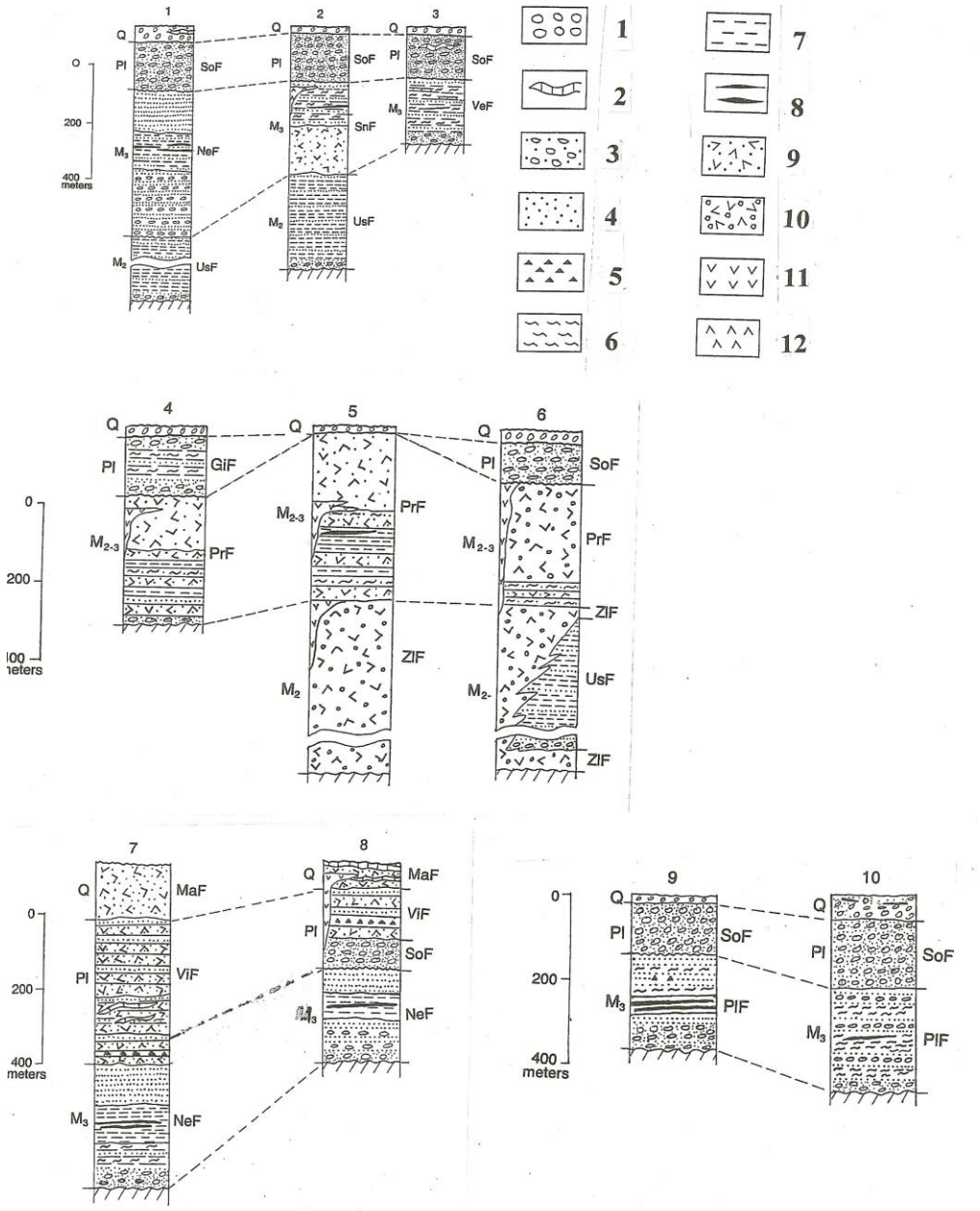
Квартерните седименти **(Q)** се застапени локално со алувијално-пролувијални седименти и травертински плочи со мала дебелина.

Велешкиот грабен (сл. 6, ст. 3) има неправилна форма и рељеф што укажува на постоење на басен во кој се спојувале повеќе речни долини. Тоа го потврдува и делтоидниот карактер на седиментите кои се јавуваат во овој грабен. Конструирана дебелина на седиментната маса изнесуву 330-350 m и неогенот е составен од 2 основни формации: Велешка и Солње.

Велешката формација **(VeF)** е создавана во II и III циклус. Составена е од песоци, чакали, песокливи глини и глини со дебелина 200-250 m. Во горните стотина метри на локалностите Превалец, Брца, Белушка, Умин Дол и Караслари, во делтоидни песокливо-глиновити седименти, со локални бигорски плочи е одреден степски тип од мамалска фауна со туролиенска старост. Од страна на Schlosser (1921), Ласкарев (1921,1937), Гаревски (1956,1960, 1967, 1985, 1990), се одредени *Mesopithecus pentelici*, *M. sp., Ictitherium robustum, Machiorodus orientalis, Microstonix major, Hipparion gracile, Rhinoceros Schleiermacheri, Tragocerus amaltheus, Gazella deperdita*, *Gazella brevicornis, Protragelaphus Skouzesi, Dicerhinus orientalis, Tetralophodon longirostris, Helladotherium duvrnoi, Palaeoreas lindermayeri, Ictitherium hipparionum, Cameleoopardalis parva, Dinotherium giganteum,Xystrix primigenia, Symocion primigenius, Chalicotherium gollfussi, Aceratherium incisivum, Hipparion matthewei, H. proboscodeum, H. gromova* и др.

Солње формацијата **(SoF)** е претставена со чакалесто-песокливви наслојки со дебелина 100-150 m. Староеста е одредена со корелација.

Квартерните седименти **(Q)** се претставени со алувијално-пролувијални седименти, со пеоскливо-бигорливи наслаги во југозападниот дел и со глациофлувијални во горниот дел на долината на реката Бабуна. Од пештерата Макаровец покрај реката Бабуна, Велешко, од Гаревски (1969) се одредени плеистоценски видови на цицачи *Ursus spelaeus, Canis lupus, Vulpes Frisch, Crocuta spelaea, Panthera spelaea, Panthera pardus* и др.



Сл.6: Стратиграфски столбови на неогенско-плеистоценските басени: 1-Скопски, 2-Кумановски, 3-Велешки, 4- Славишки, 5-Пробиштип, 6-Кочански,7-Тиквешки, 8-Мариовски, 9-Кичевски, 10-Полошки. Легенда на литолошките знаци: 1-квартерни алувијални, пролувијални и езерски седименти, 2-травертин, 3-чакали,
конгломерати, песоци, 4-песоци, алевролити, 5-дијатомити, 6-глини, 7-лапорци, лапорести глини, 8-јагленови слоеви, 9-андезит-латитски и кварцлатитски туф, 10-игнимбрити, вулкански бречи и лави, 11-андезити, латити, кварцлатити, 12-алкални базалти.

Fig. 6: Stratigraphic sectios of the Neogene-Pleistocene basins: 1-Skopj, 2-Kumanovo, 3-Veles, 5-Slaviski, 6-Probistip, 6-Kocani, 7-Tikves, 8-Mariovo, 9-Kicevo, 10-Polog. Legend for stratigraphic sections: 1-Quaternary alluvial, prolluvial and
limnic sediments, 2-travertine, 3-gravel, conglomerate and sanstone, 4-sandstoen and silstone, 5-diatomite, 6-claystone, 7-
marl, marly claystone, 8-coal seams, 9-andesite-latite and quartzlatite tuff, 10-ignimbrite, volcanic breccia and lava, 11-
andesite, latite and quartzlatite, 12-alkaline basalts.

Славишкиот грабен (сл. 6, ст. 4) е лоциран на активниот расед Ќустендил-Крива Паланка-Скопје-Дебар. Претпоставена вкупна дебелина на масата до 500 m. Грабенот веројатно почнал да се формира во I циклус а акумулација на материјал се вршело и во II и III циклус. Во неогенот се издвојуваат 2 формации.

Пробиштипската формација **(PrF)** се претпоставува дека е дебела до 330 m и е од средно и горно миоценска старост. Претставена е од а) базална единица на лапорци, глини, туф и песоци 200 m дебела и б) горна единица од туф од андезитски, латитски и кварцлатитски состав, дебела до 130 m.

Гиновци формацијата **(GiF)** е од плиоценска старост составена од чакали, песоци во погорните нивоа со слоеви од бентонити , алеврити и нечисти глини развиени преку вулканската единица.

Квартерот **(Q)** е присутен со аллувијално-пролувијален материјал развиен по долините на реките.

Пробиштипскиот грабен (сл. 6, ст.5) е развиен во контактните делови на Вардарската зона со Српско-македонскиот масив. Околу 1 100 m дебелата маса е изградена од 2 формации:

Злетовската формација **(ZlF)** го претставува долното ниво од грабенот и составена е од игнимбрити, вулкански бречи, токови на лава, со дебелина до околу 800 m. Староста е горно олигоценска-миоценска.

Пробиштипската формација **(PrF)** е погорно ниво со дебелина до 300 m и составена од 2 единици:

а)-долна единица од стратифицирани туфови, песоци, глинци, лапоровити глинци, и во најгорните 50 m се развиени битуминозни глинци, алеврити и јагленови слоеви. За лапоровитите глинци е одредена средно миоценска макрофлора *Salix angusta, Myrica lignitum, Salix longa, Pinus hepion.*

б)- горна единица изградена од стратифициран андезитски туф покриен со андезитски бречи и 10-25 m дебела плоча од травертин со *Planorbis corneus, P. species, Lymneuscf. Pereger, L. cf. Stagnalis.* Со дебели натрупувања од пирокластичен материјал во среден-горен миоцен завршува животот на Пробиштипското езеро и во плиоцен воденатa средина била пресушена.

Кочански грабен (сл. 6, ст. 6). Неогенеската седиментна маса во најголем дел е покриена со квартерни наслаги и литостратиграфијата е проучувана главно врз податоци од длабинските дупчотини на геотермални води од кои најдлабоката достигнала до 1 100 m. Грабенот почнал да се формира во среден миоцен (I циклус) и во акумулираната маса се издвојуваат 4 формациии:

Злетовска формација **(ZlF)** наталожена е само во деловите од грабенот кои биле близки кон вулканските центри и составена е од игнимбрити, лави на дацити, на андезити и латити.

Усје формацијата **(UsF)** е истовремено таложена со Злетовската формација во поодалечените делови од вулканите. Не е откриена на површина а во некои од длабинските дупчотини (кај с. Крупиште) истата е пресечена со дебелина од околу 580 m. Староста е претпоставена врз основа на староста на вулканитите.

Пробиштипската формација **(PrF)** е дебела околу 280 m и претставена е од а)-единица на туф и глинци, околу 80 m дебела и б)-погорна единица од андезитски бречи, туф и лави од андезити, латити и кварцлатити, дебела околу 230 m.

Солње формацијата-плиоцен- **(SoF)** е откриена во периферните делови на грабенот, особено спрема Плачковица и во источните делови (Виничко) и е дебела100 m.

Квартерните седименти **(Q)** се развиени со речни и пролувијални наслаги со мала дебелина по долината на Брегалница во котлината и на падините на Плачковица., а на места се јавуваат и бигрови плочи.

Тиквешкиот грабен (сл. 6, ст. 7) почнал да се создава во II циклус и изграден е од 600-700 m дебела миоценско- плиоценска серија расчленета во 3 суперпозициони формации:

Нерези формацијата **(NeF)** е слична со истата во Скопскиот и другите басени и составена е од:

а)-базална единица, од конгломерати-чакали, песоци, алевролити и кафеави глини, 140 м дебели, преку кои лежат 100 m дебели наслојки од песоци и шарени глини, со не одредена старост;

б)-средна единица, јагленосно-лапоровита, дебела околу 100 m и составена од сиви глини, јагленови глини, јагленови слоеви (јагленов хоризонт дебел до 27 m), а преку лежат 40-50 m дебели наслојки од лапорци. Во јагленовите слоеви се одредени *Ilyocypris* и *Hungarocypri,* со веројатна горно миоценска старост;

в) - горна единица, 120 m дебела, од песоци, алевролити и алевритски глини во кои се одредени *Hipparion mathewei, H. probscideum, H. verae* (Forsten&Garevski,1989) од туролиенска старост.

Витачево формацијата (ViF) е вулканогено-седиментна формација дебела околу 350-400 m, развиена преку горно миоценската единица (в). Истата се расчленува на ниво со веројатна миоценска старост (III циклус) и погорно ниво со плиоценска старост:

1- наслојките од подолното ниво, суперпозиционо се претставени со туфити, слој од чист бел дијатомит дебел о,6-0,8 m, откриен на локалностите Овча Река, с. Вешје, Барово, Долни Дисан, и агломерати, кои се горно миоценски со оглед на фактот дека во непосредната подина и во дијатомитите кај селото Барово се пронајдени туролиенски хипариони и *Mastodon (Anancus) arvenensis* (Garevski, 1976). Во дијатомитите на локалноста Овча Река е констатирана и богата, но еднообразна дијатомејска флора, со масовно присуство на видот *Aulacoseira italica* (Ehr.) Sim и придружници со видови од родовите *Cocconeis, Pinnularia, Gomphonem,. Navicula,* како и видот *Fragilaria nitida* Herib, опишан од горно миоценските седименти од областа Сантал, Франција.

2 - преку агломератите кои лежат врз дијатомитите се развиени, песоци, потоа врз нив 3-6 m дебела бигорска плоча со плиоценски *Planorbis corneus, Lymneus cf. stagnalis, Lymneus cf. (Gulinaria) treger, Bythinia tentaculata.* Преку лежат 30 m дебели жолти песоци а преку нив бигорска плоча 30 m дебела. Најгоре повторно се развиени агломерати.

Мариовската формација **(MaF)** е претстаавена со бречо-конгломерати од вулкански материјал, агломерати, туф, вулкански бречи и локално травертини. Дебелината на формацијата до 250 m.

Мариовски грабен (сл. 6, ст. 8) е исполнет со мио-плиоценски и плеистоценски седименти и вулканити, со вкупна дебелина до 450 m.Миоценските наслојки по составот одговараат на ***Нерези формацијата*** (Dumurdzanov et al. 2004), дебела околу 250 m и изградена од:

а) - базална единица на чакали и песоци дебела до 120 m;

б) - јагленосно-лапоровита единица, околу 70 m дебела, составена од долу нагоре од алевролити и алевролитски глини, јагленови глини, јагленов слој дебел 6-15 m преку кој се развиени лапорци, лапоровити глини и алевролити со макрофлора *Taxodium distichum, Juglans acuminata, Castanea atavia, Quercus pseudocastanea (* во Думурџанов и др., 1976) и *Pinus hepios, Glyptostrobus europius, Ulmus cf. ruskovensis, U. species, Quercus cerisaecarpa, Q. sosnowski, Q. mediteranea, Q. species 2, Dictylophyllum sp.* со горно миоценска старост (Mihajlovic&Lazarevic, 2004) од надјагленовите слоеви кај мостот во селото Витолиште. Од истите слоеви се одредени и дијатомеи *Cyclotella iris* Brun&Herib со подвидови таксони - *C. iris var. integra, C. iris var. ovalis., C. iris var. cocconeiformis,* како и интересната *Cyclotella sp.* 1- масовен вид во горно миоценските седименти на Пелагонискиот басен (Ognjanova-

Rumenova, 2005). Послабо се среќаваат *Actinocyclus gorbunovii* (Sheshuk) и придружните видови *Malosira undulata* и *M. undulata var. normannii* Ariott, како и *Fragilaria leptostauron* (Ehr.) Hust - *F. leptostauron var. fossilis* (Pant.) Rehak *F. leptostauron var. rhomboides* (Grun.) Hust., *Diploneis carpathorum*. Асоцијацијата на дијатомеи ја одредува единицата за горно миоценска, но во најгорните нивоа на профилот се појавува масовност на *Cyclotella castracanei* Eulenst., чија присутност во седиментите на Пелагонискиот басен го означува почетокот на плиоцен.

в)-горна единица, од алевролити и слабо врзани песочници, дебала околу 60 m, во која од Петронијевиќ (1952) е одреден *Mastodon borsoni*, според Nikolov (1985) редефиниран како *Zygolophodon borsoni,* вид со меот-плиоценска старост.

Солње формацијата **(SoF)** 60-80 m дебела, од плиоценски кафеаво-црвеникави и жолтеникави заглинети чакали, чакалести песоци и песоци дискордантно лежи преку горно миоценската единица.

Витачево формацијата **(ViF)**, во Мариовскиот басен почнува со пирокластичен материјал (туф) развиен преку плиоценските кластични седименти, врз кој се јавува 50 m дебел хоризонт во кој се сменуваат слоеви и прослојки од песоци, чакал, дијатомејска земја, туф, песокливи глини и завршува со травертинска плоча, а преку него е развиена 80 дебела маса од туф и агломерати. Хоризонтот во кој се сменуваат дијатомити, псамити и туф е дебел од 5 до 30 m, при што најдебелиот слој од дијатомит достигнува до 7 m. Од овој хоризонт целосно исчезнуваат горно миоценските видови *Actinocyclus* и *Cyclotella,* а се појавуваат плиоценските *Tertiarius macedonicus* (Jurilj) Ognjan.-Rum. Масовни се *Stephanodiscus careonensis* Ehr и *S. carconensis var. pussilus* Grun. Во базата на профилот доминантни се некои *Fragelaria – F. brevistratiata* Grun., *F. construens* (Exp.) Grun., како и *Epithemia turgida (*Ehr.) Kutz, асоцијација која, исто така, ја определува плиоценската старост. Плиоценската старост е потврдена и со K/Ar изотопски мерења на вулканитите од Мариово од кои се добиени 4.0±0.2 - 1.8±0,1 Ma (Kolios et al.,1980).

Мариовската формација **(MaF),** дебела 60-70 m лежи најгоре и во неа се сменуваат неколку травертински плочи со пирокластичен материјал. Завршната травертинска плоча со површина од околу 20 km² и 2o m дебелина содржи школки од плио-плеистоценска старост.

Кичевскиот грабен (сл.6, ст. 9) има неправилна форма и разгранет е во неколку дела со рељеф на речни долини. Почнал да се образува во II циклус и со прекини егзистирал до крајот на плиоцен. Грабенот е исполнет со миоценско-плиоценски и квартерни седименти со вкупна дебелина до околу 330 m. Неогенот е претставен со:

Пелагониска формација **(PeF)** развиена со: а)-долна единица, 80 m дебела од пролувијално-алувијални чакали, песоци и песокливи глини;

б)-јагленосна единица дебела до 5o m, составена од јагленосни глини, алевролити и неколку слоја од јаглен;

в) - најгорна единица, дебела до 100 m, од алевролити и алевритични глини, во кои е пронајдена многу богата бентосна дијатомејска флора, со видови од родовите *Fragilaria, Eunotia, Tabelaria, Gomphonema,* а непосредно под најгорните јагленови слоеви често се јавува *Cyclotella radiosa var. plioacenica (*Krasske*)* Hak. и низа од видови познати само од фосилна состојба кои ја докажуваат горно миоценска старост на седиментите - *Tetracyclus japonicus (Petit), Tempera et Paragello, Navicula nadja, Cymbella dubravicensis* (Grun.)., (Ognjanova-Rumenova, 2000).

Плиоценската ***Солње формација*** **(SoF)** од чакали и песоци, до 100 m дебела лежи дискордантно преку горен миоцен, што укажува на постоење на делумен или целосен хијатус после горен миоцен.

Квартерот (Q) е застапен со плеистоценски глациофлувијални и алувијално-пролувијални седименти.

Полошки грабен (сл. 6, ст. 10). Според истражните дупчења и откриените профили дебелината на седиментната маса во грабенот е околу 470 m а по геофизичките податоци до 600 m.

Неогенот е развиен со: ***Пелагониска формација*** **(PlF)** дебела околу 240 m која почнува со базални чакали и песоци а продолжува со секвенци на песокливи глини, песоци и чакали, со многу слаб развој на јегленосниот хоризонт. Претпоставената горно миоценска старост е корелативна според литологијата со другите басени. Плиоценската ***Солње формација*** **(SoF)** е дебела до 130 m составена од чакали и песоци слично на другите басени. Палеонтолошки податоци за староста нема.

Квартерните седименти **(Q)** се претставени со дебели алувијално-пролувијални седименти особено во контактните делови со Шарпланина, но и во внатрешноста. Локално се развиени и тресетни наслаги (с. Јанче и др.) а на високите предели на Шарпланина се знатно распространети моренски и флувиоглацијални седименти. Кај с. Нераште се детерминирани остракоди *Candona ex..gr. neglecta, Candona ex. gr. Pafabaeformis.*

Поречкиот басен (сл. 7, ст. 11) претставува полуграбен формиран во плиоцен (!Vциклус) како северно продолжение на Пелагонискиот грабен со должина до 50 km и ширина 5-6 km. Седиментната маса е составена од чакали и песоци слабо промешани со суглини и одговара на ***Солње формацијата.***

Квартерот е претставен со плеистоценски моренски материјал на Песјак-Добра Вода и пролувијално-алувијален материја по течението на Треска. Гаревски има одредено остатоци од фосилни коски на цицачи од гинц-миндел периодот и пештерска асоцијација на цицачи *Ursus spelaeus, Canis lupus, Vulpes Frisch, Crocuta spelaea, Panthera spelaea, Panthera pardus* од рис-вирмската интерглацијација.

Пелагонискиот грабен (сл. 7, ст. 12) има С-Ј ориентација и должина околу 100 km (со делот воГрција) и ширина до 25 км. Неогенската маса на басенот е составена од миоценска и плиоценска серија, во Прилепскиот дел со вкупна дебелина 450-500 m, а во Битолскиот преку 800 m. Грабенот почнал да се формира како речна долина прво во јужниот дел а постепено се ширел кон север. Масата е составена од мио-плиоценски и квартерни седименти.

Пелагониската формација **(PlF)** претставува миоценската серија расчленета во 3 единици:

а) - базална единица во која се сменуваат слоеви и прослојки од чакал, песок, алевролитски песоци, песокливи глини, дебела до 500 m. Староста не определена, можна среден-горен миоцен;

б) - јагленосна единица, дебело развиена (до 110 m) вдолж источната периферија на Битолскиот дел од грабенот (Мојно-Суводол-Врањевци-Брод-Гнеотино-Живојно) со повеќе јагленови слоеви кои се сменуваат со јагленови глини и алевритски песоци и во нив кај селото Живојно во горните јагленови слоеви е пронајден *Tapirus priscus macedonica* (Ласкарев, 1950) од меотска старост. Главниот јагленов слој на потегот Суводол-Врањевци достигнува максимална дебелина до 58 m (денес во најголем дел исцрпен). Во Прилепскиот дел единицата е со значително помала дебелина и со истражни дупчења се констатирани јагленови хоризонти на повеќе маста на длабочина 110-180 m (с. Коњари, Врбјани др.)

(в) - горна единица претставена со дијатомејска земја со интрасериски преоди во алевролити и алевролитски глини (издвојувана како трепел), со вкупна дебелина на потегот Суводол-Гермијан од 70 m. Кон Прилепското поле таа е со значирелно со помала дебелина. На подрачјето Суводол-Врењевци во надјагленовите слоеви е определена многу богата и разноврсна дијатомејска флора. Според Ognjanova-Rumenova (2005) преовладуваат планктонските видови од

Centrophyceae и одредени се четири дијатомејски танатоценоси. Непосредно над јаглените се развиваат видови од родовите *Actinocyclus* и *Cyclotella.* Особено интересно е присуството на *Cyclotella elymea* и *Cyclotella iris* Brun& Herib., како и видовите *Actinocyclus – A. makarovae* (Temn.&Ognjan) и *Actinocyclus sp.*1 одреден во горно понтските седименти на Софија и Карлово басените, Бугарија.. Придружни се и видови од *Fragelaria: F. construens* (Ehr.) Grun., *F. construens f. venter* (Ehr.) Grun., *F. construens f. binodis* (Ehr.) Grun., *F. pinnata* Ehr., *F. heidenii* Ostrup. Во најгорните нивоа родот *Actinocyclus* наполно исчезнува, а родот *Cyclotella* ги менуваат количинските соодноси и се појавува масовно *Cyclotella castracanei* Eulenst што е доказ за преод кон долно плиоценска старост на седиментите (Ognjanova-Rumenova, 2001).

Горно миоценска (понтска) старост на трепелите е потврдена и со фосилна листна макрофлора од *Zelkova zelkovifolia, Quercus pseudocastanea, Alnus nanzelli* (Mihajlovic&Lazarevic, 2004).

Плиоценската ***Солње формација*** **(SoF)** во најголем дел е еродирана од внатрешните делови на грабенот и сочуваните чакали, песоци и алеврити- алевритични глини се дебели до 150 m.

Квартерот **(Q)** е претставен со глацијални наслаги на високите предели на Пелистер и дебели глациофлувијални натрупувања во ниските предели (во Битола до 80 m), како и со пролувијални и алувијални седименти во рамничарскиот дел со дебелина 5-30 m.

Делчевско-пехчевскиот и **Беровскиот басен** (сл. 7, ст,13 и 14) се типични грабенести структури, првиот формиран со гравитациони раседи од СЗ-ЈИ ориентација, а вториот со раседи од СИ-ЈЗ правец во II циклус. Остатоците од неогенски седименти на широк простор на Малешевските планини и Голак укажуваат на некогашно значително распространение на овие басени (рудник Брик-Берово, Бигла, Костиндол и др.). Двата грабена имаат многу слична литостратиграфија и се исполнети со горно миоценско-плиоценски седименти. Масата е претставена со:

Панчеревска формација **(PaF)** широко распространета во двата грабена, претставена од:

а)-базална единица на чакали, песоци и глини, 120-150 m дебела;

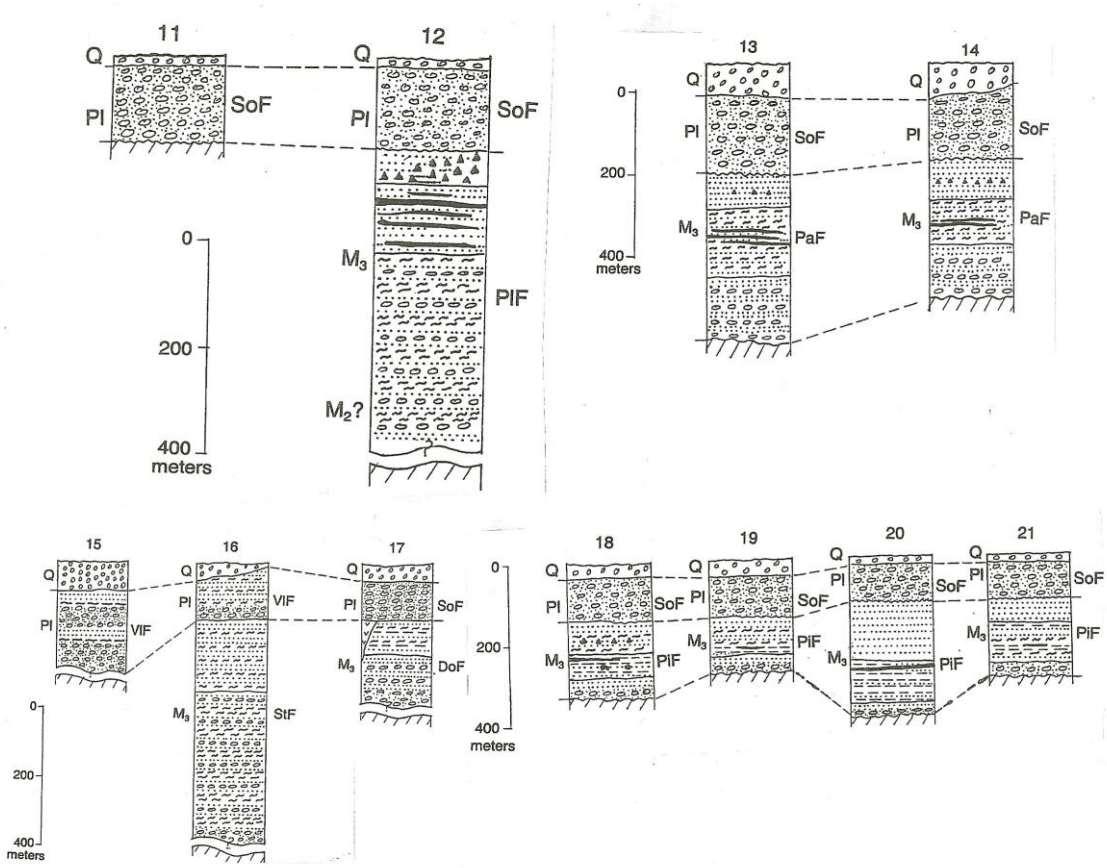
б)-јагленосна единица од алевролити, лапоровити глини, јагленови глини и неколку јагленови слоеви, која во Делчевско-пехчевскиот грабен меѓу Стамер-Звегор-Стар Истевник-Панчеревска Река со истражни дупчења е констатирана дебелина од 150 m на единицата со развиени 1-3 јагленосни хоризонти, од кои главниот (средниот) е со дебелина 10-25 m со слоеви до 6 m дебели. Во Беровскиот басен е со помала дебелина и во неа се развиени 1-2 јагленови слоја. Кај Стар Истевник над јагленовиот слој е пронајден заб од *Hipparion* од туролиенска старост, а кај селото Стамер е откриен богат фосилен материјал од мајмуни, мастодонт, жирафа, рис и др. кој е во фаза на детерминација;

в)-горна единица, дебела 60-100 m, составена од песоци, алевролити и глинци со дијатомејска земја. На локалноста Брестови е опробан профил со дијатомити и во базата на профилот се констатирани многу видови од родот *Actinocyclus – A. makarovae, Actinocyclus fungiformis* како и *Actinocyclus sp.*1, карактеристични за горно понтските седименти на Софијскиот и Карлово басенот, Бугарија. Придружен е *Aulacoseira ambigua* (Grun.) Sim. и *Eunotia polyglyphoides* Sheshuk., типични индекс видови за неогенските седименти на Балканот (Огнјанова-Руменова,2000);

Плиоценската серија **(*Солње формација*),** е дебела преку 150 m и во значителен дел е еродирана. Истата трансгресивно лежи преку миоценот и изградена е од чакали, песоци и суглини.

Квартерот **(Q)** е претставен со дебели наслаги (до 80 m) од езерски седименти на падините на планината Буковик и со алувијално-пролувијални седименти

развиени во долините на реките и во некои делови од котлината.



Сл. 7: Стратиграфски столбови на неогенско-плеистоценските басени: 11-Поречки, 12-Пелагониски, 13-Делчевско-пехчевски, 14-Беровски, 15-Лакавички, 16-Струмички, 17-Дојрански, 18-Преспански, 19- Охридски, 20- Пискупштински, 21-Дебарски.

Fig. 7: Stratigraphic sectios of the Neogene-Pleistocene basins: 11-Porecje, 12-Pelagonian, 33-Delcevo-Pehcevo, 14-Berovo, 15-Lakavica, 16-Strumica, 17-Dojran, 18-Prespa, 19-Ohrid, 20-Piskupstina, 21-Debar.

Лакавички, Струмички и **Дојрански грабен** (сл. 7, ст. 15, 16, 17). Лакавичкиот и Струмичкиот се типични двострани грабени со значително поизразен контраст од југозападната страна а Дојранскиот има ромбоидна форма.

Лаквичкиот грабен бил формиран во плиоцен и неговата маса е изградена од ***Владевци формацијата*** **(VLF),** дебела до околу 200 m i sostavena od ~akali i pesoci so proslojki od pesoklivi glini. Vrz e razviena ~akalesta masa debela do 100 m од квартерна старост.

Стримичкиот грабен опфаќа површина од околу 800 km² и е исполнет со дебела неогенско-квартерна маса. Според истражните дупчења на геотермални води масата е пресечена до 713 m (село Сарај), но гравиметриските истражувања вршени во котлината укажуваат на поголема длабина (до 2 000 m), што наведува на претпоставка дека грабенот најверојатно почнал да се формира во I циклус. Неогенската маса е составена од 2 формации:

Струмичката формација **(StF)** развиена со а)-долна единица, со засега утврдена дебелина од 400 m, во која низ целиот столб се сменуваат секвенции 10-20 m дебели изградени од чакали, од песоци и од глини. Староста не е одредена;

б)-горна единица дебела до 200 m изградена од песоци, алеврити и глини со преоди во жолти и сиви глини и

лапоровити глини. Претпоставена старост со корелација како горен миоцен.

Владевци формацијата **(VLF)** има карактеристична жолта до кафеаво-црвеникава боја и изградена е од чакали, песоци и песокливи глини со веројатна плиоценска старост и дебелина од 100 m.

Квартерот **(Q)** во внатрешноста на грабенот е од алувијално-делувијални седименти, кај Моноспитовското езеро од езерско-барски наслаги со дебелина до 20 m, додека во периферните делови со Беласица се развиени пролувијални натрупувања дебели 50-60 m.

Дојранскиот грабен најверојатно почнал да се формира во третиот циклус и се распространувал кон југ и север на широк простор. Седиментната маса е многу слабо откриена и податоците за составот се потпираат врз плитки истражни дупчотини а дебелината е претпоставена. Неогенската маса е претставена со: ***Дојранска формација*** **(DoF)**, изградена од а)-долна единица на чакали, песоци и песокливи глини, со претпоставена дебелина до 200 m, преку која лежи б)-горна единица на алеврити, глини и лапорци, делумно пресечена со дупчотини и дебела до 100 m, во која кај селото Прстен е пронајден и одреден *Machairodus aphaniostus* од туролиенска старост (Garevski, 1992).

Плиоценската ***Владевци формација (VLF)*** е позната од ретките изданоци и од неколкуте дупчотини вршени југозападно од езерото. Составена е од чакали, песоци и песокливи глини, слична на истата од Струмичкиот басен.

Квартерот (Q) е дебел 50-60 m и претставен е со езерско-барски чакали, песоци, глини, мил и др.

Преспански, Охридски, Пискупштински и Дебарски грабен (сл. 7. ст. 18,19,20,21). Припаѓаат во групата на Десаретските басени. Во сите басени неогенските седименти се делумно откриени а претпоставената дебелината е конструирана со комбинација на податоци од истражни дупчења и природните изданоци. Според составот, дебелината (350-380 m) и палеонтолошките наоди Преспанскиот и Пикупштинскиот грабен се многу слични и веројатно почнале да се формираат на крајот од вториот циклус, додека Охридскиот и Дебарскиот грабен се поплитки (250-300 m) и помлади и формирани се во третиот циклус.

Преспанскиот и Пискупштинскиот грабен се подлабоко откриени и во рамките на истражувањата на јагленот и питките води се испитувани со повеќе дупчотини. Поради тоа и литостратиграфијата на седиментната маса е подобро проучена. Имено, неогенската маса е претставена со една формација (Пискупштинска) од 3 единици и од плиоценска (Солње) формација.

Пискупштинаската формација (PiF) во Преспанскиоот грабен е развиена со а)-базални чакали и песоци (50 m дебели); б)-јагленосна единица (дебела 70 m) од алевролити, алевролитски и лапоровити глини и 1-2 јагленови слоја со дебелина на јагленовиот хоризонт до 15-20 m; в)-горна единица (до 8о m дебела) од алевролити и лапоровити глини со дијатомеи. Горната единица е откриена во тектонски издигнат блок меѓу селата Царина и Лесковец, во која е одреден дијатом *Aulacoseira–Aulacoseira aff. ceretana,* карактеристичен вид за понт - долен плиоцен (Ognjanova-Rumenova, 2000). Од истото стратиграфско ниво кај селото Лесковец од Пантиќ и др. (1973-78) е одредена листна фосилна макрофлора *Betula prisca, Caprinus grandis, Quercus atavia, Zelkova ungeri, Ulmus longifolia* и др.

Во Пискупштинскиот грабен оваа формација е претставена од: а)-базална единица на конгломерати и песочници, 30-40 m дебела; б)-јагленосна единица, во чии долни нивоа се јавуваат 90 m сиви алевролити и нечисти лапорци, а во најгорните 10m се јавува јагленов слој 3-10m дебел. Непосредно над јагленовото ниво е одреден планктонски вид на дијатомеи *Aulacoseira ambigua* и *Tertiarius cf. pygmaeus* (Pant.) кои се сметаат за горно миоценски; в)-горна единица, 140-150 m дебела од слабо врзани алевролити и песочници со флора *Alnus cf. adscendens (Goepert &*

Zastavniak-Walther), слична на понтската од Суводол-Битола (Михајловиќ Ѓ).

Во двата басена преку миоценската серија со аголна дискорданција лежи плиоценска ***(Солње)*** формацијата од чакали и песоци, до 13о m дебела во Пискупштинскиот и 100 m во Преспанскиот.

Квартерот **(Q)** во Пискупштинскиот грабен е еродиран а во Преспанскиот, надвор од воденатa средина е дебел 50-60 m и составен од чакали, песоци и езерско-барски наслаги.

Охридскиот грабен. Седиментната маса е слабо откриена и литостратиграфијата е позната од малкуте откриени профили главно на погорните стратиграфски нивоа и од неколку дупчотини, извршени надвор од воденатa средина. Претпоставена дебелина на седиментната маса е до околу 270 m. Откриени профили се јавуваат меѓу Струга-Лабуништа-Делогожди, кај селата Вапила, Љубаниште и во суб грабенот **Дебарца** (Сл. 1 бр. 19′) на просторот циглана Арбиново-Годивје. ***Пискупштинската формација*** е дебела околу 130 m и претставена е со а)-единица на базални чакали, песоци и алеврити, преку кои лежи б)-единица на алевролити, глини, лапоровити глини со локални тенки прослојки на јаглен. Плиоценската ***Солње формација*** е сочувана со песоци и чакали по периферијата на грабенот со дебелина до 120 m. ***Квартерот*** е дебел 50-60 m и составен од чакали, песоци, мил, а кај Струга и Белчиште и тресет и неколку травертински плочи во околината на село Велмеј.

Дебарскиот грабен е откриени претежно со плиоценско-квартерните нивоа во Дебарско Поле и кај с. Папрадник, а составот на горен миоцен литолошки е проучуван главно од неколку плитки дупчотини. Конструираната дебелина изнесува до околу 280 m а староста е претпоставена со корелација на формациите од Пискупштинскиот и Преспанскиот грабен. ***Пискупштинската формација*** е составена од а)-единица на базални чакали и песоци преку кои лежат алеврити и глиновити лапорци, со локални тенки прослојки од јаглен со вкупна дебелина до 130 m. Преку е развиена б)-единица на алеврити и песоци околу 60 m дебела. Плиоценската ***(Солње)*** формација е чакалесто-песоклива и дебела до стотина метри. ***Квартерот*** е застапен со алувијално-пролувијални и глациофлувијални седиемнти локално развиени и дебели до 20-40 m.

Покрај овие грабени, на крајот од плиоцен и во плеистоцен се создадени и дооформени **Мавровскиот, Демир-хисарскиот, Раечкиот, Гевгелискиот** и **Валандовскиот грабен** (сл. 1: 22, 12′, 23, 25, 26), каде дебелината на седиментната маса достигнува до 120 m. Од нив најдобро е откриен Раечкиот, чија седиемнтна маса е изградена од повеќе бигорски плочи издвоени со слоеви од бигорливи слабо врзани песочници а најгоре се развиени седиментни бречи. Во бигровите се јавуваат слатководни квартерни видови од лимнеус и планорбис.

ЛИТЕРАТУРА

Андреевски, Б., 1988: Економско-геолошке карактеристике угљених басена Републике Македоније. Докторска дисертациоја. Београд.

Арсовски, М., Петковски Р., 1975: Неотектоника на Социјалистичка Република Македонија.Универзитет Кирил и Методиј Скопје.

Арсовски, М., 1997: Тектоника на Македонија. Монографија, 1-306

Боев, Б., 1988: Петролошки, геохемиски и вулканолошки карактеристики на вулканските стени од Кожуф Планина. Докт. дисертација, РГФ Штип.

Boev., Yanev Y., 2001: Tertiary magmatism within the Republic of Macedonia: A review. Acta Volcanologica, v.13 (1-2), p.57-71, Pisa-Roma.

Burchfiel, C.B, King W.R., Todosev A., Kotzev V.,, Dumurdzanov N., Serafimo-

vski T.,Bilbil N., 2006: GPS results for Macedonia and its importance for the Southern Balkan extensional regim.

Boue, A.A., 1836: Resultats de la premiere turnee dans le nord et le centre de la Turquie d'Europe faite en partie en compagnie de M.M. de Montalembert et Viquesnel. Bull. Soc. Geol. de France, t.8, Paris.

Boue, A.A., 1840: Geologie de la Macedoine. Bull. Soc. Geol. de France, 11, Paris.

Burgerstein, L., 1877: Beitrag zur Kenntniss des jungetertieren Süsswasser-depots bei Uesqueb. Jahrbuch III. Heft der Kais. Kon.Geologischen Reichsanstalt.

Viquesnel, A., 1842: Jurnal de un voyage dans la Turquie d Europe. Mem. soc. geol. de France, 5, Paris.

Garevski, R., 1956: Neue Fundstelle der Pikermifauna in Mazedonien. Acta Mus.Maced. sc.nat. T.IV, No.4-35, Skopje.

Garevski, R., 1960: Neuer Fund von Mastodon in Diatomeen-schechten bei Barovo, Mazedonien. Fragm. Balcan. T. 16, Skopje.

Гаревски Р.,1969: Стратиграфско и палеонтолошко значење на плеистоценската фауна од пештерата Макаровец во клисурата на реката Бабуна во околината на Титов Велес. Posеb.izd. na PMM, 6, Skopje.

Garevski, R., 1976: Weiterer Beitrag zur Kenntnis der Pikermifauna Mazedoniens. Der Mastodonschädel Von der Umgebung des Dorfes Dolni Disan (Negotino). Пос. издание на Mus. Maced. Sc. Nat. No 7, Skopje.

Graevski, R., 1985: Die Mastodonreste aus Umgebung der stadt Skopje in Mazedonien. Zbornik Ivana Rakavca, XXVI, Ljubljana.

Dermitzakis, M., 1990: The evolution of the Aegeis. Geologica Balcanica, 20, 3, p.3-16, Sofia, Bulgaria.

Dumurdzanov, N., 1995: Lacustrine Neogene and Pleistocene in Macedonia. IGCP - 329, Neogene in the Paratethys, Proceedings of the Field Meet. Serbia.

Dumurdzanov, N., Krstic N., 1999: The Skopje Neogene basin in the Republic of Macedonia. Gelogica Macedonica, V. 13, p. 47-56.Stip.

Dumurdzanov, N., Krstic, N., Mihajlovic, Dj., Ognjanova-Rumenova, N.,Petrov G., 2003: New data on stratigraphy of the Neogene and Pleistocene in Mariovo, Macedonia. Geologica Macedonica, Vol. 17, pp. 43-52. Stip.

Dumurdzanov, N., Serafimovski, T., Burchfiel, C.B., 2004: Evolution of the Neogene-Pleistocene basins of Macedonia. Geological Soc.of America. DMC001,p.1-XX.

Dumurdzanov, N., Serafimovski, T., B.C. Burchfiel, 2005: Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. Geosphere, August 2005, v.1.no.1, p.1-22. Geol. Society of America.

Žujović, J., 1891: Gradnja za Geologiju Stare Srbije. Geološki anali Balk. Poluos. Knj. III,Beograd

Zagorchev, I., 1992: Neotectonics of the central parts of the Balkan Peninsula: basic features and concepts. Stuttgart, Geologische Pundschan v. 81. no 3, p. 635-654.

Јанчевски, Ј., 1987: Класификација на раседните структури по генеза, старост и морфолологија со осврт на нивната сеизмичност на територијата на Македонија. Докт. дисертација. Руд.-геолошки факултет Штип.

Карајовановиќ, М., Христов, С.,1976: Толкувач за ОГК на СФРЈ, лист Куманово, 1:100 000. Скопје.

Карамата, С., Стојанов, Р., Серафимовски,Т., Боев Б., Александров, М., 1992: Терцијарниот вулканизам во Динаридите, Вардарската зона и Српско-македонската маса: Geologica Macedonica, Т. 6, Nr.2, p.127-186.

Kolios, N., Inocenti, F.,Maneti, P., Peccerillo, Giuliani, O., 1980: The Pliocene volcanism of the Voras Mts.

Krstic, N., Dumurdzanov, N., 1996: Ostracodes of the Skopje Neogene. IGCP-329, Belgrade, Yugoslavia.

Kujumdgieva E., 1987: Evolution geodynamique du bassin Egeen pendant le Miocene superieur et ses Relations a la Paratethys Orientale. Sofia, Bulgaria, Geologica Balcanika, v.17, no.1, p. 3-14.

Laskarev, V., 1921: Sur la converte de la fauna de Pikermie pres de Veles (Serbie meridinale):Glasn. geogr.Drus.6, Beograd.

Ласкарев, В., 1923: О геолошким и геоморфолошким приликама места

наласка пикермиске фауне у околини Велеса. Анали Балк. Пол., Е.VIII, Београд.

Ласкарев, В., 1937: Mastodon angustidens Cuv. из околине Скопља и других места Југославије. Гласник Скопског научног друштва, књ.XVI, Скопље.

Ласкарев, В., 1950: Tapirus priscus Kaup. Var. macedonica из угљевитих слојева код села Живојно. Зборник радова САН, в.1, п.7-14. Београд.

Ognjanova-Rumenova N., 2000: Lacustrine diatom flora from Neogene basins on the Balkan Peninsula: preliminary biostratigraphical data. In: Witkowski A. & Sieminska J. (Eds.) The origin and early evolution of diatoms: fossil, molecular and biostratigraphical approaches. W. Szafer Institute of Botany PAS, Krakow, p. 137-143.

Ognjanova-Rumenova N., 2001: Neogene diatom assemblages from lacustrine sediments of FYROM (Macedonia) and their distribution in correlative formations of south-western Bulgaria. In: Economou - Amilli A. (Ed.) Proceedings of 16th Intern.Diatom.Sympos, Athens & Aegian Islands, 2000, Univers. of Athens, p. 423-432.

Ognjanova-Rumenova N., 2005: Upper Neogene siliceous microfossils from Pelagonian Basin (Balkan Peninsula). Geologica Carpathica, 56, 4, p. 347-358.

Павловић, П., 1901: О меланопсидним лапорима и сродним творевинама на Балканском Полуост рву. Просветни гласник, XXII/1: 449-458, Београд.

Павловић, П., 1926: Прилози за познавање терцијара у Србији. III. Гомбертска фауна у селу Булачанима под Скопском Црном Гором. Геол. Аналли Балк. Пол. Књ. VIII, св. 2, с. 87-90, Београд.

Павловић, П., 1930: О терцијарној фауни Скопске котлине и њеном односу према неколиким сродним у северној Србији. Глас СКА, 140, Београд.

ПантиЌ Н., 1956: Белешка за фосилните растителни остатоци од Пулиќ (Мариво). Трудови на Геол. завод-Скопје, 5, с.233-244. Скопје.

Пантиќ Н., Думурџанов, Н., Павловски, Б., 1973-78: Прилог кон запознавање на плиоценските седименти во Преспанската и Охридската котлина во Македонија (Југославија). Трудови Геол. завод Скопје, с.23-36., Скопје.

Pax, F., 1921: Die fossile Flora von Uesqueb in Mazedonien. Botanische Jahrbuchen f. Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Петковиќ, К., 1936: Попречни геолошки профил кроз неогене слоеве код села Нерези, недалеко Скопља. Геол. анал. Балк. Пол., XIII, Београд

Петковски, Р., 1976: Реконструкција на неоген-квартерните езера во Македонија. Зборник радова IV Југословенског симпозиума о хидрогеологии и инзжинерској геологиии. Књ. 1, Хидрогеологија. Скопје

Petronijevic, Z., 1952: *Mastodon borsoni hays* from Gradesnica in Macedonia. Glasn. Prir. Muz. Srp. Zem., 5, , p. 243-248, Belgrade.

Schlosser, M., 1921: Die Hipparionenfauna von Veles in Mazedonien. Abhandlung der Bayerischen Akademie der Wissenschafte, XXIX,Bd.4 Abhandlung, München.

Forsten,A.,Garevski,R.,1989: Hipparions (mammalia Perissodactyla) from Macedonia,Yugoslavia: Geol.Macedonica, v.3,no 2, p.159-206, Stip.

Цвијиќ, J., 1906: Основи за географију и геологију Македоније и Старе Србије. Књ. I и II, Београд.

Цвијиќ, J., 1924: Геоморфологија. Београд.

SUMMARY

ORIGIN AND LITHOSTRATIGRAPHY OF THE NEOGENE AND PLEISTOCENE BASINS OF MACEDONIA

[1]Nikola Dumurdzanov, [2] Todor Serafimovski, [3]B. Clark Burchfiel

[1]Nikola Dumurdzxanov, Bul. Vidoe Smilevski Bato 75/3-18,1000 Skopje, Macedonia,nika@unet.com.mk
[2] Rudarsko-geoloski fakultet, Goce Delcev 89, 2 000 Stip, Macedonia, seraft@rgf.ugd.edu.mk
[3] Department of Earth,Atmospheric and Planetary Sciences, Massachussetts Institute of Technology, Cambridge, Massachussett 02139, USA

The Noegene tectonic evolution and the forming of the first Neogene basins in Macedonia began at the end of Burdigalian and beginning of the Badenian time. From Badenian to Pleistocene time, it is possible several separate cycles of basin formation.. The main cycles can be divided into 5 ages : I- Badenian-late Sarmatian, II- late Sarmatian-Meotian, III- late Meotian-Pontian (Turollian), IV- Pliocene and V- Pleistocene (Dumurdzanov et al.,2004). During the first cycle, the Skopje, Kumanovo. Probistip, Kocani, and perhaps Slaviski, Pelagonian and Strumica were formed. During the second cycle, the existant grabens were widened and new grabens were formed; these include the Pelagonian, Strumica, Veles, Tikves, Mariovo, Delcevo-Pehcevo, Berovo, Polog, Kicevo and Piskupstina basins. During the third cycle the Prespa, Ohrid, Debar and Dojran basins were formed. Other grabens were initiated in the fourth and fifth cycles such as the Lakavica, Porecje, Raec, Gevgelija, Valandovo, Demir Hisar, etc grabens. The age of the sedimentary cycles and formation of the grabens were determined by many fossils of macro fauna and flora, such as the Pikermi mammalia fauna, diatom flora, and radiometric ages of the volcanic rocks, particularly pyroclastic rocks, that occur as stratified layers within Neogene sedimentary sections of the basins.The lithostratigraphy of the basins was studied in many exposed outcrops, as well as by using the data from the Regional Geological Map of Macedonia, 1:100 000, and from exploration drill holes. On the lithostratigraphic columns of the basins (fig. 6,7), the lithological composition for the Neogene-Quaternary sections and their formations are shown.

ПОЈАВИ НА ПИКЕРМИСКА ФАУНА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ГЛИНА НА ЛЕЖИШТЕ "ГОРНА БРЦА" - ВЕЛЕШКО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Проф. Др. Ристо Гаревски[1]; Костадин Пренџов, дипл.инг.геолог[2]

[1], Димитар Мирасиев бр. 15 - Скопје
[2]8 Велешка Бригада 4, 1400 Велес

Апстракт

Со експлоатација на туларската глина од наоѓалиштето Горна Брца-рудно тело 2 се наиде на фосилни остатоци од пикермиска фауна.

Прикажани се во трудот начинот на појавувањето на петролошките карактеристики и појавите на фосилоносните остатоци во одредени хоризонти, како и условите кои допринеле за нивното умирање.

Клучни зборови: глина, фосили, експлоатација

В О В Е Д

Во литературата е познато оти Република Македонија а пред се во околината на Велес, има на повеќе локалитети појави од фосилна фауна на цицачи, на кои се одредени остатоци на коњи, антилопи, газели, носорози, диви свињи, мастодонти и друго, а познати во литературата како пикермиска фауна.

Непосредно до градот Велес се врши експлоатација на глина, од страна на "Киро Ќучук" АД за производство на грубокерамички производи. На тој начин можеше да се прати и средината на појавувањето на фосилните остатоци, нивната заемна застапеност, промената на геолошките карактеристики на карпите кои го изградуваат теренот, средината на таложење и друго.

ГЕОЛОшКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Воглавном се застапени карпи од палеозојска и мозозојска старост кои припаѓаат во комплексот на внатрешниот дел на Вардарската зона.

Палеозојските карпи се преставени со метаморфни карпи составени од: мермери, кварцити, биотитски и кварц серицитски шкрилци, како и фелдспатизирани шкрилци. Се јавуваат во долината на р. Вардар во вид на издолжени често испрекинати зони со правец на протегање СЗ-ЈИ. Сета серија припаѓа на т. н. "Велешка серија". Целата серија тектонски е пореметена.

Мозозојските карпи преставени се со долен тријас изграден од песочници и глинци и се јавуваат во тесни зони, потоа среден тријас преставен со плочести варовници со присуство на кремен (рожњачи) и горен тиријас преставен од банковити до масивни варовници. Јурската старост е преставена со дијабаз - рожњачка формација изградени од виолетови глинци, доста ушкрилени и трошни, сивозелени песочници, габрови и дијабази, како и серпентинити.

Од кредни седименти се застапени туронски и сенонски седименти, преставени од црвени кварцни конгломерати, потоа базални кварцни конгломерати, песочници, банковити до плочести варовници. Односот на мезозојските карпи спрема палеозојските карпи е тектонски.

Од терцијарни седименти се застапени воглавном палеогени седименти преставени со горно еоценски конгломерати и флишна серија.

Плиоценските седименти кои се кластични и неврзани лежат трансгресивно и дискордонтно преку

постарите карпи. Литолошки се издвојуваат следните суперпозициони хоризонти; долен дел од крупнозрни песоци со прослојци на слабо врзани конгломерати и крупнозрнести песочници, потоа преминуваат во наизменично сменување на глина, глиновити пескови, песковити глини, ситнозрнести до крупнозрнести пескови и на крај преовладуваат чакали. Во глините има присуство на карбонатна материја од лапоровита до варовничка плоча и се јавува во кврга и неправилни прослојци, како и леќасти форми. Во овие хоризонти глината се експлоатира како корисна минерална суровина. Исто така во овие слоеви се пронајдени и остатоци на пикермиска фауна, по што е дефинирана и староста на карпите како долно плиоценска, а со поновите проучувања како горно миоценска. На крај плиоценските седименти се покриени со квартерни наслаги.

ПОЈАВУВАЊЕ НА ПИКЕРМИСКА ФАУНА

Најчесто се јавува на контактот помеѓу завршетокот на крупнозрнестите пескови и почетокот на слојот со глина. Констатирани се три хоризонти на појавување и тоа:
Првиот хоризонт се јавува на 6 - 7,00 м. од површината на земјата и се застапени остатоци на фауна во слојот на глиновити пескови, остатоци од коњи, антилопи и газели.
Појави на пикермиска фауна во вториот хоризонт се јавува на 10 - 12,00 м. од површината и се застапени во лапоровитите глини, и најповеќе се застапени фосилни остатоци од мастодонти, диви свињи, носорози, коњи и друго.

Третиот хоризонт се јавува на 50 м. од површината на земјата и е пронајден цел скелет од покрупно животно, но за жал не е повикано стручно лице или институција да изврши конзервација и опис, а вработените од цигланата ги имаат уништено остатоците.
Фосилните остатоци се јавуваат во овие фосилоносни хоризонти со моќност од 0,5 - 1,0 м. на растојание од 50 - 100 м.
Во овие два фосилносни хоризонти се јавуваат и поединачни делови на едно место од едно животно помешани со други поединачни делови од други животни. Што значи нема најдени цели скелети.
Сето ова укажува оти фосилните остатоци пред да бидат исталожени, се транспортирани и преработени од примарниот дел каде се поплавени. На тој начин денес среќаваме само поединачни делови од една врста. На пример се наоѓа само ребро од мастодон или бутна коска помешана со фосилни остатоци на нога од коњи, или череп од носорог или пак череп од дива свиња.

ВРСТИ НА ПИКЕРМИСКА ФАУНА

По известувањето од страна на вработените на цигланата "Киро Ќучук" од Велес, се формира екипа од Природнонаучниот музеј во Скопје под раководство на проф.Др. Ристо Гаревски и започна систематско истражување и ископување.
После неколку годишно истражување, беа откриени голем број фосилни цицалци, кои припаѓаат на пикермиската или уште наречена хиппарионова фауна, бидејќи преовладуваат Hipparioni од фамилијата EQUIDE со три прста за разлика од денешните коњи кои имаат само еден прст.
Беа ископани голем број фосили, кои се наоѓаат во Природнонаучниот музеј во Скопје на кој е извршена конзервација.

Од овој базен се проучени: Crocuta eximia (хијена), Zygolophodon turicensis (мастодон прв пат пронајден во Македонија), Bunolophodon longirostris (мастодон), Hipparion sp (коњ со три прста). Dinotherium giganteum,

Mesopthecus pentelicus (мајмун), Ancylotherium pentelicum ,Sus major (свиња /која место горни јаки канини има задебелување -протуберанце/) і Hystrix primigenia (бодликаво прасе). Велешко-Оризарското езеро пружало извонередни услови за живот. Богатите пасишта, бујната вегетација овозможила развиток на најразноврсни животински видови слични на денешната афричка фауна. Мајмуните покажуваат дека постоеле и стаблести растенија, а свињите на богати мочуришта. Хиените како sверови и динотерите укажуваат на постоење на борба за опстанок.

Меѓу саваните постоеле и планински венци како Долги Рид, Св.Илија, Вршник и др.

За населувањето на пикермиската фауна околу ова езеро, се претпоставува дека дошле преку Бугарија и Грција, и за прв пат е пронајдена кај местото Пикерми близу Атина.

За изумирањето постојат неколку претпоставки: од пожари предивизвикани од громови, земјотреси или вулкански гасови.

РЕЗИМЕ

ПИКЕРМСКАТА фауна во Македониија е откриена од германскиот командант Југман над тунелот Велес - Битола 1917 год, има големо стратиграфско значење за миоцен и плиоцен.

ЦЕНТРАЛНО МАКЕДОНСКО ЕЗЕРО СО НЕГОВИТЕ САТЕЛИТСКИ БАСЕНИ

[1]Надежда Крстиќ[1], [2]Никола Думурџанов, [3]Наѓа Огњанова-Руменова, [1] Зоран Марковиќ

[1] *Природњачки музеј у Београду, Његошева 51, Београд, Србија, n_krstic@ptt.yu*
[2] *Видое Смилевски Бато 75/3-18, Скопје, Македонија, nikola_dumo@hotmail.com*
[3] *Геологически Институт БАН, ул. Академик Г. Бончев 24, Софија, Бугарија,Бугарија, nognjan@geology.bas.bg*

Абстракт

Во горен миоцен на територијата на Македонија се распространувало големо слатководно езеро поврзано со поголем број сателитски басени лоцирани на територијата на Србија, Бугарија, северна Грција и централна Албанија. Во трудот се прикажани поважните биофацијалните и фаунистичко-флористичките карактеристики на езерото и околните басени.

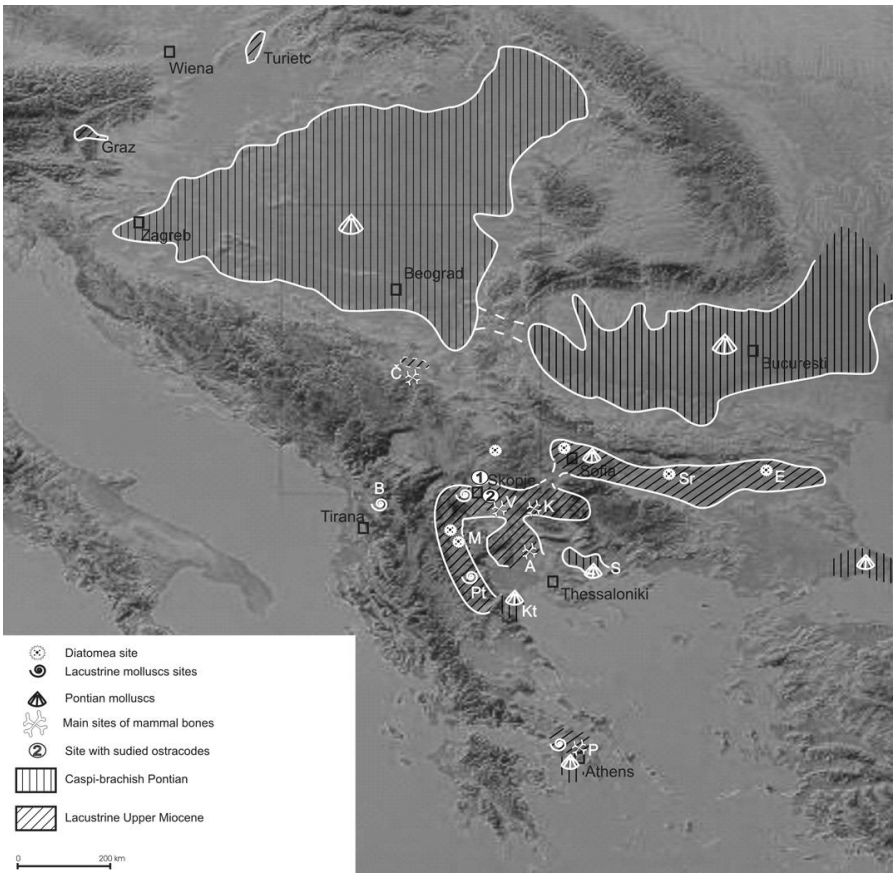
Клучни зборови:: Неогенско слатководно Централно Македонско Езеро.

ГЛАВНИ ГЕОЛОШКИ И ПАЛЕОНТОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Централното неогенско Македонско езеро опфаќало најголем дел од Македонија (Dumurdzanov, 1997), како и јужните делови од Србија, југозападните делови на Бугарија, делови од централна Албанија и северна Грција. За разгранетоста на ово езеро може да се дискутира, како последица на неотектонските движења кои го диктирале формирањето на различните грабени, одноисно езерските средини. Освен тоа, во околината на Атина се развиени истовремени седименти, оддвоени со појас од понтска каспибракиска биофација.

Скопје и околината

Најцелосен профил од развојот на Македонското езеро се наоѓа во Скопје и околината (Dumurdzanov&KrstiC, 1999). Овде во седиментнит столбот се развиени базален дел со флувијален карактер, прави езерски фации и повлатни седименттипови на благо наклонета делта. Во надјагленовите нивоа, чија морфологија и раслојување укажува на променлив и брз принос на материјалот, детерминарана е бројна фосилна листна флора, а кај Катланово макрофлората е од ист тип како понтската флора од Глоговац во Хрватска (Milakovic, 1956). Од јагленовиот хоризонт кај Нерези-Скопје е одреден *Gomphotherium angustidens skopljensis* Laskarev. Во преодните нивоа се одредени многубројни речни школки, како што се *Unio paxi* Pavlović, *U. šuškalovći* Pavlović и други униониди. Во повисоките нивоа, во правите езерски наслаги се јавуваат полжавите *Prososthenia crassa* Burgerstein, *P. burgersteini* Pavlović, *Amphimelania macedonica* Burgerstein и други. Заедно со полжавите се јавуваат аберантни остракоди , од ист тип како во кинеските солени езера, меѓу кои е одреден нов род *Macedocandona* Krstić & Guan (сличен на кинескиот род *Potamocyprella* Huang & Lai) со јато од четири врсти.



Слика 1: Понтско-Каспибракиското Езеро било едно од најголемите на Земјата. Со свој мал дел го покривало најсеверниот простор од Балканското копно. Еквивалент на панон во долно Дунавската рамнина е меот во Дакиската рамнина. Вдолж крајбрежјето на Егејското Море, понт лежи врз седиментите на Централното Македонско Езеро, т.е. тролиен кој е еквивалент на меот. Целата област на басените Пелагониски-Флорина-Птолемаис-Сервија е претставена со слатководен понт. Сателитески басени се лоцирани во Средно Горје и во Гоце Делчев басенот во Бугарија, Тавник во централна Србија и Бурели во Албанија, како и Преспа на Границата Македонија- Грција (за други намени исцртано од Инг Љ. Савиќ).

Во најгорната единица од Нерези формацијата (песокливо-алевритска единица, дебела до 150 m), од Скопскиот басен, во која од Гаревски (1985) е одреден *Gomphoterium angustidens* од туролиенска старост, песокливите седименти на локалноста Скопско Кале се благо наклонети и во нив се забележуваат смолкнати јазици од метарски димензии (Dumurdžanov & Krstić, 1999, сл. 4), што укажува дека делтата на тоа место била пострма од 8º. Фосилоносни леќи од кои една од локалноста Ветерник содржела љуштури од мекотели Темкова (во Dumurdzanov&Krstic, 1999) одредила *Aphanothylus ristići, Hydrobia sp., Prososthenia crassa burgersteini, P. suessi, Melanopsis aff. petkovići, Theodoxus doricus, Th. cf. Neumayri* со грбици и една затворена љуштура од некој вид од родот *Leptocytherida*. Последните два укажуваат на халофилна средина. На Патот Сарај-Тетово кај мотелот Седум Браќа во отворен профил на добро услоената глиновито-лапоровито-песокливата единица од Нерези формацијата е испран само еден сувозеемен полжав од родот *Carychium*.

Велешки и Тиквешки басен

Во продолжение на Македонското езеро кон југоисток околу Велес и во Тиквешкиот басен, на исток во Делчевско-Пехчевскиот и Беровскиот грабен и во Бугарија, како и кон југозапад во Мариовскиот басен, се сочувани базалните делови од езерските серии на горен миоцен. Затоа најчесто овде се наоѓаат коски од мамалија, од кои најзначаен е Велешкиот басен со степски тип на пикермиска фауна. На прашањето на de Bonis за начинот на настанокот и акумулацијата на Велешката фауна, одговор даде Гаревски (1960, 1976) со наодот на целосно сочувани нозе на мастодон кој пропаднал длабоко во мил, додека телото било изедено од грабливците. Од тоа произлегува дека во раната фаза Македонското езеро кај Велес пресушувало и дека животните се собирале на неговите остатоци - локви да пијат вода. Меѓутоа, пронајден е и скоро цел костур на праслон кој лежел бочно. Затоа овде се јавуваат коски најмногу од тревопасни цицачи, додека од месојадни многу ретко се јавуваат. Сценариото би можело да биде и друго, прво грабливците ке се напиеле од крвта на умирајките тревопасни жртви и можеле да издржат до надоаѓањето на врнежите, а од жед псовисаниот слон бил нагло затрупан со материјал од пороjните реки кои се слевале од околните планини во брзо растечкото езерско поило. Остатоци од цицачи има и по долината на Вардар, во Грција, каде во левата притока на Аксиос се најдени заби од хоминоид *Ouranopithecus* (сличен на денешните горили) и de Bonis et al. (1986) врз основа на водечкиот вид *Progonomys cathalai* одредил старост од околу 9 милиони години. De Bonis et al. (2004) ја проучувал и еволуцијата на мамалската фауна во Медитеранскиот простор.

Северно-егејски блок

Во околината на Солун преку базалната серија со туролиенска фауна (главно еквиваленти на меот), лежат седименти од каспибракискиот понт со остракоди. Во котлината на Струма ((Kockel & Gramann, 1969) има тортонска и сарматска микрофауна (фораминифери и остракоди) преку кои е развиен меот и понт од ист тип како во Паратетис. Исто така, кај Солун е развиен меот од типот Паратетис кој е покриен со понт (Mostafavi, 1996; Krstić, 2004). Во тоа време Егејскиот блок бил поплавен од водите на Паратетис речиси целосно појасот од понт го ограничувало Централното Македонско Езеро и Велешката депресија од југ.

Од Пелагонискиот басен до Сервија

Пелагонскиот басен на југ продолжува преку Флорина, Птолемаис и Кожани до Сервија (Steenbrink et al., 2000; Steenbrink, 2001). Овде во континуитет се таложеле седименти од Комнина формацијата во периодот од 8 до пред 4 Ма, што одговара главно на понт. Староста е докажана со методите на циклусите на Миланковиќ, потоа со магнетостратиграфија, со изотопски анализи Ar/Ar и палеонтолошки.

Седиментот е главно дијатомит, во огромни наслојки, делумно добро услоен кај Битола а делумно без видлива услоеност кај Птолемаида. Во рудникот на јаглен Птолемаида, околу 6 м над јагленовиот хоризонт дијатомитот содржи речни школки *Unionidae,*во голема мера распаднати или испокршени, а над нив се јавуваат помали или поголеми количини на полжави од различни димензии (*Theodoxus macedonicus, Valvata piscinalis, Lymnaea stagnalis*), преталожени од лимонитски обоениот крајбрежен песок кој се уште е сочуван во кукичките на полжавите, заедно со остатоци на остракодите од родот *Neclecandona*. Ова укажува на преталожување од крајбрежјето во услови на не многу силна енергија. Поголема енергија на водата ги намалува речните школки нагоре, бидејќи полжвите се ем помали ем полесно подвижни. Планктонски дијатомеи од родот *Cyclotella* (*C. Elyma* Econ.-Am., *C. Iris* Brun&Herib) и родот *Actinocyclus* [*A. Makarovae*(Temn.&Ognjan.) Temn.&Ognjan.Ќ, кои особено се чести

во Суводолскиот (Битолскиот) јагленов коп (Ognanova-Rumenova,2005). Горно миоценска старост (еквивалент на понт) на дијатомитите од Суводолскиот басен е одредувана и со фосилна макрофлора од *Quercus sosnowskyi, Q. Pseudocastane* и *Taxodium dubium* (Mihajlovic&Lazarevic, 2004)
Исто така, е проучен и поленот кој укажува на намалување на палеотропските и зголемување на арктотерцијарните елементи, со истовремено ширење на тревната вегетација (Ivanov, 2002).

Сателитски басени

Од сателитските езерски средини треба да се наведе дека Преспанскиот басен каде се наоѓаат фрустули од *Aulacoseira* повремено комуницирал со Пелагонискиот басен за време на горниот миоцен. Доста дебелите наслаги на дијатомит кај Врање (Србија) во кои исто така преовладуваат грубопанцирни форми на *Aulacoseira* укажуваат на веројатна поврзаност со Централно Македонското Езеро..

Кон исток од Централно Македонското Езеро во југозападна Бугарија, горно миоценските седименти се докажани со присуство на *Aulacoseira* во басените Гоце Делчев (еден слој и фрустули во глините), во долината Места (Yaneva et al., 2008) и Ехлово далеку на исток во Средно Горската зона. Слична асоцијација има и горно понтскиот Колубарски басен (Паратетис тип) кај Белград (Огнјанова-Руменова, 2007) и тоа во повлатата на јагленовите слоеви со што се докажува староста на наведениот сателитски басен. Асоцијациите со планктонски *Actinocyclus* ја заменуваат погоре наведената грубопанцирна микрофлора со *Aulacoseira* во длабочината од сателитскиот Софијски (Ognjanova et al.,2008) и Карлово басенот во Средногорјето (Темнискова-Топалова и Огнјанова-Руменова, 1997).

Во централна Србија, на локалитетот Тавник во Краљево басенот, кој најверојатно бил во некоја врска (тектонска?) со локалитетот Ѓорѓево Брдо во Јагодина, е собрана богата фауна од ′рбетници. Покрај глодари, собрани се фосилни полжави *Theodoxus pilidei* и флора (воден орев *Trapa*, локвен и плодолики органи на харофитни алги - *Tectochara* со грбчиња), како и остатоци од водоземци (жаба, мрмољак) како и влекачи (желка и крокодил од мал раст), сè од ист слој. Ова заедно укажува на седиментација во плитка вода и на топли климатски услови. Врз основа на микромамалија е одредена старост како MN9 зона. Во Блиската Јагодина е пронајден слон *Dinotherium gigantissimum* и предок на коњот *Hipparion* кој исто така, укажува на горен миоцен.
Спрема запад, околу градот Бурели во североисточна Албанија (Kumati et al., 1997), според Елена Гјани, се најдени горно миоценски палиноморфи. Нема фораминифери и нанопланктон. Од мекотелите, во вапнести алеврити, лапори и лапорци се јавуваат *Psilunio šuškalovići* Pavlovic во пониските нивоа и полжави во повисоките нивоа со по некој *Dreissen* или ситна конгерија и варијетети на *Melanopsis bouei* (*рарисрина* и *ririspina* според одредбата на Dede Marcu). Овие меланопсиси се познати од панонските катови на Паратетис. Исто така, од поголемо вертикално распространение се јавува *Melania (Melanoides) escheri.*
Претпоставеното влијание на морето (ibd, сл.3) во неокои нивоа се јавува со морски организми *Isocardia cor, Miocardia deshayesi* (Ibd, стр. 113,сл.5). Затоа, непосредно западно од Бурели треба да се бара границата спрема Медитеранот, бидејќи во месиниан на Периадријатската депресија се развиени наслаги на гипс. Овде е јасно дека кај Бурели постоело изолиран помал басен, кој веројатно повремено било поплавувано од морето.
Положбата на горен миоцен кај Атина не е јасен. Фауната од кај Атина ја одредувал Kühn (1963) и ја изедначувал

со фауната на Динаридите, но таа е горно миоценска (Papp, 1979). Papp кој време на војната служел како војник во Атина, ја шетал околината и кај Пиргос Василеос нашол нешто од фауната на Kühn. *Theodoxus morulus* i *Th. atticus* Papp (1979) многу подобро ги нацртал и ги ставил во иста низа со *Th. Milesii* а на нив се сличен грбестиот *Th. neumayri* од Ветерника (кај Скопје). Овие седименти сега се наоѓаат под бетонот и асфалтот на патиштата на Атинските квартови и тешко е да се одреди нивниот контакт со Пикермија, како копнена средина од една страна и спрема островот Аегина каде се најдени понтски седименти (според Маринеску на екскурзијата IGCP 329 усмено соопштение) на Паратетис од друга страна.

ЛИТЕРАТУРА

Bonis L., de, G. Bouvrain, G. Koufos, J. Melentis, 1986: Succession nd dating of the late Miocene primates of Macedonia. Primate Evolution (eds. Else & Lee) – Poceedings 10th Congress International Primatological Society 1: 107-114, Cambridge

Bonis L., de, G. Bouvrain, G. Koufos, 2004: Evolution of late Miocene mammalian faunas and paleoenvironment in the northern and eastern Meditarranean realms. 5th Internat. Sypmpos. Eastern Mediterranean geology, 1: 447-450, Thessaloniki

Dumurdzanov N., 1997. Lacustrine Neogene and Pleistocene in Macedonia. Proc. Field Meetings IGCP 329, Spec publ. Geoinstitute 21: 31-36, Belgrad

Dumurdžanov N. & Krstić N., 1999: The Skopie Neogene basin in the Republic of Macedonia; Geol. Macedon., 13: 47-56, Štip

Dumurdžanov N., Krstić N., Mihajlović Đ., Ognjanova-Rumenova N. & Petrov G., 2003: New data on stratigraphy of the Neogene and Pleistocene in Mariovo, Macedonia; Geol. Macedonica, 17: 43-52, Štip

Garevski, R., 1960: Neuer Fund von Mastodon in Diatomeen-schechten bei Barovo, Mazedonien. Fragm. Balcan. T. 16, Skopje.

Garevski, R., 1976: Weiterer Beitrag zur Kenntnis der Pikermifauna Mazedoniens. Der Mastodonschädel Von der Umgebung des Dorfes Dolni Disan (Negotino). Pos. izdanie na Mus. Maced. Sc. Nat. No 7, Skopje.

Garevski, R., 1985: Die Mastodonreste aus Umgebung der stadt Skopje in Mazedonien. Zbornik Ivana Rakavca, XXVI, Ljubljana.

Ivanov D., 2002. Late Neogene flora and vegetation from Bitola basun (F.Y.R. of Macedonia) based on palynological data. Acta Universistatis Carolinae – Geologica 46/4: 65-74, Praha

Krstić N., 1975: Pontian ostracodes in Paratethys and Tethys; VIth congr. RCMNS: 325-330, Bratislava

Milaković B., 1956. Die fossile Flora aus der Neogenablagerungen bei Katlanovo, südostlich

von Skoplje (Üsküb).Bulletin Museum Histori Naturelle pays Serbe, A, 6/2: 147-157, Beograd

Mihajlovic Dj., Lazarevic Z., 2004: Fossil flora from the late Neogene of the Bitola area , Macedonia. Belgrade , Bulletin CXXV, Serb. Acad. Science Mathe-maticset Naturale Science, no.42.

Mostafavi N., 1996. Neogene Ostracode-nfaunen im Gebiet südlich von Thessaloniki (Nordgriechenland). Senc-kenbergiana lethaea 76/1-2: 159-173, Frankfurt a/M

Ognjanova-Rumenova N., 2005. Upper Neogene siliceous microfossils from Pelagonia Basin (Balkan Peninsula). Geologica Carpathica 56/4: 347-358, Bratislava

Ognjanova-Rumenova, N., 2007. Neogene diatom assemblages from lacustrine sediments of Serbia and their distribution in the correlative formations in South-West Bulgaria and Republic of Macedonia. In: Proceedings of the 1st Central European Diatom Meeting 2007, Kusber, W-H. & Jahn, R (eds.), Berlin-Dahlem, 23-25 March 2007: 121-124.

Steenbrink J., 2001. Orbital signatures in lacustrine sediments: The late Neogene intramontane Florina-Ptolemais-Servia

basin, notheastern Greece. Geologia Ultraiectina 205: 1-167, Utrecht

Steenbrink J., N. van Vugt, M.L. Kloosterboer-van Hoeve, F.J. Hilgen, 2000. Refinement of the Messinian APTS from sedimentaty cycle pattern in the lacustrine Lava section (Servia Basin),

Temniskova-Topalova, D. & N. Ognjanova-Rumenova. 1997. Description, comparison and biostratigraphy of the nonmarine neogene diatom floras from Southern Bulgaria. - Geologica Balcanica, 27, 1-2: 57-81.

СТРАТИГРАФСКО РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ФОРАМИНИФЕРИТЕ ОД ТИКВЕШКИОТ БАСЕН ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Виолета Стојанова, Гоше Петров

Факултет за Рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија
violeta.stojanova@ugd.edu.mk

Апстракт

Тиквешкиот палеогенски басен претставува голема седиментна маса сместена во централниот дел на Вардарската зона.

Според досегашните истражувања, масата дебела околу 3.5 km е изградена од 4 литозони: базална литозона, долна флишна литозона, литозона на жолти песочници и горна флишна литозона. Геолошката старост на седиментите во Тиквешкиот басен е одредена како горно еоценска врз основа на досегашните истражувања на база на многубројни фосилни остатоци од макрофосилните групи.

Во трудот ги презентираме резултатите од микропалеонтолошките истражувања на фораминиферната фауна, пронајдена во горната флишна литозона на Тиквешкиот палеогенски басен, кои се мошне важни за решавањето на стратиграфијата на басенот.

Систематската класификација на фораминиферната фауна во басенот е направена по Loeblich & Tappan, 1988.

Клучни зборови: палеоген, бентосни и планктонски фораминифери, стратиграфија, Тиквешки басен.

ВОВЕД

Тиквешкиот палеогенски басен претставува голема седиментна маса сместена во централниот дел на Вардарската зона, и се наоѓа во ЈЗ дел на територијата на Република Македонија (сл. 1).

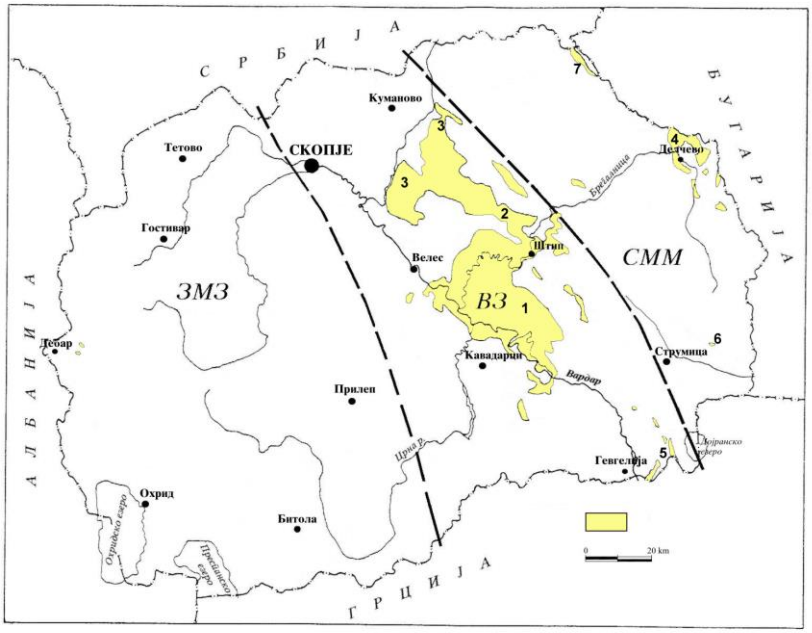
Палеогените седименти во Тиквешкиот басен биле предмет на проучување од повеќе автори, главно од регионален карактер. Според досегашните истражувања, староста на палеогените седименти (на база на многубројни фосилни остатоци од макрофосилните групи) во Тиквешкиот басен е одредена како горноеоценска.

Според литолошките карактеристики, палеогената маса со приближна дебелина од околу 3.5 km, е изградена од четири литостратиграфски единици (литозони): базална литозона, долна флишна литозона, литозона на жолти песочници и горна флишна литозона.

Како објект на истражување во трудот е микропалеонтолошко испитување на фораминиферната фауна во палеогените седименти на Тиквешкиот басен.

Со овие истражувања беа опфатени сите литолошки нивоа (базална литозона, долна флишна литозона, литозона на жолти песочници и горна флишна литозона) на четири откриени палеогени профили во проучуваниот басен и еден профил од претходно направената дупчотината КР1, и е пронајдена богата фораминиферна фауна. Фораминиферната асоцијација, воедно ни даде можност да биде проследено и анализирано стратиграфското распространение на фораминиферните таксони во Тиквешкиот басен.

Основната цел на овој труд, е да се презентираат резултатите од стратиграфското распространение на бентосните и планктонските фораминиферни таксони во Тиквешкиот басен, кои ги сметаме за мошне важни во решавањето на стратиграфијата на палеогенот во Тиквешкиот басен.



Сл. 1. Распространение на палеогените седименти во Македонија

СММ - Српско-Македонски масив, ВЗ - Вардарска зона, ЗМЗ - Западна - Македонска зона,

1 - Тиквешки палеогенски басен.

МАТЕРИЈАЛИ И МЕТОДИ

Проучувањето на биостратиграфската вредност на фораминиферната фауна во истражуваниот басен е проследено со стратиграфската распространетост на 65 вида, добиени од 90 примероци од 4 откриени профили во Тиквешкиот палеогенски басен: Криволак, Хаџи Јусуфли, Чешмедере, Неготино и еден профил од дупчотината КР1 (сл. 2).

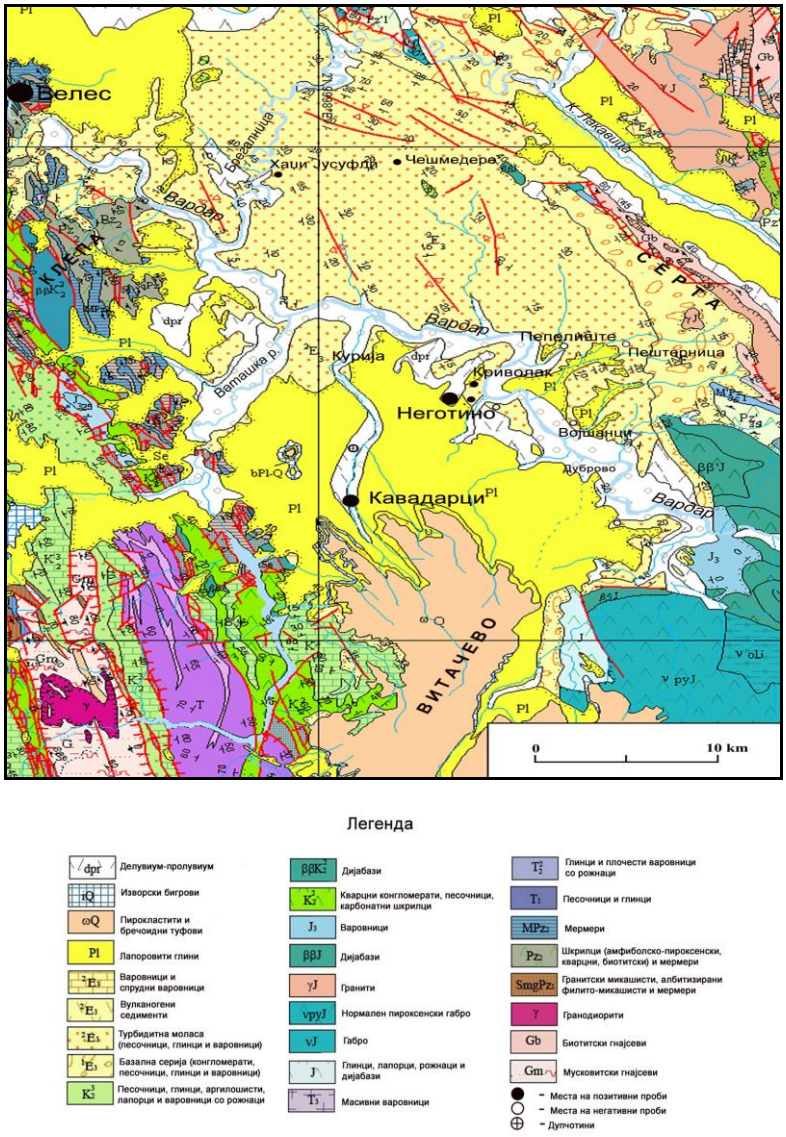
Опробувањето на фораминиферната фауна е извршено на откриените палеогени профили, во интервал од 80 - 100 cm. Техничката обработка е извршена по класичните методи на микропалеонтолошка анализа (распаѓање, промивање, сушење, одбирање и определување). Палеонтолошките определувања се извршени со микроскоп - бинокулар Zeiss со зголемување од 50 - 80 пати.

На одбрани и издвоени фораминиферни куќички е направено микрофотографирање со помош на сканиран електронски микроскоп JMS -5510 – JEOL, со напон од 10 KV.

РЕЗУЛТАТИ

Со теренски истражувања беа опфатени и направени опробувања на четири откриени палеогени профили: Криволак, Хаџи Јусуфли, Чешмедере, Неготино, и микропалеонтолошка анализа на претходно направената дупчотина КР1 во Тиквешкиот басен.

Литолошките членови на горенаведените профили се претставени со седиментите од горната флишна литозона и тоа: глиновито - песокливи слоеви кои постепено преминуваат едни во други, и ритмички се сменуваат со песочници, алевролити, глинци со лапоровити глини и варовници.



Легенда

- Делувиум-пролувиум
- Изворски бигрови
- Пирокластити и бречоидни туфови
- Лапоровити глини
- Варовници и спрудни варовници
- Вулканогени седименти
- Турбидитна моласа (песочници, глинци и варовници)
- Базална серија (конгломерати, песочници, глинци и варовници)
- Песочници, глинци, аргилошисти, лапорци и варовници со рожнаци
- Дијабази
- Кварцни конгломерати, песочници, карбонатни шкрилци
- Варовници
- Дијабази
- Гранити
- Нормален пироксенски габро
- Габро
- Глинци, лапорци, рожнаци и дијабази
- Масивни варовници
- Глинци и плочести варовници со рожнаци
- Песочници и глинци
- Мермери
- Шкрилци (амфиболско-пироксенски, кварцни, биотитски) и мермери
- Гранитски микашисти, албитизирани филито-микашисти и мермери
- Гранодиорити
- Биотитски гнајсеви
- Мусковитски гнајсеви
- Места на позитивни проби
- Места на негативни проби
- Дупчотини

Сл. 2. Геолошка карта на Тиквешкиот басен

Со микропалеонтолошкото истражување на палеогените седименти во Тиквешкиот басен, пронајдена е богата и разновидна фораминиферна фауна претставена од бентосни и планктонски видови. За фораминиферното испитување во Тиквешкиот басен беа опфатени сите литолошки нивоа на палеогенот, како што се базалната литозона, долната флишна литозона, литозоната на жолти песочници и горната флишна литозона.

Резултатите од микропалеонтолошките истражувања на горната флишна литозона се покажаа позитивни, богати со фораминиферна фауна, додека резултатите од трите литозони (базална, долна флишна и литозона на жолти песочници) беа негативни за фораминифери.

Колекцијата на пронајдената фораминиферна фауна е претставена со 65 вида,

кои припаѓаат на 33 рода со 52 вида од бентосна фораминифера, и 5 рода со 13 вида од планктонската фораминифера.

Систематската класификација на фораминиферната фауна во басенот е направена по Loeblich и Tappan (1988).

Со истражувањето е добиено широк спектар на распространение на фораминиферни видови, а воедно со анализа на стратиграфската положба на одделни таксони во Тиквешкиот басен може да се заклучи дека, од старосна гледна точка, се класифицираат пет групи на фораминифери (табела 1):

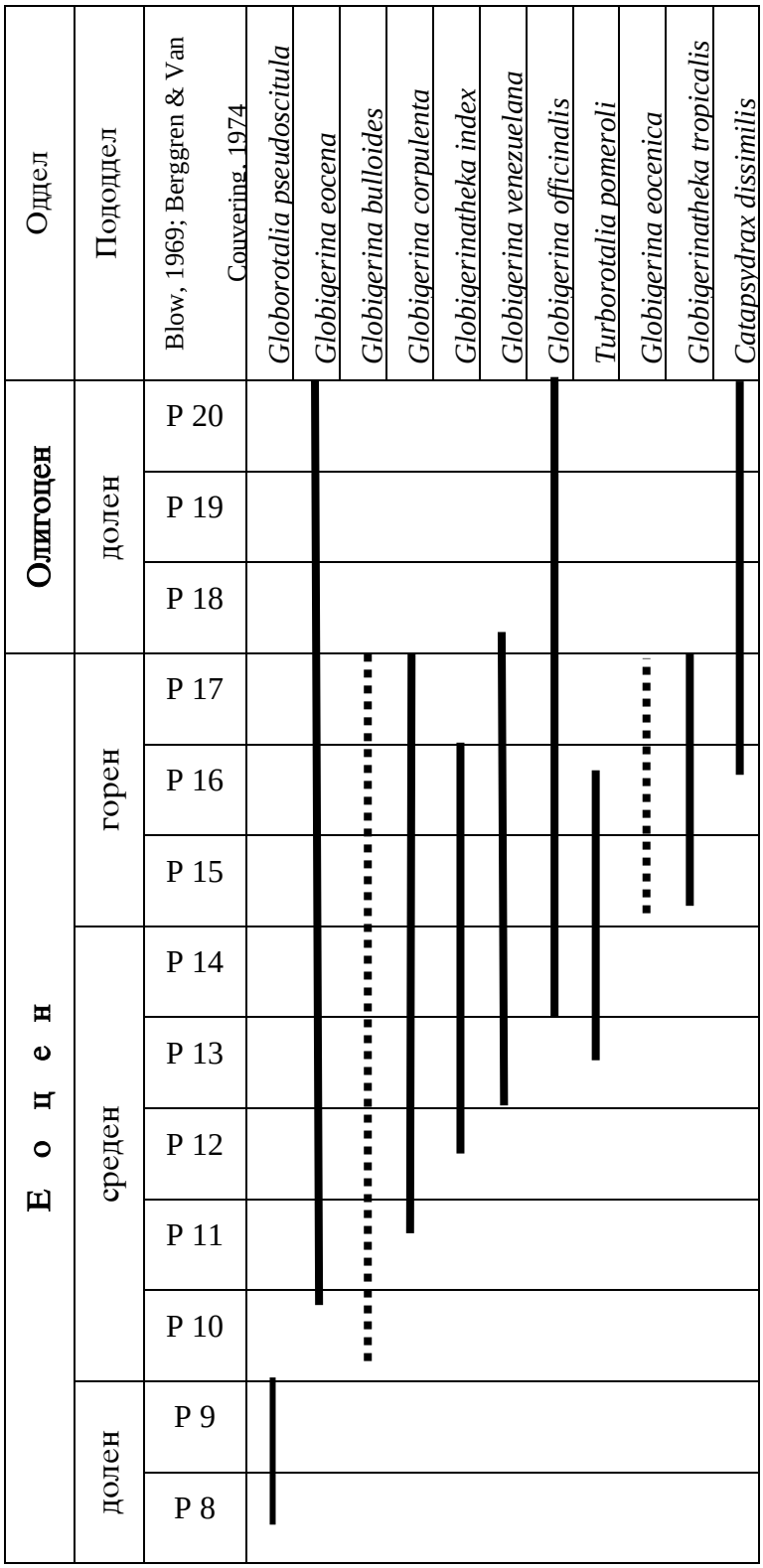
- Во првата група спаѓаат фораминифери кои имаат распространение во горен еоцен, и претставуваат најверодостојни податоци за определување на староста: Тука влегуваат следните родови претставници: *Spiroplectamina carinata carinata* (d'Orbigny), *Pyrgo bulloides* (d'Orbigny), *Pleurostomella ex.gr. bellardi* Hantken *Guttulina irregularis* (d'Orbigny), *Globigerinatheka tropicalis* Blow & Banner, *Turborotalia pomeroli* (Toumarkine & Bolli), *Globigerina eocaenica* Terquem, *Bolivina cf. antegressa* Subbotina, *Bolivina gracilis* Cushman.
- Во втората група спаѓаат видови кои доаѓаат од пониските нивоа и се распространети до горен еоцен (E_3). Тука влегуваат следните родови претставници се: *Spiroplectamina dentata* (Alth), *Textularia minuta* Terquem, *Triloculina angularis* d'Orbigny, *Triloculina gibba* d'Orbigny, *Globigerina corpulenta* Subbotina, *Globigerina triloculinoides* Plummer, *Globigerinatheka index rubriformis* Subbotina, *Bolivina dilatata* Reuss, *Uvigerina eocaena* Gűmbel, *Cibicides tallahatensis* Bandy, *Cibicides damplelae* Bykova et Chramaja, *Cibicides lobatulus* (Walker et Jakob), *Robulus cf. arcuato-striatus* Hantken, *Robulus cf. inornatus* (d'Orbigny), *Robulus cf. pseudovortex* Cole, *Chilostomella czizeki* Reuss и *Anomalinoides welleri* (Plumer).
- Во третата група спаѓаат видови кои се транзитни за границата еоцен (E) - олигоцен (Ol). Тука влегуваат следните претставници: *Bathysiphon eocenicus* Cushman & Hanna, *Quinqueloculina juleana* d'Orbigny, *Acaranina rugosaculeata* Subbotina, *Karreriella siphonella* Reuss, *Rhabdamina eocenica* Cushman & Hanna, *Rhabdamina eocenica* Cushman & Hanna, *Clavulinoides szaboj* Hantken, *Marsonella traubi* Hagn, *Globulina gibba* d'Orbigny, *Globigerina eocena* Gűmbel, *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Bolivina cookei* Cushman, *Bulimina truncana* Gűmbel, *Vaginulinopsis cf. pseudodecortatus* Hagn, *Cibicidoides mexicanus* (Nuttall), *Cibicides cf. westi* Howe, *Robulus cultratus* (Montfort), *Robulus limbatus* (Bornemann), *Osangularia mexicana* (Cole), *Gyroidina soldani* d'Orbigny, *Planulina costata* (Hantken) и *Gyroidina girardana* (Reuss).
- Во четвртата група спаѓаат видови кои живеат порано од горен еоцен - E_3 (тие видови се должат на преталожување во подоцнежните делови). Тука влегуваат следните преставници: *Saccamina placenta* (Grzybowski), *Globorotalia pseudoscitula* Glaesner и *Cibicidoides lectus* (Vasilenko).
- Во петата група спаѓаат видови кои живеат подоцна од еоценот. Тука влегуваат следните родови претставници: *Textularia bronniana* d'Orbigny, *Glandulina laevigata* d'Orbigny, *Cristellaria orbicularis* (d'Orbigny) и *Heterolepa mexicana* Nutall.

Добиените резултати од микропалеонтолошката анализа (таблица I, II и III), овозможија да се направи биостратиграфско зонирање според планктонските и бентосните фораминифери во Тиквешкиот басен. Асоцијацијата на планктонските фораминифери и вертикалното распространение на планктонските видови во профилот KP1: *Globigerinoides conglobatus, Globigerinoides rubriformis, Globigerina dissimilis, Globigerina inflata, Globigerina eocaenica, Globorotalia pseudoscitula, Globigerina corpulenta, Globigerina officinalis, Globigerina eocena,* ни овозможи да издвоиме една локална биостратиграфска зона *Catapsydrax dissimilis - Globigerinatheka tropicalis* за профилот KP1 од Тиквешкиот басен (сл. 3).

Табела 1. Стратиграфско распространение на фораминиферите од Тиквешкиот басен

Форминифера	Места на распростран.	Видови	Геолошка старост: Палеоцен	Еоцен (E_1)	Еоцен (E_2)	Еоцен (E_3)	Олигоцен	Неоген
	К, Н, ХЈ	*Spiroplectamina carinata carinata* (d'Orbigny)						
	ХЈ, Н, Ч	*Spiroplectamina dentata* (Alth)						
	ХЈ, К	*Textularia broniana* d'Orbigny						
	К, Н, Ч	*Textularia minuta* Terquem						
	КР1, К,	*Bathysiphon eocenicus* Cushman & Hanna						
	ХЈ, Н	*Saccamina placenta* (Grzybowski)						
	К, ХЈ, Н, Ч	*Quinqueloculina juleana* d'Orbigny						
	К, ХЈ,	*Triloculina angularis* d'Orbigny						
	К, ХЈ, Ч	*Triloculina gibba* d'Orbigny						
	К, ХЈ,	*Pyrgo bulloides* (d'Orbigny)						
	К, Н	*Pleurostomella ex.gr. bellardi* Hantken						
	КР1	*Acaranina rugosaculeata* Subbotina						
	КР1	*Karreriella siphonella* Reuss						
	КР1	*Rhabdamina eocenica* Cushman & Hanna						
	КР1	*Rhizamina indivisa* Brady						
	КР1	*Clavulinoides szaboj* Hantken						
	КР1	*Marsonella traubi* Hagn						
	КР1	*Chrysalogonium cf. longicostatum* Cushman & Jar.						
	КР1	*Stylostomella cf. verneuilli* (d'Orbigny)						
	КР1, К, Н	*Globulina gibba* d'Orbigny						
	К, Н, Ч	*Guttulina irregularis* (d'Orbigny)						
	КР1	*Glandulina laevigata* d'Orbigny						
	КР1, К, ХЈ, Н, Ч	*Globigerina officinalis* Subbotina						
	К, ХЈ, Н	*Globigerina ouachitaensis ouach.*Howe & Wallace						
	КР1	*Catapsydrax dissimilis* Cushman & Bermudez						
	КР1	*Globigerina venezuelana* Hedberg						
	КР1	*Globigerinatheka tropicalis* Blow & Banner						
	КР1	*Turborotalia pomeroli* (Toumarkine & Bolli)						
	КР1	*Globorotalia pseudoscitula* Glaesner						
	КР1	*Globigerina eocena* Gűmbel						
	КР1	*Globigerina bulloides* d'Orbigny						
	КР1	*Globigerina corpulenta* Subbotina						
	КР1	*Globigerina triloculinoides* Plummar						
	КР1	*Globigerinatheka index rubriformis* Subbotina						
	КР1	*Globigerina eocaenica* Terquem						
	К	*Bolivina cf. antegressa* Subbotina						
	К, ХЈ, Н	*Bolivina cookei* Cushman						
	К, Н, Ч	*Bolivina dilatata* Reuss						
	К, ХЈ,	*Bolivina gracilis* Cushman						
	К, ХЈ, Ч	*Bulimina sculptilis* Cushman						
	КР1	*Bulimina truncana* Gűmbel						
	КР1	*Uvigerina eocaena* Gűmbel						
	КР1	*Hofkeruva mexicana* Nutall						
	КР1	*Vaginulinopsis cf. pseudodecortatus* Hagn						
	К, ХЈ, Ч	*Cibicidoides lectus* (Vasilenko)						
	К, ХЈ, Н	*Cibicides tallahatensis* Bandy						
	КР1, Н	*Cibicides carinatus* (Terquem)						
	КР1	*Cibicides damplelae* Bykova et Chramaja						
	К, Н, ХЈ	*Cibicides lobatulus* (Walker et Jakob)						
	КР1	*Cibicidoides mexicanus* (Nuttall)						
	КР1	*Cibicides rzehaki* (Grzybowski)						
	КР1	*Cibicides cf. westi* Howe						
	КР1	*Robulus cf. arcuato-striatus* Hantken						
	КР1	*Robulus cultratus* (Montfort)						
	КР1, К	*Robulus limbatus* (Bornemann)						
	КР1	*Robulus cf. inornatus* (d'Orbigny)						
	КР1	*Robulus cf. pseudovortex* Cole						
	КР1	*Osangularia mexicana* (Cole)						
	КР1	*Cristellaria orbicularis* (d'Orbigny)						
	КР1	*Chilostomella czizeki* Reuss						
	К, Н, ХЈ, Ч	*Anomalinoides welleri* (Plumer)						
	КР1	*Heterolepa mexicana* Nutall						
	К, ХЈ, Н, КР1	*Gyroidina soldanii* d'Orbigny						
	КР1	*Planulina costata* (Hantken)						
	КР1	*Gyroidina girardana* (Reuss)						

К - Криволак, ХЈ - Хаџи Јусуфли, Н - Неготино, Ч - Чешмедере, КР1 - Курјачка Река



Сл. 3. Стратиграфско распространение на одбрани таксони на планктонски фораминифери (по Toumarkine & Bolli, 1985)

Локалната биостратиграфска (конкурентна) зона - *Catapsydrax dissimilis - Globigerinatheka tropicalis* претставува зона на вертикално распространение на истовремено среќавање на првото појавување на видот *Catapsydrax dissimilis* (Cushman & Bermudez), до последното исчезнување на видот *Globigerinatheka tropicalis* (Blow & Banner). Долната граница на зоната се дефинира со првата појава на индексовиот вид *Catapsydrax dissimilis,* а горната граница се поставува до последното исчезнување на индексовиот вид *Globigerinatheka tropicalis*. Границите на зоната го претставуваат интервалот на средината Р 15 до крајот на Р 17 и се однесуваат за геолошка старост горен еоцен - приабонски кат.

Овие елементи ни овозможија да го дефинираме горен еоцен, со неговиот најгорен дел - хоризонт (Р 17), и хоризонт кој ја претставува базата на приабон (Р 15), односно ја одредува границата на горен еоцен спрема постар палеоген.

Врз основа на асоцијацијата на бентосни фораминифери пронајдени во Тиквешкиот басен (профил Криволак), овозможи да се идентифицира една биостратиграфска подзона *Bolivina antegressa*. Како критериум за издвојување на биозоната *Bolivina antegressa*, е појавувањето и исчезнува- њето на таксоните од видовата група Bolivina со претставниците *Bolivina antegressa* Subbotina, и *Bolivina gracilis* Cushman. Издвоената биозона *Bolivina antegressa* со застапените бентосни видови, припаѓа на горниот дел на зоната *Planulina costata* (Бугрова, 1988), и се однесува за геолошка старост горен еоцен - приабонски кат (табела 2).

И двете издвоени биостратиграфски зони прецизно ја одредуваат геолошката старост на палеогените седименти на Тиквешкиот басен во нивото на горен еоцен - приабонски кат.

На ваков начин дадените профили се во корелација со светскиот зонален стандард.

Табела 2. Зонална поделба на еоценот според бентосни фораминифери (Бугрова, 1988)

<table>
<tr><td rowspan="2">Оддел</td><td rowspan="2">Пододел</td><td colspan="2">Зони, подзони</td></tr>
<tr><td colspan="2">по бентосни фораминифери</td></tr>
<tr><td rowspan="6">Е о ц е н</td><td rowspan="2">горен</td><td rowspan="2">Planulina costata</td><td>Bolivina antegressa</td></tr>
<tr><td>Brotzenella taurica</td></tr>
<tr><td rowspan="4">с р е д е н</td><td colspan="2">Caucasinella pseudoelongata</td></tr>
<tr><td colspan="2">Haplophragmoides orfaensis</td></tr>
<tr><td colspan="2">Uvigerina costellata</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Pseudogaudryina pseudonavarroana</td><td>Turkmenella ninikae</td></tr>
<tr><td rowspan="2">долен</td><td>Bulimina mitgarziana</td></tr>
<tr><td colspan="2">Pseudogaudryina externa</td></tr>
</table>

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на систематското проучување на фораминиферната фауна одредените видови во Тиквешкиот басен се класифицирани во неколку групи:

- видови распространети само во горен еоцен;
- видови кои доаѓаат од пониските нивоа и се распространети до E_3;
- видови кои се појавуваат во E_3 и живеат покасно до Ol, N;
- видови кои живеат порано од горен еоцен;
- видови кои живеат покасно од еоценот.

Асоцијацијата на планктонски и бентосни фораминифери, пронајдени во Тиквешкиот басен, овозможи да се идентифицира една локална биостратиграфска зона *Catapsydrax dissimilis - Globigerinatheka tropicalis* (Toumarkine & Bolli, 1985) и една биостратиграфска подзона *Bolivina antegressa* од зоната *Planulina costata* (Bugrova, 1988), со што е потврдена геолошката старост горен еоцен - приабонски кат на горната флишна литозона.

Со дефинирање на стратиграфската позиција на фораминиферните видови, палеогените седименти во Тиквешкиот басен се интерпретирани кон хроностратиграфската единица - приабонски кат (горен еоцен).

Со ова сознание, геолошката старост на палеогените седиментите од горната флишна литозона на Тиквешкиот басен категорично припаѓаат на горен еоцен - приабонски кат. Меѓутоа, со истражувањето е добиено широк спектар на распространение на фораминиферни видови за целиот еоцен (E_1, E_2, E_3), каде може да се заклучи дека подолните нивоа (базална, долна флишна литозона и литозона на жолти песочници) од Тиквешкиот палеоген се постари од горен еоцен, кои укажуваат на создавањето на Тиквешкиот басен каде најверојатно започнал да се формира на крајот на долен еоцен.

ЛИТЕРАТУРА

Arsovski, M., Dumurdzanov, N., 1995: Alpine tectonic evolution of the Vardar zone and its place in the Balcan region. *Geologica Macedonica*, 9, 1, 15-22.

Braga, G., Biase, R., Cruning, A., Decima, F. P., 1975: Foraminiferi Bentonici del Paleocene e dell Eocene della sezone di Possagno. *Schweiz. Palaont. Abh.*,97, 85-199.

Бугрова, Э. М., 1988: Зональное деление эоцена юга СССР по бентосным фораминиферам. Акад. Наук. СССР, т. 300, н.1, 169-171.

Василенко, В., 1954: Аномалиниды. *Тр. ВНИГРИ, нов. сер., 80*, 282.

Cavelier, C., Pomerol, C., 1986: Stratigraphy of the Paleogene. *Bull. Soc. geol. France*. II, 2, 255-265.

Darakchieva, S., Juranov, S., 1992: Small Foraminifers from the Middle and Upper Eocene in the Burgas District. Calcareous benthic foraminifers. *Geol. Balc.*, I, 22, 4.

Джуранов, С., 1992: Стратиграфия на Еоцена в Бургаско. *Сп. Былг. геол. д-во, 53*.

Grűnig, A., 1985: Systematical description of eocene benthic foraminifera of Possagno (Northern Italy), Sansoain (Northern Spain) and Biarritz (Aquitaine, France). *Memorie di Sc. Geolog.* 37. 251-302 fig.2, tab.1.

Kaasschieter, J., 1961: Foraminifera of the Eocene of Belgium. *Mem. Inst. Sci. Nat. Belgique. 147*, 1-271.

King, C., 1983: Cainozoik micropaleontological biostratigraphy of the North Sea. *Institute of Geological Sciences*. London. 82/7, 40 p.

Колективан рад чланова на САН, 1954: Геолошки састав и тектонска структура једног дела Овчег Поља и Тиквеша са палеонтолошком

документ- нтацијом. *Трудови на Геолошкиот завод, Скопје.* фасц. 4.
Le Calvez, Y., 1970: Contribution a letide des Foraminiferes Paleogenes du Bassin de Paris. *Center Nat. de la Recherche scientifique.* Paris, 327 p.
Lőeblich, A., Tappan, H., 1988: Foraminiferal genera and their classification: plates New York, Van Nostrand Reingold, 900 p.
Odrzywolska - Bienkowa, E., Pozaryska, K., 1984: Priabonian foraminifers of the Polish Lowlands. *Acta Paleont. Pol.*,29, 3-4, 107-156.
Papp, A., Schmid, A., 1985: Die fossilen foraminiferen des Tertiären beckens von Wien. Revision der monographie von Alcide d´Orbigny (1846). *Abh. Geol. Bund.*, 37, 310 s.
Pozaryska, K., 1977: Upper Eocene Foraminifera of Poland and their paleographical meaning. *Acta Paleont. Pol.*, 22, 1, 3-54.
Proto Decima, F., H. Bolli, 1978. Southeast Atlantic DSDP leg 40 Paleogene benthic foraminifers - In: *Init. Repts. DSDP*, 40, 783-809.
Субботина, Н., 1953: Верхнеэоценовы лягениды и булиминиды юга СССР. *Тр. ВНИГРИ*, *153*, 5-157.
Temkova V., 1985: Problem na granicata pomegu goren eocen i oligocen vo Makedonija. Geol. Glasnik 28, projekt 174, Sarajevo.
Toumarkine M., and H. Luterbacher, 1985: Paleocene and Eocene planktic foraminifera. In: Bolli, H.& (Eds.) "Plankton stratigraphy", Cambridge Univ. Press, 87-154.
Христов С., Карајовановиќ М., 1969: Толкувач за Основна Геолошка Карта на СФРЈ, 1 : 100 000, лист Кавадарци. Геолошки завод, Скопје.
Cushman, J. A., P. Bermudez, 1937. Further New Species of Foraminifera from the Eocene of Cuba. *Contrib. Cush. Lab. For. Res*., 13, 1, 1-29.
Čanovič M., 1969: Mikrobiostratigrafsko proučavanje sedimentne serije u profilu bušotini Kurjačka reka – 1 (Makedonija). Nafta Gas. Novi Sad.

ТАБЛИЦА I

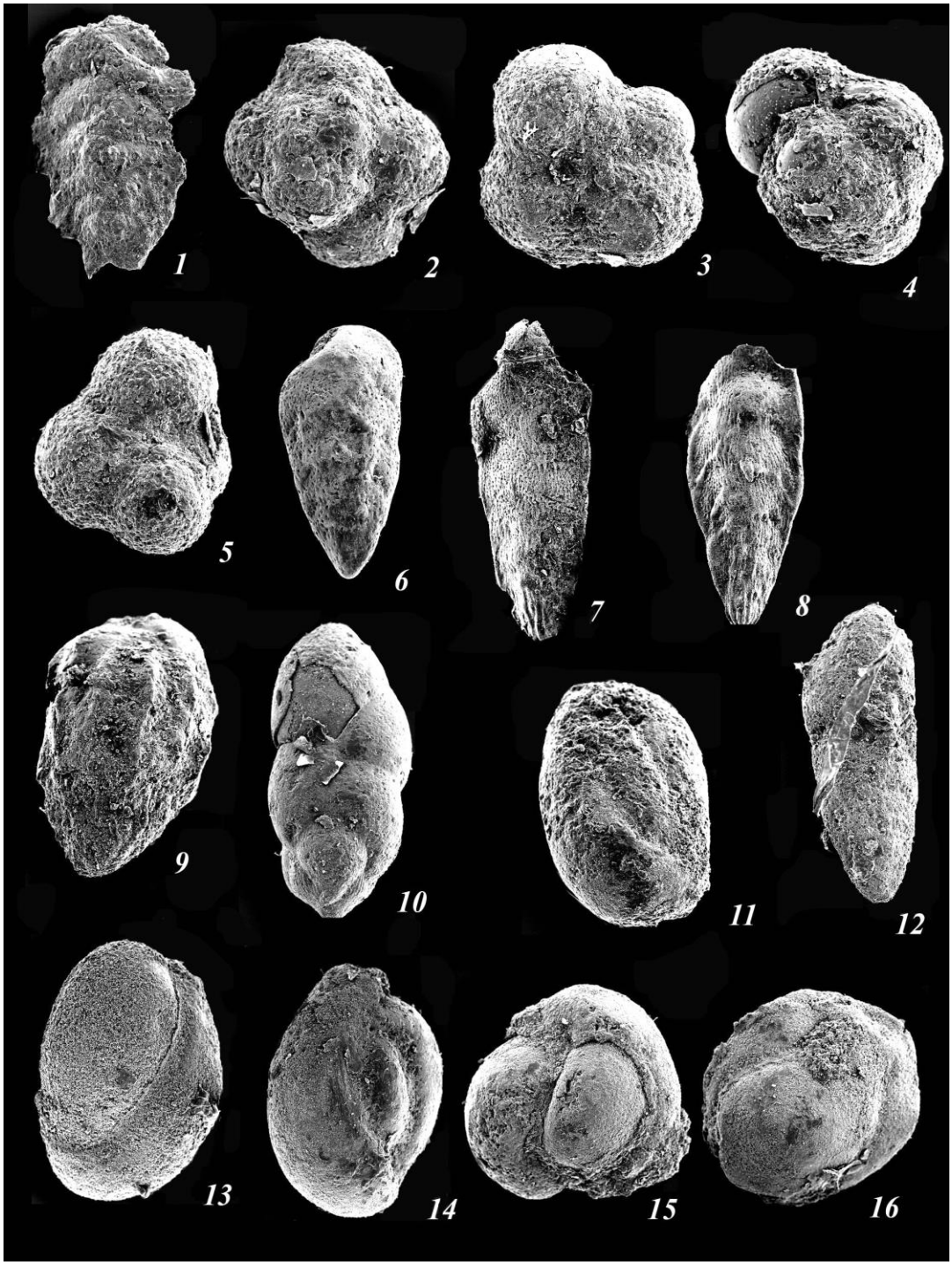


ТАБЛИЦА I. ***1.*** *Spiroplectamina carinata carinata* (d'Orbigny). K, H, XJ, E_3, SEMx95. ***2-3.*** *Globigerina officinalis* Subbotina.K, XJ,H,Ч, KP1, E_3–Ol_1, 2–спирална страна, SEMx200; 3–папочна страна, SEMx220. ***4-5.*** *Globigerina ouachitaensis* Howe and Wallace. K, XJ, H, E_3–Ol_1, 4–спирална страна, SEMx250; 5–папочна страна, SEMx220. ***6.*** *Bolivina cookei* Cushman. K, XJ, H, E_3–Ol, SEMx130. ***7.*** *Bolivina gracilis* Cushman and Applin. K, XJ, E_3, SEMx140. ***8.*** *Bolivina cf. antegressa* Subbotina. K, E_3, SEMx95. ***9.*** *Bulimina sculptilis* Cushman. K, XJ, Ч, E_3, SEMx150. ***10.*** *Pleurostomella ex. gr. bellardi* Hantken. K, H, E_3, SEMx130. ***11, 13 -15.*** *Triloculina gibba* d'Orbigny. K, XJ, Ч, E, 11, 13-SEMx250, 14–15, SEMx200. ***12.*** *Bolivina dilatata* Reuss. K, H, Ч, E, SEMx150. ***16.*** *Pyrgo bulloides* (d'Orbigny). K, XJ, E, SEMx180.

ТАБЛИЦА II

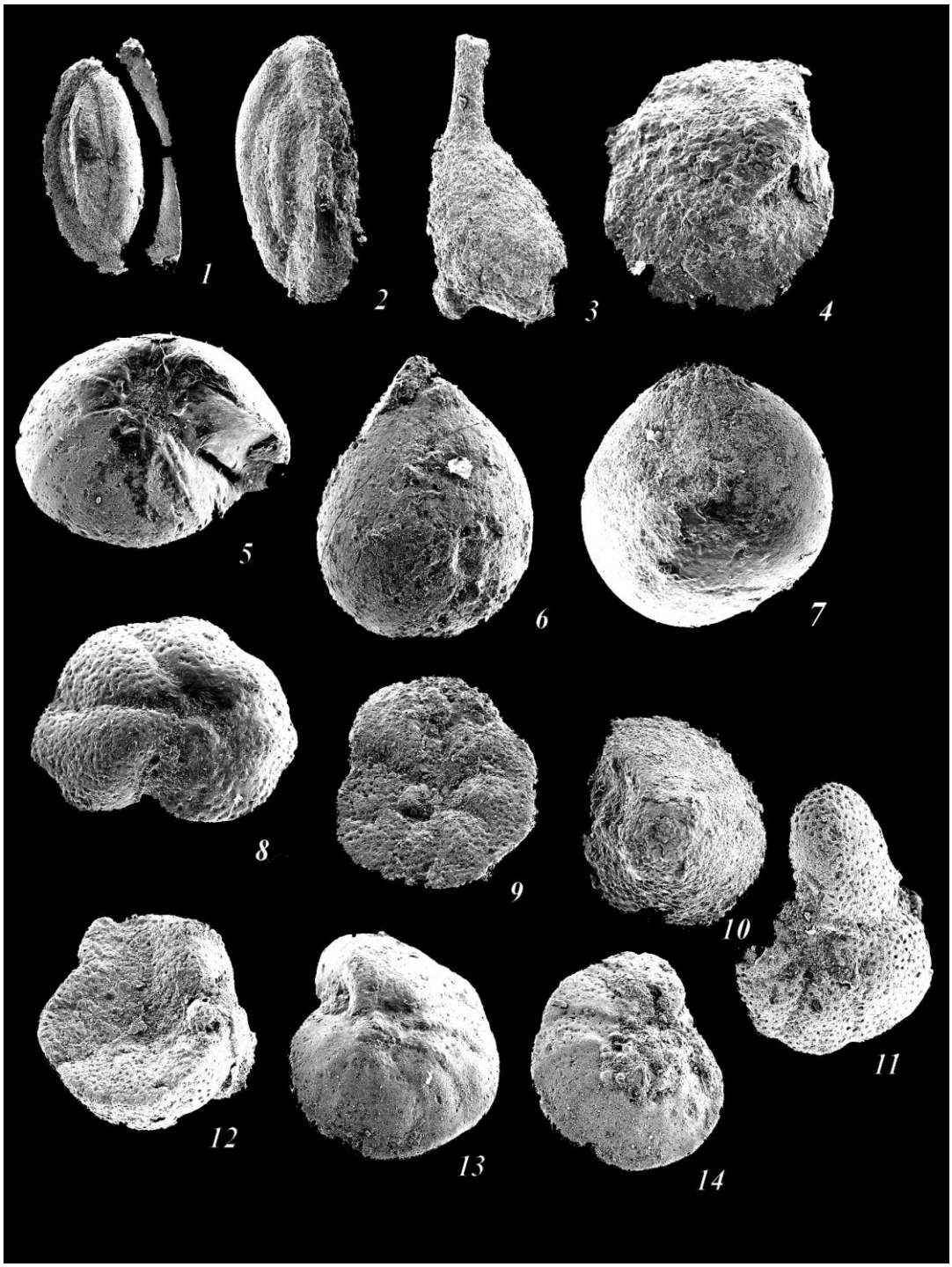


ТАБЛИЦА II. ***1-2.*** *Quinqueloculina juleana* d'Orbigny. K, XJ, H, Ч, E-N, 1- SEM x 100, 2- SEMx250. ***3.*** *Hyperammina sp.* XJ, Ч, 2–спирална страна, SEMx150. ***4.*** *Robulus sp.* K, SEMx150. ***5.*** *Gyroidina soldani* d'Orbigny. K, XJ, H, KP1, Ol, SEMx170. ***6.*** *Guttulina irregularis* (d'Orbigny). K, H, Ч, E, SEMx200. ***7.*** *Globulina gibba* (d'Orbigny). KP1, K, H, E-Ol, SEMx170. ***8-9.*** *Cibicides lobatulus* (Walker and Jakob). K, H, XJ. E, 8–папочна страна, SEMx160; 9–спирална страна, SEMx180. ***10,12.*** *Cibicides sp.* XJ, K, 10-папочна страна, SEMx160; 12–спирална страна, SEMx180. ***11.*** *Cibicides carinatus* (Terquem). H, KP1, E, SEMx150. ***13, 14.*** *Cibicides lobatulus* (Walker and Jakob). K, H, XJ, E, 13–папочна страна, SEMx160; 14–спирална страна, SEMx180.

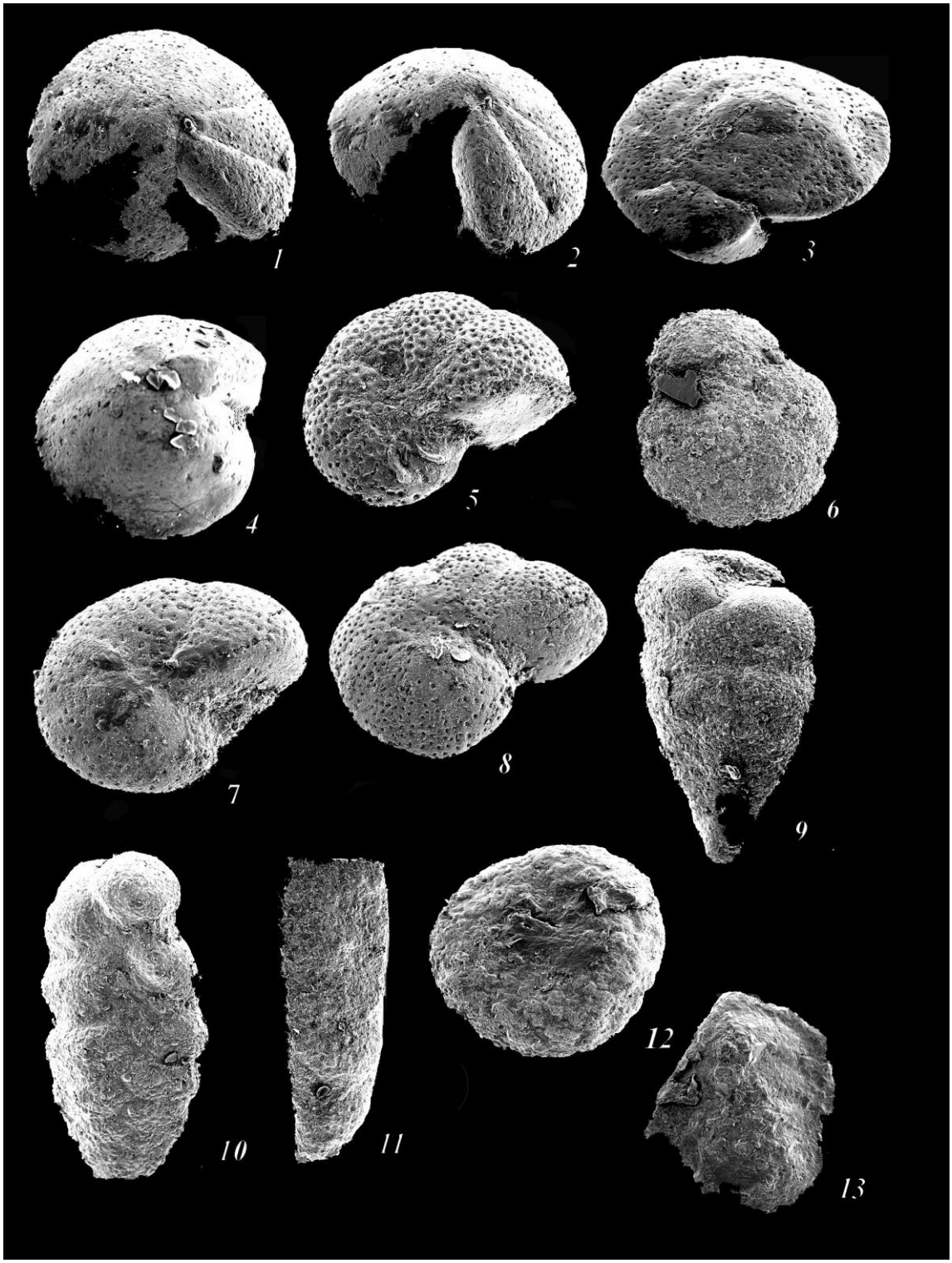


ТАБЛИЦА III. *1-2. Cibicides tallahatensis* Bandy. K, XJ, H, E, 1-папочна страна, SEMx120, 2- SEMx120. *3. Cibicides tallahatensis* Bandy. K, XJ, H, E, спирална страна, SEMx160. *4. Cibicides lectus* (Vasilenko). K, XJ, Ч, Pc, SEMx140. *5-8. Anomalinoides welleri* (Plumer). K. H, XJ, Ч, 5-папочна страна, SEMx160; 6–спирална страна, SEMx150; 7–спирална страна SEMx190; 8-папочна страна - SEMx150. *9. Textularia minuta* Terquem. K, H, Ч, E, SEMx110. *10. Textularia broniana* d'Orbigny. XJ, K, Ol-N, SEMx130. *11. Bathysiphon sp.* K,Ч, SEMx110. *12. Saccamina placenta* (Grzybowski). XJ, H, Pc, SEMx150. *13. Spiroplectamina dentata* (Alth). XJ, H, Ч, Pc-E, SEMx130.

TECTONIC STRUCTURE OF BULGARIA AND MACEDONIA BASED ON TRANSMED TRANSECT III

[1]Ivan Zagorchev, [1]Christo Dabovski and [2]Nikola Dumurdzhanov

[1]Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia (i_zagorchev@geology.bas.bg)
[2]Faculty of Mining and Geology, Skopje University

Abstract: The overall Alpine structure of Macedonia and Bulgaria along Transect III is dominated by remnants of oceanic crust along the Vardar suture, and a number of pre-Alpine (Precambrian and Palaeozoic) crustal fragments imbricated with Alpine sedimentary formations. The dominant vergence is towards west-southwest on Macedonian territory (west of the Serbo-Macedonian massif), and north-northeast, in the Srednogorie and Balkanides. The territory between the Vardar zone and the Moesian platform is characterized by development of shorter-lived epicontinental basins superimposed in arc environments. Their closure resulted in crustal thickening and formation of several orogens.

Key words: Alpine structure; Bulgaria; Macedonia.

INTRODUCTION

The TRANSMED project gathered important evidence about the structure of the Mediterranean (Cavazza et al., eds., 2004), and opened new research perspectives. The geology of the Mediterranean realm has been represented in 9 transversal sections (transects) through the main tectonic structures. The longest transect (No III) has an arcuate shape, and crosses through a number of structures of Southern Europe: from the Massif Central of France, through the Gulf of Lion and the Provencal Basin, Sardinia, the Tyrrhenian Basin, the Southern Apennines, Apulia and the Adriatic Sea reaches the Balkan Peninsula at the Albanian coast. After crossing the Albanides, Transect III continues through the West Macedonian zone, the Pelagonian massif, Vardar zone, the Serbo-Macedonian massif and Morava unit, Struma unit, the Srednogorie, West Balkan unit, Fore-Balkan, and a part of the Moesian platform for to reach the Danube at Oryahovo. The present authors have been responsible for the study and description of the transect on the territories of the republics of Bulgaria and Macedonia. The paper aims to expose in details the character and evolution of the principal tectonic units in these two countries enriched with new data gathered during the past four years.

The overall structure of the region is well known. In the older literature it has been described as a divergent Alpine orogen consisting of two branches and a median "massif" between them. With the advent of plate tectonics, the principal role is ascribed to the Tethyan ocean and the sutures that remain from the consumed oceanic lithosphere. In this optics, Boyanov et al. (1989) and Dabovski et al. (2002) considered the Alpine evolution of the region as a sequence of opening and closing of epicontinental basins with formation of separate collisional orogens at the northeastern side of the active plate (Tethys) margin whereas the Tethys ocean itself evolved by opening of several seaways characterized with comparatively stable behavior of isopic zones. Although the closure of the Vardar ocean occurred in late Mid Jurassic to Late Jurassic times, the isopic zones continued their evolution throughout the whole remaining part of the Mesozoic and most of the Cenozoic, the final sea sediments being of Pliocene age.

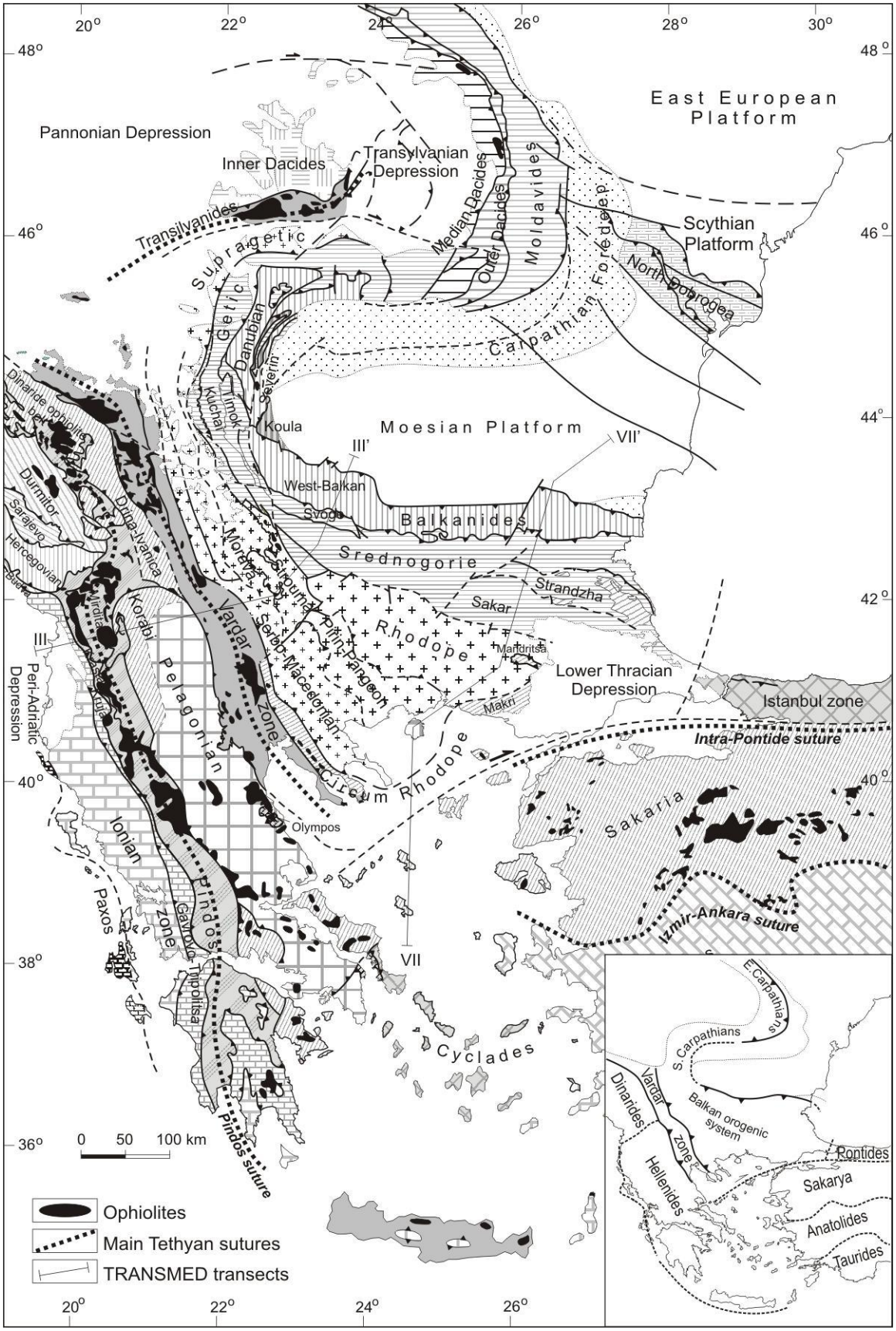


Fig. 1. Tectonic sketch of the Alpine orogenic belts on the Balkan Peninsula (compiled by C.Dabovski and I. Zagorchev)

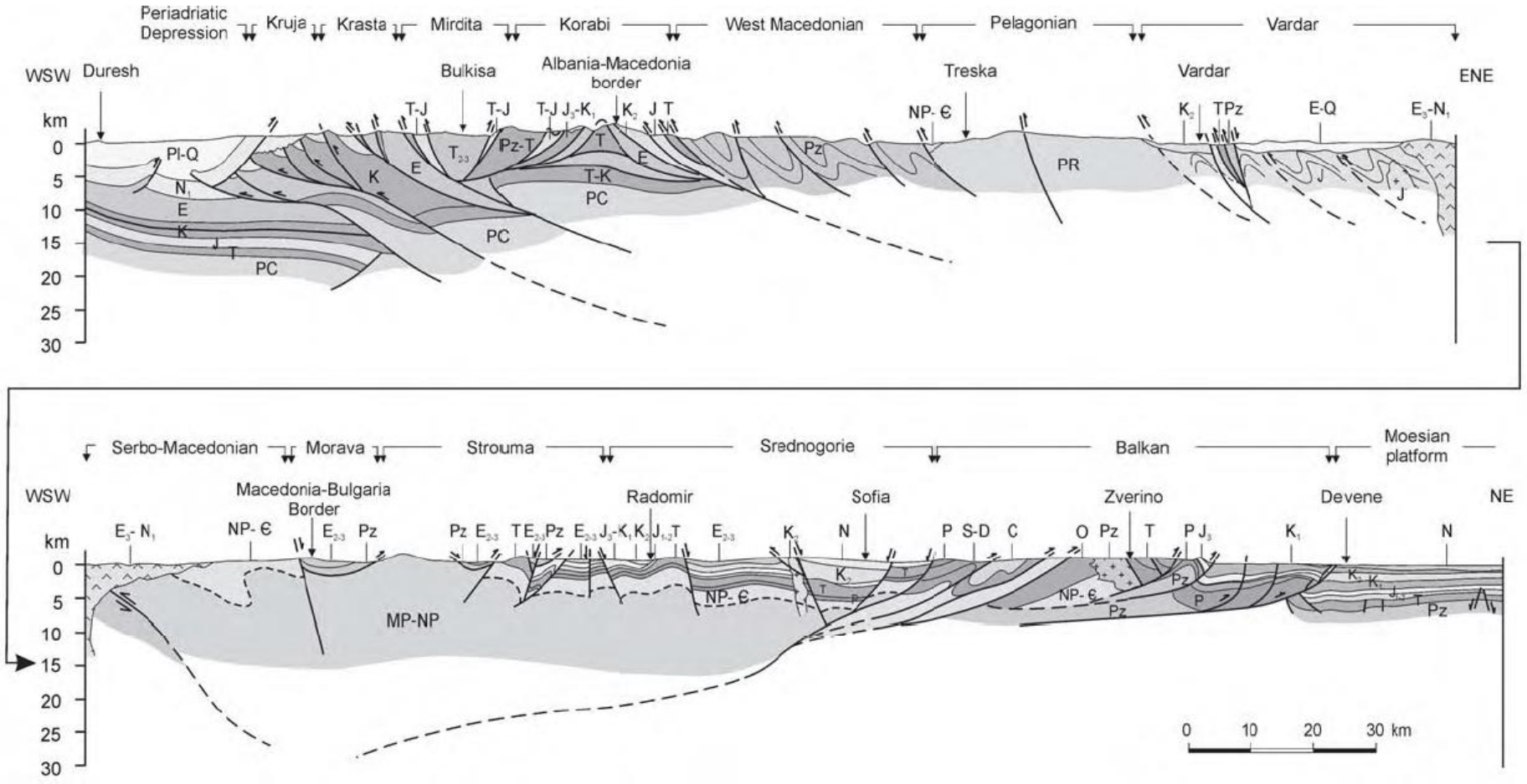


Fig. 2. Conceptual section across Albanian Dinarides, Balkan orogenic belt and the southern Moesian platform margin (based on TRASNSMED Transect III, Gaetani et al., 2004, modified). Location of transect shown in Fig 1

Another important feature of the region is the wide occurrence of pre-Alpine continental crustal fragments. They bear the traces of a complex evolution. The oldest zircon age evidence comes from Late Archean – Early Palaeozoic (c. 2.9 Ga, data recently obtained by T. Bayanova) basic rocks preserved as lenses in the Ograzhdenian gneisses and believed to be remnants of ancient collision. A Cadomian amphibolite-facies event is believed to be most important for the tectonometamorphic homogeneization of the basement over large areas of the Morava-Rhodope zone and the cores of the Srednogorie. Palaeozoic complexes are widespread in some of the Alpine zones as well.

TETHYS OCEANIC CRUST REMNANTS

The remnants of Tethyan oceanic crust consist of ophiolite slabs composed of lherzolites, harzburgites, dunites, basalts and pillow-lavas. Locally they are imbricated with thrust sheets of Triassic and Jurassic slope deposits. The ophiolites are exposed in two bands: a western band in the Internal Albanides (Mirdita zone), and an eastern one, along the Vardar zone. There are still considerable arguments whether the two bands represented remnants of two independent Tethyan oceans or the Mirdita ophiolites represented squeezed and westwards imbricated and thrusted parts of the Vardar suture. The upper limit of the ocean existence is defined by the covering Upper Jurassic (Kimmeridgian? – Tithonian) carbonates with calpionellids (Ivanov et al., 1987). Mercier and Vergely (1972) signaled the presence of two ophiolite belts along the Vardar (Axios) zone itself, the western one (Almopias) being sealed by Upper Cretaceous sediments. Coarse Upper Cretaceous flysch west of the Vardar and the Pelagonian contains huge olistholites both of ophiolites and of Triassic-Jurassic low-grade metamorphic carbonates of Pelagonian continental provenance. Thus, although favoring a Vardar closure in Late Jurassic (Tithonian) times we are still not absolutely sure about the possibility of a separate Cretaceous opening with Mid-Cretaceous closure of a narrow Almopias oceanic trough. However, and irrespectively of this issue, it is believed that northeastward subduction of the oceanic slab(s) under the Serbo-Macedonian massif continued in Cretaceous times, and even gave some overprint on the Palaeogene tectonic evolution.

CONTINENTAL CRUSTAL AREAS WEST OF THE VARDAR ZONE

The largest parts of the region are occupied by continental crustal units. They are imbricated and thrusted with a southwestward vergence within the Tethyan domain southwest of the Serbo-Macedonian massif, and with a northeastern vergence, to the northeast of the latter.

The space between the Mirdita zone and the Vardar zone has a complex west-verging structure. On Albanian territory it consists (Gaetani, Nazai in Cavazza et al., eds., 2004) of the Korabi zone built up of Palaeozoic (Ordovician to Devonian) sedimentary formations unconformably covered by continental Permian, and a marine Triassic and Jurassic sequence. The thrust sheets are situated over terrigenous (flysch) Upper Jurassic to Eocene sediments that have been finally penetrated by evaporites (Peshkopia dome).

To the east of Peshkopia dome, the *West Macedonian zone* consists of Lower Palaeozoic volcano-sedimentary, metaterrigenous and metacarbonatic rocks, Variscan granitoides and Triassic to Upper Cretaceous sediments. At the base, a thick (over 7 km) volcano-sedimentary sequence of greenschist-facies rocks (quartzites, metaconglomerates, metarhyolites, metakeratophyres, metadiabases, tuffs and metagabbros with minor intercalations of marble) is referred to the Cambrian and Ordovician. Silurian-Devonian anchimetamorphic lutite-psamites and carbonate rocks with rare meta-volcanites follow. These two complexes are intruded by Hercynian igneous rocks. The Hercynian complexes are unconformably covered by Triassic (about 150 m of Olenekian–Anisian: basal conglomerates, sandstones, argillites; 500-600 m Middle and Upper Triassic: limestones, with rare layers of dolomite and chert) followed by Jurassic deposits (Liassic conglomerates, sandstones, and argillites with cherts and marly limestones, intruded by gabbros, diabases, keratophyres and rhyolites; breccia-conglomerates and olistostromes at the top of the section). Granite bodies (Shtip pluton) are also referred to the Upper Jurassic.

The Cretaceous consists of Turonian-Senonian flyshoid sediments (conglomerates-sandstones, sandy argillites, limestones, olistostromes) 1000 m thick. They are overlain by 300-400 m thick Senonian rudist limestones.

Further east, the *Pelagonian massif* is composed by high grade metamorphic rocks and granitoids of Proterozoic and Neoproterozoic-Cambrian age (Arsovski, 1997; Dumurdzanov, 1985). The Proterozoic metamorphic complex has a complex structure, and a thickness estimated at about 10 km. Three formations have been distinguished. The Selecka Formation is situated at the base, and consists of porphyroblastic and augen gneisses, migmatites, kyanite-staurolite micaschists, amphibolites and quartzites with a total thickness of up to 8 km. The Nezilovo Formation (200-700 m of gneisses and micaschists) is covered by the 3500 m thick marbles of the Solunska Glava Formation. The complex is intruded by Neoproterozoic (800-1000 Ma) granitoids. Two formations referred to the Neoproterozoic (Vendian) and Cambrian are distinguished at the western (Samokovska Formation) and eastern (Trojaci Formation) peripheries of the massif. They consist of garnet- and graphite-bearing micaschists, marbles and some metabasite lenses. Blue schists (crossite-, glaucophane- and phengite-bearing) have been reported from the Trojaci Formation.

VARDAR ZONE

The Vardar zone is regarded as a complex suture zone that consists of sheets of Jurassic oceanic crust (ophiolites) imbricated with older (Palaeozoic and Triassic) and younger sedimentary and volcano-sedimentary formations (Ivanov et al., 1987; Dumurdzanov and Petrov, 1990). The Palaeozoic Veleska Formation (Cambrian-Ordovician?; estimated thickness about 5-7 km) consists of quartz-sericite schists, quartzites, metadiabases, metarhyolites and minor marbles. It is covered by anchimetamorphic rocks: marbles, argilloschists, quartz-sericite-illite schists and quartzites (Silurian-Devonian; about 3000 m). The Triassic (600 - 750 m) is represented by basal conglomerate, sandstones and shales (Lower Triassic), and Middle to Upper Triassic limestones with minor dolomites and cherts. The complete section (about 10 km thick) of the Jurassic oceanic crust crops out as the Demir Kapija-Gevgelija and Skopska Crna Gora ophiolitic complexes. The ophiolitic section has been subdivided into 8 parts (from bottom to top): a) gabbros, troctolites, rare wehrlites and dunites (5 km thick); b) sheeted dyke complex, 200-500 m thick; c) 2000 m of massive basalts; d) 1500 m of spilitic pillow basalts; e) spilite-keratophyre level (200 m thick); f) basalt-chert group (250 m thick); g) flysch with olistostromes (350 m thick); h) 400 m of Tithonian limestones. Jurassic collisional granitoids (Shtip massif) with radiometric ages of 152-162 Ma have been mapped in the eastern part of the zone. The oldest post-collisional formations (about 2000 m of basal conglomerates, flysch and Mastrichtian limestones) are of Late Cretaceous age.

MORAVA-RHODOPE ZONE

The Morava-Rhodope zone was formed in its actual shape during the Mid-Cretaceous thrusting and folding when the Morava unit had been thrust to the north-east over the Strouma unit. The zone includes also the Serbo-Macedonian Massif, and the Rhodope massif (Pirin-Pangeon, Central Rhodope and East Rhodope units). Thus, the zone has a highly heterogeneous character. The western parts of the Central Rhodope unit have the thickest crust on the Balkan Peninsula (50-55 km) formed through multiphase thickening at different crustal levels.

The Serbo-Macedonian massif represents a wedge of continental crust developed as a part of the Morava-Rhodope zone at the margin of the Tethys with Eurasia. It is thrusted westwards over the Vardar zone, and eastwards (Morava unit), over the Strouma unit. Precambrian (Upper Archean to Proterozoic) and Vendian-Cambrian complexes (Dimitrijevic, 1995; Zagorchev and Milovanovic, 2006) are unconformably overlain by Lower Paleozoic, Permian, Triassic and Upper Cretaceous rocks.

The Precambrian Ograzhdenian complex is composed of amphibolite-facies polymetamorphic and polydeformational rocks: gneisses, micaschists, amphibolites. They contain lenses of ultrabasic and basic rocks (serpentinites, harzburgites, lherzolites, norites), some of them transformed into eclogites. Diatexites and metagranites are also present. New still unpublished data point at tectonometamorphic amalgamation of very old (Late Archean to Early Proterozoic) oceanic crust with Precambrian continental crust, a

major Cadomian tectonometamorphic event, Ordovician metagranites, and Late Hercynian post-metamorphic granites. All thickness estimates (more than 10 km?) are conjectural, the whole complex being folded and refolded during multiple tectonic events. A Vendian-Cambrian greenschist-facies complex (Vlasina Group, Frolosh Formation) has a thickness estimated at between 1 and 4-5 km, and a composition of chlorite and actinolite schists, metasandstones, metaconglomerates, and metadiabases. Metabasic rocks (gabbros) are also present. Zircon data (Graf, 2001) point at an age of c. 560-570 Ma. It is not yet proven whether the metabasic rocks dated represented remnants of old oceanic crust or later intrusive bodies. Another pending problem concerns the contact between the amphibolite-facies and greenschist-facies complexes: it has a tectonic or tectonized character, and bears traces of several yet undated syn-greenschist-facies deformations represented by diaphthorites in the Ograzhdenian. Cadomian collision of two terranes has been suggested (Haydoutov et al., 1997) but interpretations widely vary. Mostly along the eastern thrusted periphery of the massif, in the Morava zone, a Palaeozoic section contains low-grade phyllites, lydites, limestones, and flysch, the section containing almost full column from Cambrian and Ordovician to Upper Devonian – lowermost Carboniferous.

The Morava unit was formed as a result of Mid Cretaceous thrusting of a ridge structure (Serbo-Macedonian massif) over the Triassic to Lower Cretaceous sediments of the Nish-Troyan flysch trough. The unit consists of several thrust sheets with slightly different lithologies. Only pre-Alpine rock units are present, at least on Bulgarian territory.

The Strouma unit consists of three subunits with different sections and geologic history. In the southernmost (Vlahina) subunit the basement is built up of the Ograzhdenian complex and the Frolosh Formation. The latter is intruded by an igneous association of basic (gabbro and diorites) to granite rocks (Strouma diorite “formation”) of island-arc signature and Cadomian? age. It is covered with depositional contact by Permian and Lower Triassic red beds and Middle to Upper Triassic carbonate-terrigeneous formations. The basement in the Osogovo subunit consists of the Osogovo complex: various gneisses, schists and amphibolites (orthoamphibolites included) of Precambrian age. Metagranites and metadiorites dated by U-Pb zircon studies at 520-540 Ma (Graf, 2001) are the last igneous manifestations. On Serbian territory (Bosilegrad district) they are unconformably covered with a depositional contact by Ordovician (Tremadocian) metasandstones. The Palaeozoic and Mesozoic cover has been deeply eroded in the western part. The basement of the northernmost (Trun-Louzhnitsa) subunit is locally represented by high-grade Precambrian metamorphics (gneisses, amphibolites, quartzo-feldspathic gneisses) of a recycled continental crust. The Neoproterozoic - Cambrian Frolosh Formation (metadiabases, schists, metapsammites) contains rootless bodies of mafics and ultramafics (lherzolites, troctolites, gabbro, norites) and is intruded by the Strouma diorite formation (gabbrodiorites to granites). They are regarded as a volcanic arc association that contains some slices of oceanic crust or upper mantle. These Precambrian and Lower Palaeozoic rocks are directly covered with Permian red beds. The Triassic section begins over Permian or its basement with Lower Triassic mature conglomerate and sandstone followed by Middle-Upper Triassic carbonates (limestones, dolomites) and Carnian to Norian marine red beds (red to purple shale, marl and conglomerate interbedded with oligomictic quartz sandstone and limestones). After a hiatus covering most of the Rhaetian, Hettangian and Sinemurian, the Jurassic begins locally with Lower Pliensbachian continental coal-bearing coarse terrigenous sediments followed by Upper Pliensbachian limestones. However, the transgression begins usually directly with Toarcian to Aalenian quartz sandstone, and/or Aalenian to Bathonian shelf limestones. In Aalenian to Kimmeridgian times, several environments have been formed, and namely: (i) Svetlya zone of predominant carbonate sedimentation; (ii) Treklyano zone of deeper basinal sedimentation with shales and radiolarites, some olistostromes, and transitions to (i). The Svetlya zone is regarded as a part of the carbonate platform that covered the Moesian platform and most of the Balkanides whereas the Treklyano zone is regarded as a local rift. A flysch basin (Nish-Troyan flysch trough) was superimposed over the previous environments in Kimmeridgian (locally beginning with the Callovian!) to Tithonian time, and was gradually closed and uplifted in Late Berriasian to Vallanginian times. After

the Mid-Cretaceous folding and thrusting, the unit was welded with the Morava and Rhodope units into a single Morava-Rhodope superunit that represented an uplifted part of the complex Late Cretaceous arc.

SREDNOGORIE ZONE

The Srednogorie zone is regarded as a volcanic arc with intra-arc and back-arc basins of Late Cretaceous age, transformed by north-verging folding and thrusting in latest Cretaceous times in an orogen, and later thrusted northward over the Stara-planina zone. The following complexes are distinguished: (a) a Precambrian smphibolite-facies metamorphic complex that represents typical continental crust of granitic composition (migmatites, gneisses, metagranites), and contains slivers and rootless bodies of ultramafic (ophiolitic?) character and mantle (or oceanic crust) origin; the oldest syn- to post-metamorphic granites are recently dated by U-Pb studies on zircons at about 610 Ma (Carrigan et al., 2006); (b) granitoid plutons of Carboniferous age (determined with Rb-Sr whole-rock isochrons at 340, 320-300 and 280-240 Ma) and mixed (I-type) and continental crustal signatures; (c) a Palaeozoic section occurring only in the Svoge unit at the boundary with the Balkan zone (in some papers referred to the latter) that consists of a Neoproterozoic - Cambrian greenschist-facies volcano-sedimentary complex, Ordovician (psephytic, psammitic to pelitic sediments), Silurian (sandstones, lydites, graptolite shales), Devonian (shales passing into Upper Devonian - Lower Carboniferous flysch), Carboniferous (Upper Carboniferous coal-bearing complex) and Permian (red beds) sedimentary formations; (d) Triassic and Jurassic sedimentary complexes with Peri-Tethyan (Balkanide) signature; (e) Upper Cretaceous sedimentary formations represented by coal-bearing continental to shallow-marine Cenomanian and Turonian, terrigenous to carbonate marine Coniacian, pelagic carbonates and shales, locally with radiolarites (Santonian to Campanian) and Lower-Middle Maastrichthian flysch; (f) Cenomanian? to Early Maastrichthian volcanics (from pikrites and basanites to andesites and latites), in a volcano-plutonic association with gabbro to monzonites and granodiorites of mantle signature; (g) Danian conglomeratic formation of fluviolacustrine origin that contains well-rounded pebbles from all older rocks.

BALKAN (STARA PLANINA) ZONES (BALKANIDES)

The Balkan (Stara planina) zone is characterized by north-verging thrusting and folding that occurred in pre-Late Eocene times. The zone includes fragments of units of Mid-Cretaceous and Late Cretaceous folding. The following complexes are distinguished: (a) pre-Ordovician volcano-sedimentary complexes of island-arc and (partially) oceanic signature; (b) Palaeozoic (Ordovician to Carboniferous) sedimentary formations intruded by Carboniferous granitoids; (c) Permian red beds; (d) a Triassic Peri-Tethyan sequence ending with folding and covered with unconformity by (e) a Lower Jurassic to Kimmeridgian Peri-Tethyan sequence covered by (f) a Jurassic - Upper Lower Cretaceous carbonate sequence (carbonate platform); (g) Upper Cretaceous shallow-water carbonate sequence; (h) Danian to Middle Eocene continental and shallow-marine sediments; (i) unconformable Upper Eocene molasse.

The western parts of the Balkanides consist of the West-Balkan (Berkovitsa) unit and the western part of the Fore-Balkan. The pre-Mesozoic section of the West Balkan unit is represented by greenschist-facies pre-Ordovician volcano-sedimentary rocks with Neoproterozoic - Cambrian age, and by Ordovician metasediments. The Berkovitsa Group consists of metapelites and marbles (in the lower parts) and metasiltstones and metasandstones (in the upper parts) all interlayered with spilites, keratophyres and their tuffs. Relics from an ophiolitic association are preserved as fragments. The Dalgi-Del Group is built up of metaterrigenous rocks (metaconglomerate, metasandstone, metasiltstone, phyllite) that contain olistolites of older igneous rocks. These rocks are intruded by Variscan (mostly Carboniferous) granites. The Mesozoic section corresponds to that already described for the Stara planina zone.

The Fore-Balkan is the transitional zone between the Balkan fold belt and the Moesian platform. The transitional character is indicated both by the lower degree of deformation, and by the transitional Alpine facies, e.g., lack of Jurassic - Lower Cretaceous flysch. In the eastern parts of the zone, the Triassic and Jurassic rocks are deeply buried beneath the Cretaceous and Palaeogene (partially) cover.

MOESIAN PLATFORM

In the Moesian platform on Bulgarian territory the basement is deeply buried, and is only locally reached by deep boreholes. It is represented by Devonian and Carboniferous deposits (the latter coal-bearing in Bulgarian Dobrogea), and Permian red beds. Several unconformities reflect partial uplift and erosion throughout the Mesozoic and Cenozoic. The cover contains: (a) continental Lower Triassic followed by Middle Triassic to Norian carbonates, and Carnian to Norian marine red beds; the Triassic sedimentary formations in the platform often contain evaporites, and in some parts, volcanic products related to rifting; (b) transgressive terrigenous and carbonate Jurassic; (c) Upper Jurassic to Lower Cretaceous carbonate sequences; (d) Upper Cretaceous shallow-marine carbonate and terrigenous deposits, and continental or marine Palaeogene; (e) locally Badenian to Pontian Neogene marine sediments that belong to a transitional zone between the Central and Eastern Paratethys. Large parts of the platform are covered by loess.

GENERAL EVOLUTION FEATURES

The complex tectonic structure of the Balkan Peninsula resulted from superposition of events belonging to almost all tectonic cycles. The available information is still insufficient for to outline the early Precambrian evolution. However, there is already some evidence about the presence of very old (about 2.9 Ga) oceanic crust, and of continental crust of equally old (about 2.5 Ga) age. Detrital zircons in some of the metamorphic complexes yielded even older (around 3.2 Ga) ages. Most of the information available comes from late Neoproterozoic times. Thus, Rb-Sr and U-Pb evidence points at important Cadomian tectonometamorphic events (Zagorchev in Cavazza et al., 2004) in all metamorphic terrains of the Balkans: in the Serbo-Macedonian massif, the Rhodope massif (Neoproterozoic zircon ages in eclogites), Sredna Gora (Neoproterozoic granites). Several Neoproterozoic to early Palaeozoic terranes have been postulated (s. Yanev, 1993; Haydoutov et al., 1997), and their drift ended with the Hercynian collision in Mid-Carboniferous times. The Alpine geologic evolution has been triggered by Triassic rifting. The formation of the Tethyan oceanic realm and the presence of a lens of thickened continental crust at the southern board of the Moesian platform controlled the whole Alpine evolution: Late Jurassic to Late Cretaceous consumption of the Tethyan oceanic lithosphere, and several episodes of opening and closure of arc basins at the platform complex boundary. The dominant tectonic regime changed several times from extensional to compressive conditions, extension being most important during the Late Cretaceous crustal thinning and formation of the Srednogorie volcanic arc, Late Eocene to Oligocene extensional formation of a number of basins, and the overall extension, rifting and block rotations in Palaeogene and Neogene times (Zagorchev, 1992, 2006). The most important compressive and transpressive episodes occurred in Late Triassic, Mid Jurassic (locally), Mid Cretaceous, Late Cretaceous, Mid Eocene and earliest Miocene times.

REFERENCES

Arsovski M. (1997) Tectonics of Macedonia (in Macedonian). Special edition of Faculty of Mining and Geology, Shtip: 306 p.

Boyanov, I., Dabovski, C., Gocev, P., Harkovska, A., Kostadinov, V., Tzankov, Tz., Zagorcev, I. (1989) A new view of the Alpine tectonic evolution of Bulgaria. Geologica Rhodopica, 1: 107-121.

Carrigan, C. W., Mukasa, S. B., Haydoutov, I., Kolcheva, K. (2006) Neoproterozoic magmatism and carboniferous high-grade metamorphism in the Sredna Gora zone, Bulgaria: An extension of the Gondwana-derived Avalonian-Cadomian belt? Precambrian Res., 147: 404-416.

Cavazza, W., Roure, F., Spakman, W., Stampfli, G., Ziegler, P. (eds.) (2004) The Transmed Atlas. Springer, Berlin: 113 p. + CD.

Dabovski, C., Boyanov, I., Khrischev, Kh., Nikolov, T., Sapounov, I., Yanev, Y., Zagorchev, I. (2002) Structure and Alpine evolution of Bulgaria. Geologica Balcanica, 32, 2-4: 9-15.

Dimitrijevic, M. 1996. Geology of Yugoslavia. Geoinstitut, Belgrade: 205 p.

Dumurdzanov N. (1985) Petrogenetic characteristics of the high metamorphic and magmatic rocks of the Central and Western part of Selecka Mountain (Pelagonian massif) - SR Macedonia, Yugoslavia. Geologica Macedonica, T.II, Fasc.1.

Dumurdzanov N., Petrov G. (1990) Lithostratigraphical and chemical characteristics of the Vardar ocean crust in the territory of SR Macedonia. XII Yugoslavia Geological Congres. B.I.Ohrid, R.Macedonia.

Graf, J. 2001. Alpine tectonics in western Bulgaria: Cretaceous compression of the Kraiste region and Cenozoic exhumation of the crystalline Osogovo-Lisec Complex. Dissertation ETH No 14'238, Zurich: 197 pp.

Haydoutov, I., Gochev, P., Kozhoukharov, D., Yanev, S. (1997) Terranes in the Balkan area. In: Papanikolaou, D. (ed.). IGCP Project 276. Terrane map and terrane descriptions. Annales Geol. Pays Helleniques, Athens: 479-494.

Ivanov, T., Misar, Z., Bowes, D.R., Dudek, A., Dumurdžanov, N., Jaros, J., Jelinek, E., Pacesova, M. (1987) The Demir Kapija - Gevgelija ophiolite massif, Macedonia, Yugoslavia. Ofioliti, 12 (3): 457-478.

Mercier, J., Vergely, P. (1972) Les mélanges ophiolitiques de Macédoine (Grèce): décrochements d'âge anté-cretacé supérieur. Z. dt. Geol. Ges., 123: 469-489.

Yanev, S. (1993) Gondwana Palaeozoic Terranes in the Alpine Collage System of the Balkans. Journal of Himalayan Geology, 4, 2: 257-270.

Zagorcev, I. (1992) Neotectonics of the central parts of Balkan Peninsula: basic features and concepts, Geologische Rundschau, 81, 3: 635-654.

Zagorchev, I. (2006) Geodetic measurements, neotectonics and recent tectonics in SW Bulgaria. Geodesy, Sofia, 17: 3-14.

Zagorchev, I., Milovanovic, D. (2006) Deformations and metamorphism in the eastern parts of the Serbo-Macedonian Massif. in: Proceedings 18th Congress Carp.-Balkan Geol. Assoc., Belgrade: 670-673.

МЕТАЛОГЕНИЈА И НАОЃАЛИШТА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

МЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Тодор Серафимовски[1], Ванчо Чифлиганец[1] и Горан Тасев[1]

[1]Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет "Гоце Делчев"-Штип

Абстракт

Во рамките на овој труд се прикжани најперспективните и продуктивни наоѓалишта на метални минерални суровини на територијата на Република Македонија. Од испитуваните и анализирани вкупно 17 метали кои биле предмет на истражување и експлоатација ние се определивме во овој труд да презентираме и коментираме 9 од нив. Сите овие метали кои подетално се обработени имаат свое минато и перпсектива на територијата на Република Македонија. По потенцијал и перспектива главно место заземаат оловото и цинкот со околу 40 Mt тони експлоатбилни геолошки рудни резерви и потенцијалност од преку 100 Mt. После нив доаѓаат бакарот и наоѓалиштата со бакар и злато кои имаат геолошки резерви од преку 300 Mt и потенцијал преку 800 Mt. Во делот на перпсективните можности треба да се издвојат потенцијалите на злато кои главно со преку 20 т метал се поврзани за наоѓалиштето Алшар. Делот на црните метали: железо, хром, манган е со познати квалитативно-квантитативни параметри кои се презентирани во трудот. Интересни се потенцијалите на никелот кои можат да се изразат со неколку стотини милиони тони но со содржини <1% Ni.

Клучни зборови: минерални суровини, метали, Македонија, потенцијал

ВОВЕД

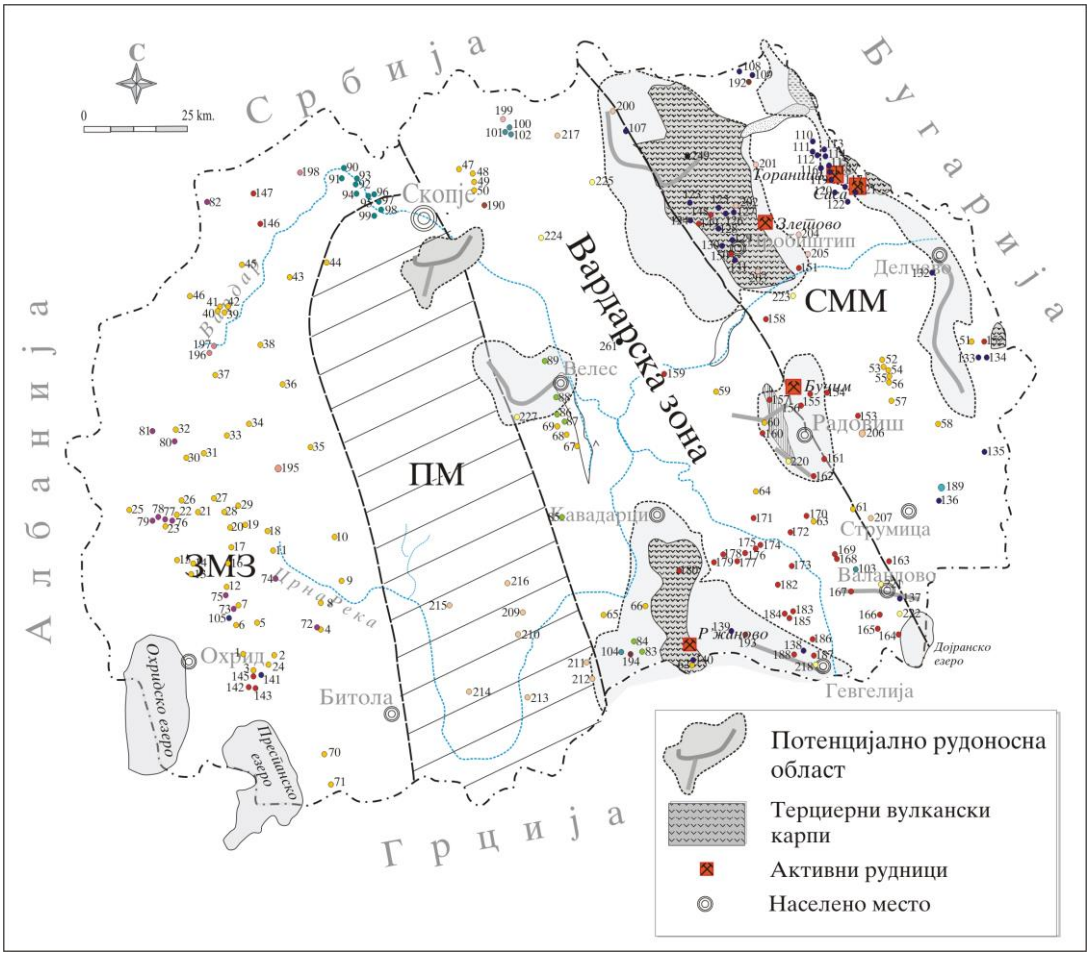
На територијата на Р. Македонија со досегашните истражувања и проучувања се утврдени поголем број на наоѓалишта и појави на метални минерални суровини кои просторно се локализирани во различни геотектонски и металогенетски единици.

Сите издвоени геотектонски единици на територијата на Република Македонија (Западно-македонска зона, Пелагониски масив, Вардарска зона, Српско-македонски масив) се одликуваат со сопствени литостратиграфски, структуролошки, геотектонски и металогенетски режим, што во основа придонесува овие крупни индивидуални единици да можат да бидат дефинирани и како посебни металогенетски единици (Слика 1).

Од досегашните регионални металогенетски проучувања е познато дека територијата на Република Македонија, во металогенетска смисла, им припаѓа на две крупни металогенетски единици (Динарска металогенетска провинција и Српско-македонска металогенетска провинција). Генерално, во дефинираните контури на Динарската металогенетска провинција (која на север продолжува во Србија а на југ во Грција) на територијата на Република Македонија целосно влегуваат Западно-македонската зона и Пелагонискиот масив, и во основа ги одразуваат нивните металогенетски карактеристики. Ваква слична ситуација имаме и кај Српско-македонската металогенетска провинција, каде во рамките на истата влегуваат металогенетските простори на Вардарската зона и Српско-македонскиот масив.

ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз основа на долгогодишните геолошки истражувања на територијата на Република Македонија се идентификувани, констатирани, утврдени и докажани преку 420 наоѓалишта и појави на метални минерални суровини (Слика 1). Најголемиот број регистрирани наоѓалишта и појави на метални минерални суровини во Република Македонија отпаѓаат главно на железото, оловото и цинкот, бакарот, уранот и манганот, но останува и понатаму констатацијата дека со бројката од вкупно 17 метала Република Македонија има висок процент на регистрирани метали на нејзината територија.



Сл. 1. Шема на просторниот распоред на наоѓалишта и појави на метални минерални суровини во Република Македонија

Fe

1. Скребатно
2. Избиште
3. Петрино
4. Боиште
5. Речица
6. Високо Дрво-Куратица
7. Црнец-Куратица
8. Демир Хисар-Ставраково
9. Сопотница- Ново Село
10. Долно Дивјатци
11. Простране
12. Грко Поле
13. Црвена Вода
14. Песочани
15. Издеглавје
16. Слатина
17. Мраморец
18. Орлов камен
19. Свиниште
20. Турје
21. Иванчиште
22. Врбјани
23. Рјански рид
24. Болно
25. Кошхашник
26. Ехловест
27. Малковест
28. Југово
29. Брдјани
30. Шкрка
31. Тајмиште
32. Селтсе
33. Чурково
34. Мидантси
35. Брезовест
36. Железна река
37. Тсерово
38. Балин дол
39. Врапчиска река
40. Прошевци
41. Дробеш
42. Појаране
43. Челопек
44. Групчин
45. Урвич
46. Враца
47. Црвен камен- бајрак
48. Смилевица
49. Бел камен
50. Блај камен
51. Буковик
52. Коницки рид
53. Громадна
54. Митрашинци
55. Лесковица
56. Длга полијана
57. Чунговец
58. Губенек
59. Долани
60. Дамјан
61. Водоча
62. Стар Дојран
63. Трла тепе- Конче
64. Иберли
65. Клиново
66. Бојанчиште
67. Пештера
68. Стари колиби
69. Говедарица
70. Крани- Љубојно
71. Долно Дупени-Љубојно

Mn

72. Долно Дупени
73. Киратица
74. Мало Илино
75. Лешани
76. Врбјанско
77. Ујиница
78. Кара дере
79. Бабин срт
80. Јадово
81. Галичник
82. Кобилица Шар Планина

Ni

83. Студена вода
84. Рјаново
85. Ракле
86. Голем рид- Ораовец
87. Врвови
88. Градиште
89. Грохот

Cr

90. Јајце
91. Грменик
92. Горанце
93. Дебело Брдо
94. Нада
95. Горна вода
96. Крвеник
97. Чашак- Грачани
98. Мала Кула
99. Кисела Вода
100. Централа- Лојане
101. Асео
102. Сува река
103. Раброво
104. Козјачки камен

Pb-Zn

105. Опенитса
106. Бериково
107. Бајловце
108. Плавило
109. Самар
110. Бојдарица
111. Средно Брдо
112. Тораница
113. Таш Тепе
114. Бачилски поток
115. Руен
116. Сокол
117. Петрова река
118. Свиња река
119. Козја река
120. Голема река
121. Косово
122. Требеш
123. Здравци камен
124. Шлегово
125. Печеница
126. Луково
127. Јамиште
128. Добрево
129. Шталковица
130. Турско рударе
131. Рајчани
132. Кулата
133. Пехчево
134. Раковец
135. Двориште
136. Иловица
137. Башибос
138. Горниште
139. Смрдлива вода
140. Дудица
141. Неилово

Cu

142. Евла, Бела Земја
143. Евла Коруба
144. Петринска Река
145. Петрина Скала
146. Лахци
147. Бејци
148. Близнаци
149. Златица- Плавица
150. Турско рударе
151. Припор
152. Кадица
153. Подареш
154. Држанци
155. Почивало
156. Радовиш
157. Бучим
158. Теранци
159. Тиса баир
160. Боров дол
161. Калугерица
162. Горен Липовик
163. Дарланбос
164. Бачило
165. Шал Дерези
166. Болован
167. Казан Дол
168. Карапаш
169. Ајранли
170. Трла тепе- Конче
171. Кошарка
172. Градец
173. Давидово
174. Јаворица
175. Клисура
176. Дрен
177. Мамино брдо
178. Колниш
179. Горна Дрчевица
180. Страгово
181. Дудица
182. Петрово
183. Кованци XX-ти Полк
184. Ковантци- клисура
185. Кованци-Будаја
186. Негорци
187. Стрелиште
188. Горничет

W

189. Иловица

Sb

190. Никуштак
191. Лојане
192. Крстов дол
193. Смрдлива Вода
194. Алшар

Mo

195. Стрелци
196. Врток
197. Горно јеловци
198. Првче
199. Лојане

U

200. Бајловце
201. Мојдивначка река
202. Злетовска река
203. Спанчево
204. Побиен камен
205. Пресека
206. Подареш
207.Струмица
208. Карапаш
209. Пештани
210. Зовик
211. Лозаница
212. Лозаница
213. Будимирци
214. Суви дол
215. Црн камен
216. Селце
217. Сушево

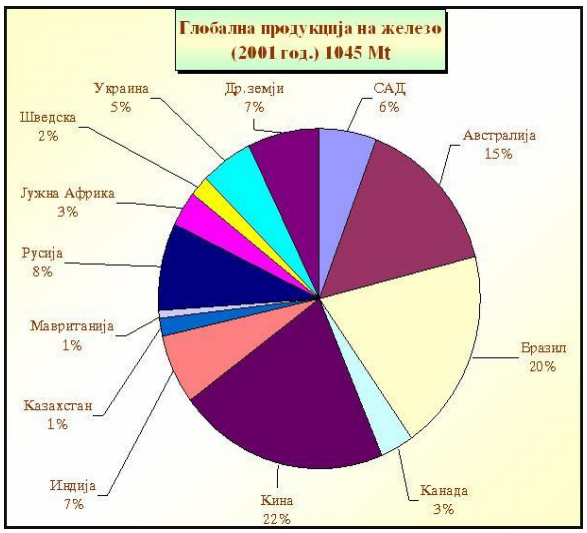
Au

218. Кошка Река - Гурниште
219. Нивичански Поток
220. Лакавица, Маденска река, Макреш
221. Анска река и притоки
222. Дојранско Езеро тераси
223. Брегалница Берово-Делчево
224. Пчиња
225. Крива река
226. Маркова река
227. Тополка

Овде треба да се додаде и фактот што на добар дел од регистрираните метали во Република Македонија имало, а и денес има нивно добивање од сопствени наоѓалишта (Cifliganec and Serafimovski, 1995). Ова пред сé се однесува на железото, оловото, цинкот, златото, среброто, бакарот, кадмиумот, арсенот, антимонот и др. Во тој контекст, на територијата на Република Македонија наоѓалишта и појави на метални минерални суровини се регистрирани во сите побројани металогенетски единици, но најпродуктивни се теренитe на Српско-македонскиот масив, каде се локализирани и најкрупните наоѓалишта на олово и цинк (Злетово, Тораница и Саса), потоа на бакар (Бучим, Боров Дол, Плавица, Иловица, Кадиица и др.), антимон (Крстов Дол и Лојане), железо и др., пратени со бројни појави кои се уште се на низок степен на истраженост (Слика 1). За разлика од овде, наоѓалиштата и појавите на метални минерални суровини во останатите издвоени металогенетски единици се помалубројни и се со помало економско значење. Една ваква констатација е одржлива за просторите на Западно-македонската зона и Пелагонискиот масив, бидејќи тоа е одраз на целокупната Динарска провинција која во основа се карактеризира со отсуство на покрупни и значајни наоѓалишта со полиметален карактер. Ова највероајтно се должи на еволуцијата на геолошкиот простор што таа го покрива, како и малото учество на средини кои би можеле да бидат потенцијални извори на наоѓалишта и појави на метални минерални суровини. Меѓутоа, вакво нешто не може да се каже за Вардарската зона, бидејќи во нејзиното северно продолжение, на територијата на Србија, постојат крупни наоѓалишта на олово и цинк (Копаоничка област) а значајни наоѓалишта се констатирани и на југ на територијата на Грција. Во рамките на Вардарската зона на територијата на Р. Македонија се констатирани одреден број на наоѓалишта и појави, главно полиметалични, кои се во врска со јурските гранитоиди (Иберли), плиоценските вулканити (Дудица) и палеозојските шкрилци (Башибос), но истите не се доволно истражени и за сега немаат некое поголемо значење.

Наоѓалишта и појави на железо

На територијата на Република Македонија со долгогодишните истражувања се регистрирани вкупно 103 појави и наоѓалишта на железо (Слика 1). Иако нашата држава не претставува некој поголем производител на железо во Светски рамки (Слика 2), некои од нив имаат и значајни количини и значајни содржини на железо додека некои пак претставуваат само минералошки појави, но најголем дел од нив се со многу низок степен на истраженост.



Сл. 2. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на железо

Многу мал дел од сите побројани појави и наоѓалишта на железо во Република Македонија претставуваат чисто железни наоѓалишта и појави. Поголем е бројот на оние во кои се

присутни и други водечки метали или други придружни метали. Во тој контекст најчеста е дружбата на железото со манганот (Западна Македонија и Скопска Црна Гора), потоа желето со титанот (Митрашинци), железото со бакарот (Иберли), со никелот (Р´жаново, Студена Вода), со хромот, со ванадиумот и др. Исто така, многу е мал бројот на наоѓалишта на железо во кои се познати количествата и квалитетот на рудната компонента, а со тоа мал е и бројотна наоѓалишта кои биле во експлоатација (Тајмиште, Демир Хисар и Дамјан; Serafimovski, 1981). Резервите во Fe-наоѓалиштата во Република Македонија на денешно ниво се дадени во Табела 1.

Табела 1. Резерви и концентрации на Fe во истражените наоѓалишта на железо во Р. Македонија

Наоѓалиште	**Q ($x10^3$t)**	**Fe %**
Тајмиште	44400	36.69
Демир Хисар	2000	36.65
Дамјан	2080	30.82
Пехчево	16800	38.22
Вкупно	**65280**	**35.595**

Овде треба да се наведе дека покрај активните рудници кои 1991/92 година го запреле производството на железни руди посериозни наоѓалишта кои во иднина би можеле да се преведат во активни рудници се само уште седиментното наоѓалиште Буковик-Пехчево и Шопур. Во прилог на тоа оди последниот тренд на пораст на цените на Светските берзи (Слика 3).

Сл. 3. Движење на цените на железото во повеќе од последните стотина години

Сите други наведени наоѓалишта и појави на железо во Република Македонија се обично со слаб квалитет, мали резерви на руда или што е најзначајно се сомногу низок степен на истраженост (Серафимовски и Јеленковиќ, 1997).

Наоѓалишта и појави на никел

Никелот како стратегиски и многу важен легирачки метал во Светот зазема посебно место на листата на метални суровини. Световната продукција се движи околу 1.3-1.5 Мт метал, а уделот на најголемите земји производители на оваа суровина е даден на Слика 4.

Сл. 4. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на никел

Во Република Македонија никелот се произведува скоро 3 децении, но со одредени дисконтинуитети. Вака долгиот период на експлоатација на никелни односно феро-никелни руди не кореспондира со истражувањата на оваа минерална суровина бидејќи и тие се од понов датум. Имено, истражувањата на Fe-Ni руди во Република Македонија започнуваат во шеесеттите години од минатиот век. Сепак, истите биле интензивни и претежно поврзани со перидотитските и офиолитските комплекси на територијата на нашата држава (Boev and Jankovic, 1996). Како резултат на тие интензивни геолошки истражувања доаѓа наоѓалиштето Р´жаново кое влегува во активна експлоатација во 1979/80 година (Табела 2). Покрај Р´жаново на територијата на Република Македонија се регистрирани вкупно 11 појави и наоѓалишта на никел во форма на феро-никел (Слика 1).

Табела 2. Резерви и концентрации на Ni во активните истражените наоѓалишта на никел во Р. Македонија

Nao|ali{te	Q ($x10^3t$)	Fe %	Cr_2O_3 %	Ni %	Co %
Р´жаново	43000	30.94	1.55	1.04	0.07
Студена Вода	1700	35.68	1.81	1.07	0.06
Гроот	4000	30.00	1.50	1.00	0.05
Вкупно	**48700**	**32.20**	**1.62**	**1.037**	**0.06**

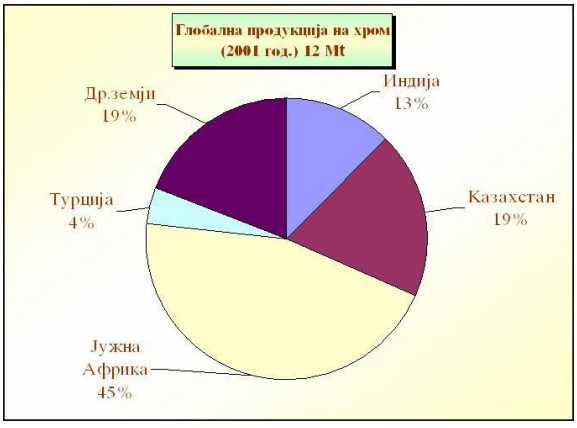
Тоа се: Студена Вода, Бојанчиште, Р´жаново, Клиново, Ракле, Никодин, Врхови, Голем Рид, Градиште, Гроот, Чаршија-Иваја и Црна Тумба. Од сите овие највисок степен на истраженост има наоѓалиштето Студена Вода и Гроот, додека најнизок степен на истраженост имаат пространите појави на Црна Тумба кои се сметаат како голем потенцијал на Fe-Ni руди со ниски содржини. Од тука, сакаме да истакнеме дека за евентуална идна експлоатација може да се смета на наоѓалиштата Студена Вода и Гроот (Табела 2). Во овој контекст треба да се спомене и дека треба да се искористат и солидните цени на никел метал на Световните берзи (Слика 5).

Сл. 5. Движење на цените на никелот во повеќе од последните стотина години

Од останатите појави некои можат да бидат интересни, но се со низок степен на истраженост. Овде во прв ред мислиме на појавата Ракле.

Наоѓалишта и појави на хром

Иако само четири земји (Јужна Африка, Казахстан, Индија и Турција) во светот даваат преку 81% од вкупното годишно производство во Светски рамки (Слика 6) не е за занемарување и процентот кој го даваат останатите земји.



Сл. 6. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на хром

Хромот е метал кој најинтензивно бил експлоатиран од наоѓалиштата во Република Македонија за време на Втората Световна војна. Тогаш од страна на Германците активно биле користени рудите од наоѓалиштето Лојане, Раброво и Радуша (Серафимовски и Јеленковиќ., 1997). Најдолго после Втората Световна војна во активна експлоатација останал рудникот Радуша кој работел се до 1990 година. Инаку со истражувањата кои биле спроведени на територијата на Република Македонија вкупно се откриени 20 појави и наоѓалишта на хром од кои најголем дел поврзани за Љуботенскиот масив (Слика 1). Како што и напоменавме, од сите пробојани појавии наоѓалишта на хром особено се издвојуваат наоѓалиштата Радуша, Лојане и Раброво. Најголем дел од утврдените рудни резерви во овие наоѓалишта се исцрпени. Постои можност во иднина да се доработи рудникот Радуша во кој сеуште има експлоатабилни резерви и инфраструктура која може да послужи. Во прилог на интересот за доекспоатација на овој рудник е и позитивниот тренд на цени на овој метал (Слика 7).

Сл. 7. Движење на цените на хромот во повеќе од последните стотина години

Останатите наоѓалишта и појави се на ниско ниво на истраженост и се многу незгодни за истражување.

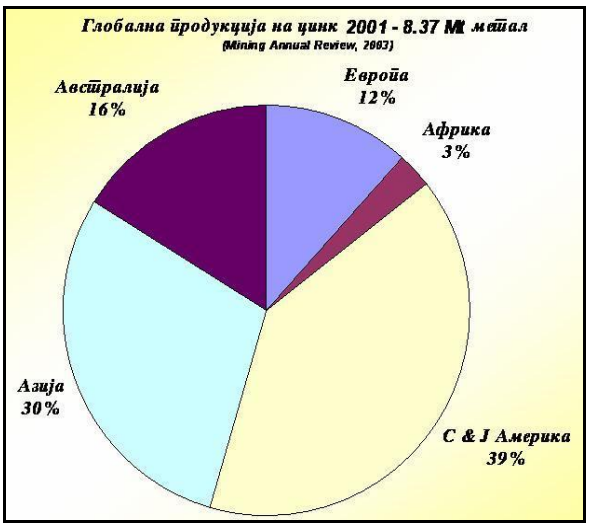
Наоѓалишта и појави на олово и цинк

Оловото и цинкот се многу значајни метални суровини за човековото опстојување и развој, па затоа и годишната продикција на овие метали е прилично висока (Слика 8 и 9).

Оловото и цинкот се метали кои во Република Македонија бележат најдолг континуитет на сопствено производство од сопствени рудници и добивање на метали од сопствена топилница.

Повеќе од шест ипол децении во Република Македонија постои континуирано производство на оловно-цинкови руди, претежно од рудниците Злетово, следено од рудниците Саса и Торанница (Serafimovski and Aleksandrov, 1995).

Сл. 8. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на олово



Сл. 9. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на цинк

Иако во овие рудници постои подолготрајна експлоатација и останатите резерви се значителни како по количини така и по концентрација на корисните метали (Табела 3).

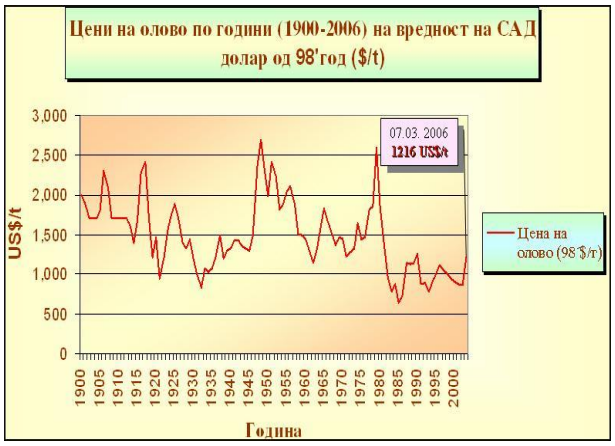
Табела 3. Резерви и концентрации на Pb и Zn во активните рудници на олово и цинк во Р. Македонија ($A+B+C_1$, *состојба 31. 12. 2002 год*)

Nao|ali{te	Q_{A+B+C1} ($x10^3t$)	Pb %	Zn %
Тораница	10491101	4.18	3.13
Саса	18937797	4.68	3.71
Злетово	8729627	5.93	2.08
Вкупно	38158525	4.93	2.97

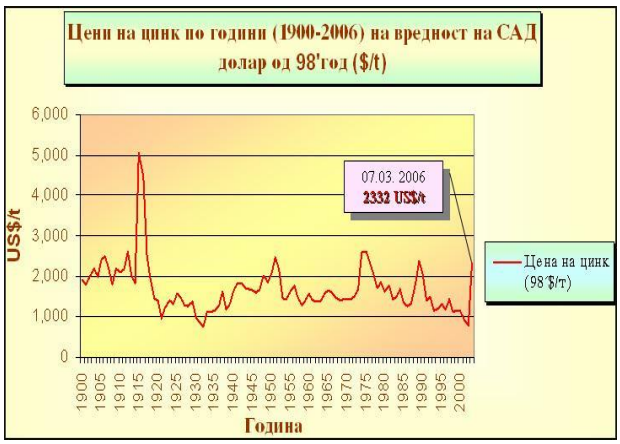
Вака долгиот и континуиран процес на експлоатација имал директно влијание и на честите и интензивни истражувања на оловно-цинкани и полиметални руди во Република Македонија, тоа довело до пронаоѓање и утврдување на поголем број на наоѓалишта и појави на олово и цинк на територијата на нашата држава. Нивната вкупна бројка изнесува 65 од кои најголем број спаѓаат во групата на појавина олово и цинк со низок степен на истраженост (Слика 1).

Најголем дел од пребројаните појави и наоѓалишта на олово и цинк се поврани за Српско-македонскиот масив, односно покажуваат најтесна врска со Терциерната вулканска активност на територијата на Република Македонија.

Во денешни услови најголеми наоѓалишта на оловои цинк се Саса, Тораница и Злетово, а некои наоѓалишта од редот на Самар, Близанци, Башибос и други се со познати квантитативно-квалитативни карактеристики и во иднина можат да претставуваат интерес за експлоатација, особено поткрепени со добрите цени на овие метали на Светските берзи (Слика 10 и 11).



Сл. 10. Движење на цените на оловото во повеќе од последните стотина години



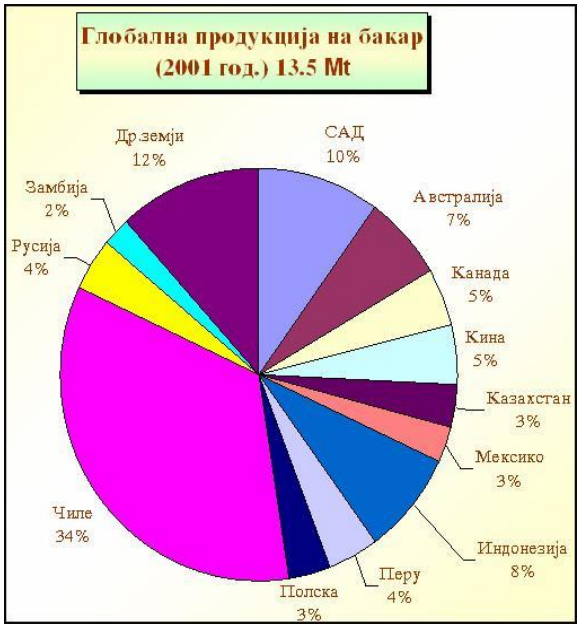
Сл. 11. Движење на цените на цинкот во повеќе од последните стотина години

Најголем дел од останатите пребројани појави се со низок степен на истраженост, а некои од нив и немаат позначаен економски интерес.

Наоѓалишта и појави на бакар

Живеејќи во динамичниот XXI-ви век сведоци сме на големата експанзија

на електро индустријата која е главниот консумент на Световното производство на бакар (Слика 12).



Сл. 12. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на бакар

Продукцијата на бакар на територијата на Република Македонија има длабоки историски корени (Римско и пред Римско време), а во поновата историја континуирано бакар се добива од рудникот Бучим, од 1979 година. Иако, експлоатацијата на бакарни руди во Република Македонија, споредено со другите метали, во поново време почнала нешто подоцна сепак истражувањата на бакарните руди бележат подолг и поинтензивен период. Ова особено се однесува на периодот по Втората Световна војна или педесетите години на минатиот век. Како резултат на тие долготрајни и интензивни детални истражувања на територијата на Република Македонија се регистрираат вкупно 82 појави и наоѓалишта на бакар (Слика 1). Од нив до денес во експлоатација е само рудникот Бучим (Табела 4).

Табела 4. Резерви и концентрации на бакар во активни и перспективни наоѓалишта во Р. Македонија

Наоѓалиште	Q_{A+B+C_1} ($x10^3$t)	Cu %	Au g/t	Ag g/t
Бучим	71000	0.282	0.258	0.90
Боров Дол	35000	0.280	0.270	1.40
Плавица(Σ=исток+запад)	241000	0.135	0.268	5.80
Вкупно	**347000**	**0.232**	**0.265**	**2.70**

Од сите овие појави и наоѓалишта на бакар само неколку претставуваат интерес за понатамошни истражувања и евентуално преведување на наоѓалиштето во експлоатација. Во оваа група може да ги вброиме наоѓалиштата Боров Дол, Плавица (Табела 1), Кадиица и Штука-Иловица (Tudzarov and Serafimovski, 1994; Volkov et al., 2008). Понатамошните истражувања на овие наоѓалишта е оправдано од тековните трендови на цени на Световните берзи (Слика 13).

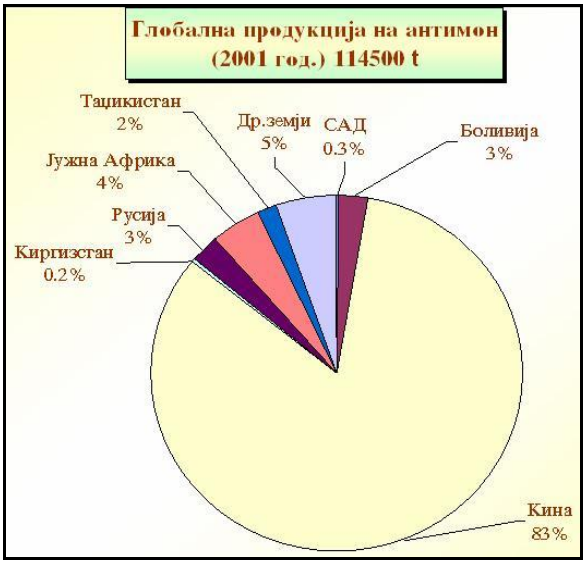
Сл. 13. Движење на цените на бакарот во повеќе од последните стотина години

Сите останати се или во групата на полиметалите заедно со оловото и цинкот или што е почест случај се со многу низок степен на истраженост, а секако еден дел од нив се регистрирани како минералошки појави.

Наоѓалишта и појави на антимон

Продукцијата на антимонот следејќи го човечкиот техничко-технолошки развој, во последниот период бележи нагорна линија со просечно годишно производство од околу 114 500 t Sb (Слика 14).

Производството на антимонски руди од сопствени наоѓалишта датира од пред Римско време. За тоа сведочат оргиналните рударски остатоци претежно во наоѓалиштето Алшар (Табела 5).



Сл. 14. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на бакар

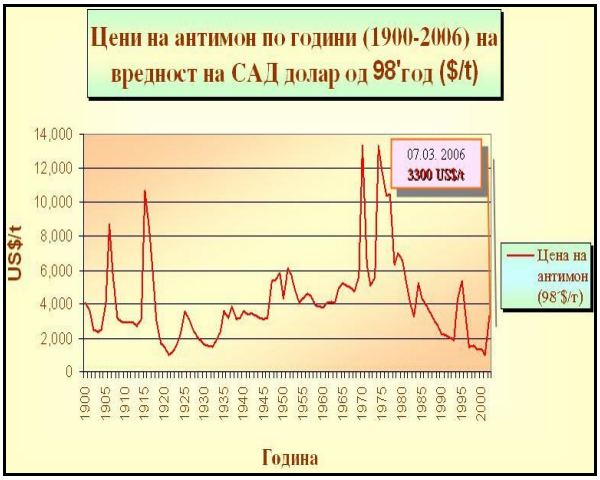
Иако со прекини Алшар бил експлоатиран и за време на Турската империја, во поновата историја истиот не е реактивиран. Обиди за тоа биле правени и во текот на осумдесетите години од минатиот век, но производството не се возобновило. За разлика од Алшар производство на антимон и арсен се вршело во рудникот Лојане се до 1998 година и во рудникот Крстов Дол кај Крива Паланка. Денес во Република Македонија нема производство на антимон иако во сите побројани рудници сеуште има доволно резерви со интересни содржини на антимон (>2% Sb) кои можат да бидат рентабилно експлоатирани (Табела 5).

Табела 5. Резерви и концентрации на антимон во наоѓалишта во Република Македонија

Наоѓалиште	Q ($x10^3$t)	Sb %	As %	Au (g/t)
Алшар	550	2.50	1.09	2.00
Лојане	320	3.50	4.55	-
Крстов дол	70	2.20	-	-
Вкупно	**940**	**2.73**	**н/п**	**н/п**

Покрај трите наведени наоѓалишта со долгогодишните истражувања на територијата на Република Македонија се регистрирани и појави на антимон во Никуштак, Турска Стража и Смрдлива Вода, но овие појави се со понизок степен на истраженост.

Позитивниот тек на цените и кај овој метал на Световната берза во последните години (Слика 15), оди во прилог за евентуално продолжување на деталните геолошки истражувања на антимон на територијата на Република Македонија.



Сл. 15. Движење на цените на антимонот во повеќе од последните стотина години

Наоѓалишта и појави на уран

Во Република Македонија се регистрирани вкупно 50 наоѓалишта и појави на уран (Слика 1), но ниту еден рудник досега не е изграден на истите. Вака големата бројка на регистрирани појави и наоѓалишта на уран на територијата на нашата држава е резултат на интензивните детални истражувања кои се спроведувале непосредно после Втората Световна војна се до 1960/70 година. Во тој период се пронајдени голем број на урански појави, утврдени се неколку наоѓалишта а означени се и неколку потенцијални простори за детални истражувања (Lazarov et al., 1996). После 1970 година па се до денес на територијата на Република Македонија не се возобновени деталните геолошки истражувања на уран. Тоа доаѓа како резултат и на специфичната опрема која се применува при истражувањето, но и особено од политиката која била водена кон оваа суровина (не само кај нас туку и во светот). Најголем дел од регистрираните наоѓалишта и појави на уран на територијата на Република Македонија се локализирани главно во Пелагонскиот Масив (околината на Прилеп) и Српско-македонскиот масив на дијагоналниот потег Злетовска Река-Пониква-Подареш-Струмица-Огражден-Николиќ. Од сите побројани наоѓалишта и појави најголемо значење денес имаат наоѓалиштата Злетовска Река, Подареш и Селце на кои им се познати квалитативно-квантитативните карактеристики (Табела 6).

Табела 6. Резерви и концентрации на уран во наоѓалишта во Република Македонија

Nao|ali{te	Q (t)	U_3O_8 %	U_3O_8 (t)
Злетовска Река	730000	0.920	670
Подареш	77000	0.097	74
Селце	700000	0.013	92
Σ	**1507000**	**0.056**	**836**

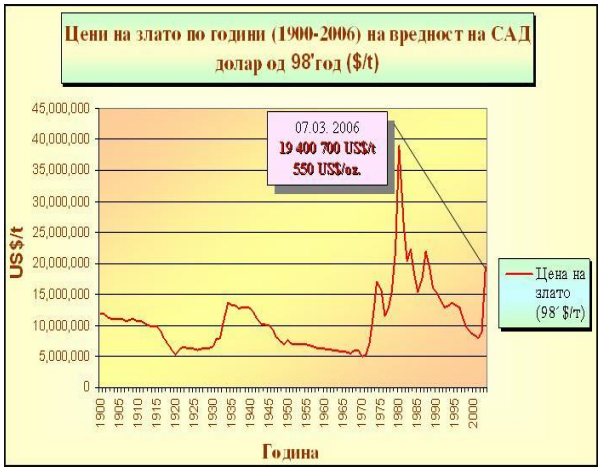
Останатите појави и наоѓалишта се главно со низок степен на истраженост, но според досегашните сознанија и со помало значење.

Неоспорен е фактот дека зголемените потреби за секаков вид енергетски ресурси доведе и до значително зголемување на цените и на овој метал во последно време (Слика 16).

Сл. 16. Движење на цените на уранот во повеќе од последните 27 години

Наоѓалишта и појави на злато

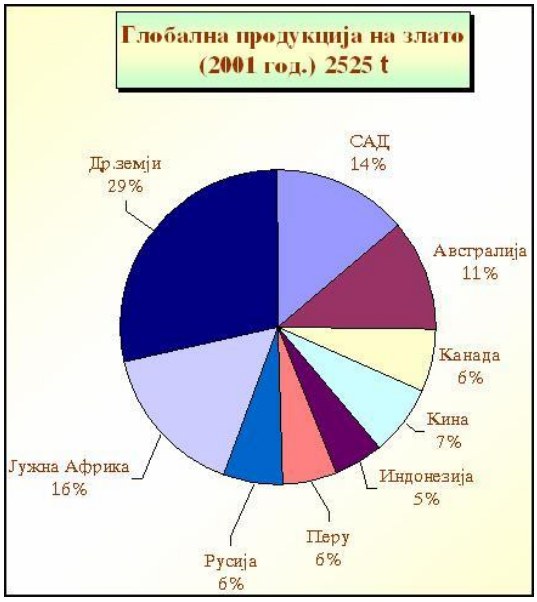
Златото како благороден метал од секогаш имало висока цена, која традиција после периодот на рецесија во текот на деведесетите години од минатиот век, продолжува и во XXI-иот век (Слика 17).



Сл. 17. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на бакар

Годишната продукција на овој метал е околу 2525 t Au (Слика 18).

Остатоците од старото рударење говорат дека злато во Република Македонија се добивало уште од најраните фази на човековиот развој.



Сл. 18. Учество на поедини држави во вкупната Световна продукција на бакар

Ова особено се однесува на самородното злато поврзано за алувионите (алувионот на Крива Лакавица, Пекланска Река, Анска Река, Коњска Река и др.), но и на дел од примарните наоѓалишта на злато како што е случај со наоѓалиштето Златица во рамките на Кратовско-Злетовскиот руден реон (Табела 7).

Табела 7. Резерви и концентрации на уран во наоѓалишта во Република Македонија

Наоѓал.	Q ($x10^3$t)	Cu %	Au (g/t)	Ag (g/t)
Бучим	71200	0.282	*0.258*	0.90
Боров Дол	35000	0.280	*0.270*	1.40
Плавица	241000	0.135	*0.268*	5.82
Боровиќ	-	0.1	*<0.1÷0.49*	-
Алшар	550	-	*2.000*	1.8÷20.0

Овде постојат конкретни археолошки остатоци кои говорат за производство на злато во Римско време. Во денешни услови Република Македонија има сопствена продукција на злато, но не од златоносни наоѓалишта туку од порфирски руди на бакар и злато од наоѓалиштето Бучим.

Со долгогодишните детални геолошки истражувања на територијата на Република Македонија се регистрирани вкупно 10 појави и наоѓалишта на злато (Слика 1). Од сите регистрирани појави единствено Алшар припаѓа на групата на примарни наоѓалишта на злато додека сите други се однесуваат на алохтоно злато или златоповрзано со современите алувиони (Jankovic et al., 1997). Досегашните резултати од истражувањата покажуваат дека тие алувијални појави немаат особено економско значење додека во наоѓалиштето Алшар со спроведените долгогодишни детални геолошки истражувања се утврдени околу 20 тона злато метал во таканаречениот Карлински тип на наоѓалишта на злато (Табела 7).

ЗАКЛУЧОК

Со севкупните истражувања и проучувања на територијата на Република Македонија се регистрирани вкупно 420 наоѓалишта и појави на металични минерални суровини. Оваа бројка е претставена од 17 метали кои во Македонија градат сопствени наоѓалишта и појави. Од сите тие 17 метали само неколку се издвојуваат со својот потенцијал и експлоатабилноста како во минатото така и во сегашни услови. Во прв ред тоа се оловото и цинкот, бакарот, златото и секако традиционалните црни метали од редот на железо, хром и манган. Од легирачките свое место обезбедиле никелот и антимонот

ЛИТЕРАТУРА

Boev, B., Jankovic, S, (1996): Nickel and nickeliferous-iron deposits of the Vardar Zone (SE EUROPE) with particular

reference to the RZANOVO-STUDENA VODA ore-bearing series– a monograph

Cifliganec, V. and Serafimovski, T., 1995: Mineral and Raw Material Potentiality of the Repuplic of Macedonia. VI th Balkan Conference on Mineral Procesing, Ohrid, pp. 5-18.

Jankovic, S Boev, B, Serafimovski, T (1997), Magmatism and Tertiary mineralization of the Kozuf metallogenetic district, the Republic of Macedonia with particular reference to the Alsar deposit. Special edition RGF, Stip, No 5, 262 pgs.

Lazarov, P., Jelenkovic, R., Serafimovski, T., (1996): Geology and Model of Genesis of the Zletovska reka Uranium Deposits, Republic of Macedonia. Proceedings of the Annual Meeting, UNESCO-IGCP Project 356, Vol. 1, 85-93, Sofija.

Serafimovski, T., 1982: Metalogentske karakteristike skarnovskog Fe-lezista Damjan. Magistarska teza, RGF-Brograd, Beograd, str. 79.

Serafimovski, T and Aleksandrov, M., (1995). Lead and zinc deposits and occurrences in the Republic of Macedonia. Special edition of RGF, Stip. No 4, 387 pgs., with extended summary in English, Stip.

Serafimovski, T., Cifliganec, V., Jankovic, S. and Boev, B. (1996). Genetic Model of the Buchim Porphyry Copper Deposit, Republic of Macedonia. Proceedings of the Annual Meeting, UNESCO-IGCP Project 356, Vol. 1, 63–75, Sofija.

Serafimovski, T. and Cifliganec, V. (1996). The Buchim ore District: Geological Setting and Types of ore Mineralization. In: Vera Knezevic-Djordjevic and Branislav Krstic (eds), Teranes of Serbia, The Formation of the Geologic Framework of Serbia and the Adjacent Regions, Belgrade, 341–346.

Серафимовски, Т и Јеленковиќ, Р., (1997). Наоѓалишта на металични минерални суровини. Едитор: Рударско-геолошки факултет, Штип, 567 стр.

Tuzarov, N. and Serafimovski, T., (1994) General model for the formation of the Borov Dol porphyry copper deposit (Macedonia). Annual of the mine and Geology University Sofia, T. 40, N. 1, Sofia.

Volkov, A. V., Tasev, G., Prokof'ev, V. Yu., Serafimovski, T., Tomson, I. N. and Sidorov, A. A. (2008). Formation Conditions of Copper Porphyry Mineralization in the Kadica–Bukovik Ore District, Eastern Macedonia. *Doklady Earth Sciences, 2008, Vol. 421, No. 5, pp. 769–773*

ХЕМИСКИ И ГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГЛАВНИТЕ РУДНИ МИНЕРАЛИ ОД ИЛМЕНИТ-РУТИЛСКАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ (ПЕЛАГОНСКИ МАСИВ)

Орце Спасовски

Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип,Република Македонија
orce.spasovski@ugd.com.mk

Абстракт

Податоци по однос на хемиските и геохемиските карактеристики на главните рудни минерали од локалноста Пештани досега не се познати. Со нашите теренски, рудномикроскопски, лабораториски и испитувањата на електронска микросонда направен е обид да се дадат одредени сознанија за минералниот состав на оруднувањето, како и сознанија за хемискиот состав на главните рудни минерали од спомнатата локалност. Со извршените геохемиски испитувања даден е прилог кон разјаснувањето на дистрибуцијата на микроелемнетите во рамките на главните рудни минерали.

Клучни зборови: Рудна минерализација, илменит, рутил, сфен, придружни елементи, Пештани, хемиски состав.

ВОВЕД

Рудната појавата Пештани се наоѓа на 2.5 км. СЗ од село Дуње, односно на оддалеченост од 12 км. ЈИ од Прилеп. Во рамките на една маса на амфиболски карпи во должина од 2,5 км и широчина од 300 до 350 метри е утврдена минерализација на рутил и илменит, како и уран и ториум.

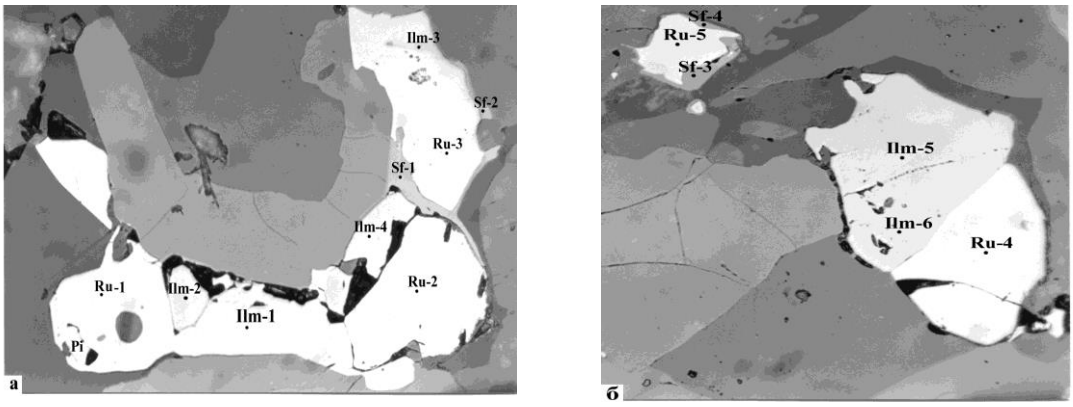
Со микроскопските испитувања е констатирана е следната минерална парагенеза: *гранат, рутил, сфен, илменит, пиротин, халкопирит, пирит, лимонит, ковелин, халкозин, магнетит, пентландит, самородно злато, циркон, титаномагнетит и мартит.* Корисните компоненти обично се јавуваат во импрегнации, или поголеми или помали агрегати.

Најзастапени рудни минерали се рутилот, илменитот и сфенот најчесто придружувани со магнетит, титаномагнетит, мартит, лимонит, хематит, пирит, пиротин, халкопирит, а сосема ретко и со халкозин, ковелин, пентландит и самородно злато.

Рудната појава Пештани претставува продукт на кристализациона диференцијација не една базична магма на која и предходела многу слабо изразена ликвидно магматска сулфидна фаза. Појавата е зафатена со метаморфни промени кога имаме создавање на гранат и други метаморфни промени, додека титановите минерали се притиснати и обогатени во посебни траки. Исто така појавите се зафатени и со егзогени процеси и при тоа примарните сулфиди се трансформирани во секундарни минерали (халкозин, ковелин и лимонит).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Врз основа на досегашните испитувања, на кои се наставуваат и испитувањата извршени од наша страна, во рамките на рудната појава Пештани се констатирани поголем број на рудни минерали од кои поголем дел имаат само минералошко значење. Хемискиот состав на главните рудни минерали од рудната појава Пештани е одредуван на електронска микросонда во Геолошкиот институт во Братислава. Со овие испитувања беа зафатени илменитот, рутилот и сфенот, а резултатите од извршените испитувања се прикажани во табела 1, 2 и 3, додека позицијата на анализираните точки е прикажана на слика 1*а* и 1*б*.



Сл. 1. *Начин на појавување на главните рудни минерали од рудната појава Пештани*
а) Хипидиоморфни зрна на рутил (бело), алотриоморфни зрна на илменит (сиво), пиротин вклопен во рутил (сиво бело) и сфен развиен по периферијата на рутилот (кафеаво); б) Крупно алотриоморфно зрно на илменит (сиво) и крупно алотриоморфно зрно на рутил (бело) и сфен развиен по периферијата на хипидиоморфно зрно на рутил (кафеаво);

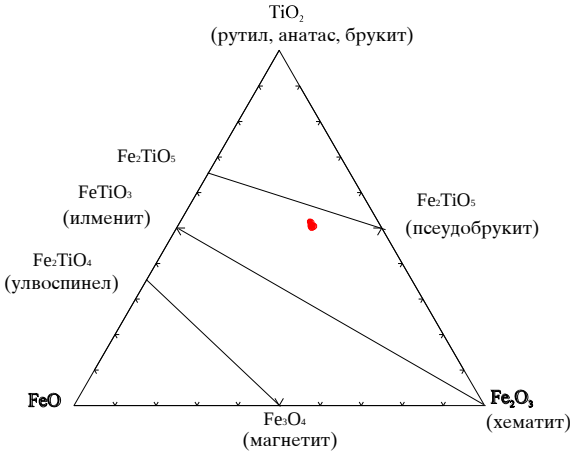
Од приложената табела 1 се гледа дека некои елементи покажуваат постојано концентрирање, некои елементи повремено се појавуваат, додека одредена група на елементи не се концентрираат во проучуваните илменити.
Манганот и магнезиумот покажуваат постојано концентрирање во илменитот, односно тоа се најчести придружни елементи во илменитот. Хромот е констатиран само во една анализа, додека алуминиумот воопшто не е констатиран. За одбележување е присуството на калциумот и слициумот кое нешто укажува на присуство на процеси на трансформација на илменитот во рутил а потоа во сфен.

Табела 1*. Квантитативни рентгеноспектрални микроанализи илменит од рудната појава Пештани (во %).*

	Ilm-1	Ilm-2	Ilm-3	Ilm-4	Ilm-5
Fe	36.58	36.60	36.56	36.79	36.94
Ti	31.21	30.80	31.20	30.75	31.24
Mg	0.39	0.34	0.26	0.27	0.32
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Si	0.07	0.05	0.04	0.06	0.05
Ca	0.10	0.07	0.00	0.08	0.00
Mn	0.36	0.42	0.36	0.49	0.36
Cr	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
O	31.84	31.86	31.80	31.51	31.83
∑	100.63	100.14	100.22	99.95	100.74

Напомена*: Анализите се работени во Геолошкиит институт во Братислава под раководство на П. Конецни и О. Спасовски.*

Испитуваните илменити од рудната појава Пештани се плотирани на FeO-Fe_2O_3-TiO_2 дијаграмот по Buddington и Lindsley (*сл. 2*) од кој дијаграм се гледа дека анализираните илменити се проектираат приближно во една точка во илменстското поле но со приближување кон Fe_2TiO_5 линијата. Ваквата позиција на анализираните илменити укажува на нивна постојаност во хемискиот состав, но и нивно постепено обогатување со титанска компнента а осиромашување со железна компонента.



Сл. 2. *Положба на илменитот ор рудната појава Пештани на FeO-Fe_2O_3-TiO_2 дијаграмот во серијата на цврсти раствори магнетит-улвоспинел, илменит-хематит и псеудобрукит (Fe_2TiO_5) по Buddington & Lindsley*

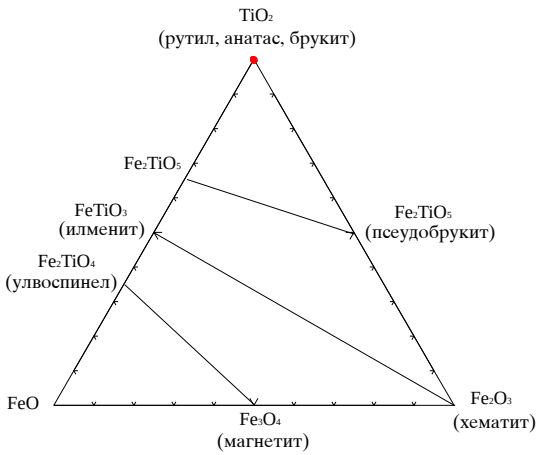
Во табела 2 дадени се резултатите од извршените испитувања на електронска микросонда за хемискиот состав на рутилот од каде се гледа дека имаме постепено повлекување на железото, магнезиумот, хромот и манганот а зголемување на содржините на титанот, слициумот, калциумот и алуминиумот.

Табела 2. *Квантитативни рентгеноспектрални микроанализи на рутил од рудната појава Пештани (во %).*

	Ru-1	Ru-2	Ru-3	Ru-4	Ru-5
Fe	0.16	0.10	0.23	0.18	0.14
Ti	60.05	59.65	59.35	60.10	59.8
Mg	0.08	0.06	0.05	0.07	0.07
Al	0.06	0.05	0.10	0.09	0.08
Si	0.15	0.14	0.11	0.11	0.12
Ca	0.10	0.7	0.12	0.8	0.05
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	40.48	40.26	40.01	40.30	40.28
Σ	101.08	100.33	99.97	100.93	100.55

Напомена: *Анализите се работени во Геолошкиит институт во Братислав под раководство на П. Конецни и О. Спасовски.*

Резултатите од извршените испитувања на електронската микросонда го потврдуваат претходниот заклучок за трансформација на илменитот во рутил. Испитуваниот рутил од рудната појава Пештани е плотиран на FeO-Fe_2O_3-TiO_2 дијаграмот по Buddington и Lindsley (*сл. 3*).



Сл. 3. *Положба на рутилот на FeO-Fe_2O_3-TiO_2 дијаграмот во серијата на цврсти раствори магнетит-улвоспинел, илменит-хематит и псеудобрукит (Fe_2TiO_5) по Buddington & Lindsley*

Од него се гледа дека анализираниот рутил се проектира само во една точка на врвот од дијаграмот.
Ваквата позиција на анализираниот рутил само ја потврдува констатацијата за чист рутил без примеси.
Во табела 3 се дадени резултатите за хемискиот состав на сфенот одредуван на електронска микросонда.
Од прикажаните резултати во табела 3 за составот на сфенот очигледно е дека имаме знатно концентрирање на калциум и силициум за сметка на титанот.

Табела 3. *Квантитативни рентгеноспектрални микроанализа на сфен од рудната појава Пештани (во %).*

	Сф-1	Сф-2	Сф-3	Сф-4
Fe	0.20	0.65	0.48	0.35
Ti	22.29	22.82	23.01	22.64
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	1.02	1.05	0.98	1.00
Si	14.98	14.21	13.82	14.18
Ca	20.50	20.61	20.64	20.60
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00
O	40.60	40.79	40.53	40.75
Σ	99.59	100.13	99.46	99.52

Напомена: *Анализите се работени во Геолошкиит институт во Братислава под раководство на П. Конецни и О. Спасовски.*

Ваквиот начин на појавување на некои елементи за сметка на други елементи јасно зборува за постепено трансформирање на илменитот во рутил, а рутилот во сфен.

ЗАКЛУЧОК

Некои елементи покажуваат постојано концентрирање, некои елементи повремено се појавуваат, додека одредена група на елементи не се концентрираат во проучуваните илменити.

Манганот и магнезиумот покажуваат постојано концентрирање во илменитот, односно тоа се најчести придружни елементи во илменитот. Хромот е констатиран само во една анализа, додека алуминиумот воопшто не е констатиран. Илменити покажува постојаност во хемискиот состав, постепено обогатување со титанска компнента а осиромашување со железна компонента. Анализираниот рутил ја потврдува констатацијата за чист рутил без примеси.

Во составот на сфенот имаме знатно концентрирање на калциум и силициум за сметка на титанот. Ваквиот начин на појавување на некои елементи за сметка на други елементи јасно зборува за постепено трансформирање на илменитот во рутил, а рутилот во сфен.

ЛИТЕРАТУРА

Лазаров, П., Серафимовски, Т., 1997: Наоѓалишта и појави на енергетски суровини во Република Македонија. Унив. "Св. Кирил и Методиј", Скопје, Пос. изд. бр. 6, Штип, 370 стр.

Манчев, Р., и др. 1981 : Извештај за проспекциските истражни работи на рутил од локалностите Пониква-Кочанско и Пештани Прилепско. Стр. фонд на Геолошки завод Скопје.

Markov, C., 1969: Istrazivanje lezista titana na teritoriji SO Prilep i njene blize okoline. Fond strucne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Стојанов, Р., 1957: Геолошки и петрографски састав Селечке Планина. ФСД ЗНЗ, Београд.

Спасовски, О., 2001: Типогенетски карактеристики на титаномагнетите во Република Македонија. Докторска исертација, РГФ Штип, 318 стр.

Spasovski, O., 2004: Chemical and geochemical characteristics of the major minerals in the Gradec magnetite-hematite-ilmenite mineralization (Eastern Macedonia). Geologica Macedonica, Vol. 18, p. 15-18.

Зарић, П., 1977: Типоморфне металогенетске карактеристике магнетита Југославије. Докторска дисертација. РГФ Београд.

Cvileva, T. N., Bezsmertnaja, M. M., Spiridonov, M., i dr. 1988: Sprovocnik opredelitel rudnih mineralov v otrazenom svete. Izd. "Nedra", Moskva, 505 str.

Voitkevic, V. G., Kokin, V. A., Mirosnikov, E. A., Prohorov, G. V., 1990: Sprovocnik po Geohimii. Izd. "Nedra", Moskva, 480 str.

ОСВРТ НА ПОЈАВИТЕ НА ГЛИНА ВО ПЛИОЦЕНСКИТЕ СЕДИМЕНТИ НА ПОТЕЗОТ ВЕЛЕС-ЧАШКА

Костадин Пренџов, дипл.инг.геолог[1]

[1]8 Велешка Бригада 4, 1400 Велес

Абстракт

Во овој труд се покажани сознанијата добиени од 30 годишните истражувачки работи изведени за докажување на туларската глина за потребите во производниот процес за танкозидни елементи,на потезот Велес - Чашка.

Поединачно се дадени геолошките карактеристики, дебелината, начинот на појавување на слоевите на глина, односот со околните карпи, поединачно за секое наоѓалиште што во денешни услови се одвива експлоатација на туларски глина, како испитани наоѓалишта.

Вовед

Керамичката индустрија "Киро Ќучук" АД од Велес работи повеќе од 60 години на производство на тенкозидни елементи за потребите на градежната индустрија во Македонија, како и надвор од неа во поширокиот регион.

Како минерална суровина користи туларска глина, а ја експлоатира во непосредна близина на производните капацитети. Поседува три индустриски погони, од кои два се лоцирани во Велес, а еден во населбата Чашка.

До сега експлоатацијата на туларска глина за потребите на производните погони во Велес е вршена од лежиштето "Горна Брца" рудно тело бр.1 на кои рудните резерви се завршени при крајот на 1990 година, и е започната експлоатација на глина од лежиштето "Горна Брца" - рудно тело бр.2, и во денешни услови резервите се при крај. Затоа се прават припремни работи за активирање на ново лежиште на глина "Пара Нива", и најверојатно ќе се отпочне со експлоатација во текот на 2009 година.

За потребите на производниот погон во населба Чашка кој отпочна да работи со поголемо производство од 1970 година, експлоатацијата на туларска глина се врши од лежиштето Раковец.

За сите лежишта се извршени детални геолошко-истражни работи со изведување на длабинско дупчење и изработени Геолошки Елаборати со пресметани рудни резерви како и добиени концесии за експлоатација на глина.

Бидејќи истражувачките работи се третирани на поширок регион Велес-Чашка, кој зафаќа површина од 13.300 м по должина и 2000 м до 8000 м по ширина, согледани се и потврдени податоци за геолошките карактеристики на појавувањето на слоевите од глина кои имаат економска вредност, потоа разместеноста на рудните тела во плиоценскиот басен, застапеноста на геолошките формации во изградбата на просторот кои допринеле за минеролошкиот карактер на глините, нивниот чекор на појавувањето, потоа обликот и континуитетот на простирањето на слоевите од глина и др.

Сакаме да дадеме краток преглед за петролошките карактеристики на плиоценскоит басен, услови кои допринеле за формирање на кластичните седименти, формирање на рудоносните тела на глина и можности за експлоатација.

Геолошки карактеристики на регионот

На посочениот регион кој е предмет на опишување, се застапени следните стратиграфски формации на карпи кои припаѓаат во најголем дел на Вардарската зона, а еден помал дел на Пелагонскиот масив: палеозојски метаморфни карпи, потоа мезозојски седименти и магматкси карпи, терцијални седименти и квартерни наслаги.

Од палеозојските метаморфни карпи преставен е палеозоикот кај Чашка од

кварцно-серицитски и хлоритски шкрилци. Над нив се јавуваат метаморфозирани кварцпорфири кои го пробиваат долниот дел на серијата и се покриени со тенки плочести мермери, кварцити и филити.

Мезозојските карпи се преставени од тријаски седименти и тоа: долен тријас од песочници и глинци, потоа среден тријас престваен од плочести варовници и горен тријас од масивни варовници; потоа јурски седименти и магматски карпи (дијабаз-рожначка формација, габрови и габродиорити, серпентинити, флишна фација и кератофири); кредни формации преставени од туронски и сенонски седименти. Од туронските седименти се јавуваат црвени кварцни коигломерати и плочести варовници, а од сенонските седименти се застапени кварцни конгломерати, песочници, банковити варовници, флиш и плочести варовници.

Терциерот е преставен од палеогени и неогени седименти. Палеогените седименти одредени се како горно еоценски и се издвоени: конгломерати, песочници, шарени глинци, потоа флишни седименти каде учествуваат следните литолошки членови кои имаат уедначен состав и одредена ритмичност: песочници, конгломерати, глинци, алевролити, лапорци, органогени и лапоровити варовници и на крај се појавуваат жолти песочници како и плочести варовници.

Од неогените седименти се издвоени плиоценски седименти, преставени со три суперпозициони реда: долен дел преставен од конгломерати, бречи, чакали кои преминуваат во крупнозрни до ситнзрни пескови, во вертикала се сменуваат со глиновити пескови, глини, песковити глини со мали прослојци или леќи на карбонатни глини со многу ретки појави од чисти варовници. Во овие хоризонти на глина се јавуваат и рудните тела кои имаат економска вредност и од кои се врши експлоатација на глина, за потребите на производните погони на "Киро Ќучук" АД од Велес.

Исто така во оваа серија се пронајдени и одредени богати остатоци на фосилна фауна на цицачи, која е позната во литературата како "пикермиска фауна".

Во средниот дел од неогените седименти се јавуваат бигорливи варовници, а во горниот дел чакали и песоци.

Застапени се и најмлади карпи од квартарна старост, а се јавуваат: глациофлувијален материјал, горно речни и долно речни тераси, делувијални и пролувијални наслаги, како и алувијални наноси.

Појави на слоеви од глина

Со извршениете обемни геолошко-рудадрски истражни работи -длабинско дупчење (дупчено е до максимална длабина од 70,00 метри) за докажување на глина, потоа извршените детални геолошки картирања на регионот Велес -Чашка, извршените регионалните длабински дупчења

(длабочина повеќе од 200 м.) на регионот југоисточно од населбата Чашка, за докажување на појави од јаглени од типот на лигнит, се констатирани слоеви на глина со поголема дебелина и квалитет на повеќе места и се дефинирани како посебни рудни тела односно лежишта:

1. Лежиште "Горна Брца" рудно тело 1
2. Лежиште "Горна Брца" рудно тело 2
3. Лежиште "Пара Нива"
4. Лежиште "Раковец"
5. Појави на глина, локалитет "Бајири".

Како е нагласено, на одредените рудни тела односно лежишта (Горна Брца рудно тело 1 и 2) количините на глина се извадени, а на другите лежишта експлоатацијата на глина е во тек или пак ќе започне (Пара Нива).

Застапеност на рудните тела на глина во плиоценот

Рудните тела на плиоценот (прилог бр. 1) се распоредени-разместени нерамномерно и се продукт на зголемување на дебелината на слоевите од глина. Наиме, појавите на глина кои имаат геолошко-економска оправданост за експлоатација се јавуваат на страничните делови на плиоценскиот басен, со исклучок на појавата на глина кај локалитетот вБајириг која се јавува во средината на басенот.

Рудните тела на глина бр. 1 и 2 од лежиштето Горна Брца се појауваат југозападно од градот Велес, во близина на брдото Гогу-каде е границата на плиоценските со мезозојските седименти. Подлогата на плиоценските седименти ја преставуваат средно и горно тријаските варовници. Сметаме дека длабочината на плиоценските седименти е повеќе од 200 м. Во нашите рударски работи е зафатена моќност повеќе од 70 метра.

Големината на рудното тело број 1 изнесува 600 метри по подолгата оса, и 550 метри по пократката оса, а има неправилен облик.

Рудното тело број 2 исто така има неправилен облик чии дименизии изнесуваат:550 метри по подолгата оса и 450 метри кој се јавува на северниот дел и 270 метри од јужната страна од пократката оса.

Растојзнието помеѓу рудното тело 1 и рудното тело 2 е 600 метри.

Лежиштето "Пара Нива" се јавува јужно од брдото Гроот и е во непосредна близина на сеноските флишни седименти, како и средно тријаските варовници. На тој начин подината на плиоценските седименти ја чинат кредно флишните седименти и чинат граница со тријаските седименти. Дебелината на плиоценските седименти изнесува до 150 метри.

И ова рудно тело се јавува во непосредна близина на контактот на плиоценските кластични седименти со мезозојските седименти.

Рудното тело има неправилно сверична површина. Должината на рудното тело по подолгата оса изнесува 700 метри, а на северниот дел растојанието по пократка оса изнесува 700 метри, а на јужниот дел 325 метри. Оддалеченоста на ова рудно тело од рудно тело број 2 изнесува 1900 метра.

Лежиштето "Раковец" се јавува во општина Чашка во непосредна близина на селото Раковец. И ова рудно тело има неправилен облик со димензии: 900 метри по подолгата оса и 700 метри по пократката оса. Се јавува во плиоценските седименти кои граничат со старо палеозојските карпи, пред се филитите.

Појавите на глина кај локалитетот Бајири кои имаат економско значење за понатамошниот период како можност за користење на минерална суровина, се јавуваат во средината на плиоценскиот басен.

Петролошки и геоморфолошки особини на рудните тела

За секое лежиште односно рудно тело ќе се прикажат поодделно петрографските карактеристики кои ги изградуваат, потоа односот на корисната наспрема јаловата компонента, распространетоста на слоевите и друго.

Лежиште "Горна Брца"

Се карактеризира со појава на сиво - жолти песокливи глини и пескови од различити вариетети, со нивни премини едни во други. Колку се иде кон брдото Гроот и Гогу, односно до контактот со мезозојските творевини, преовладуваат воглавном среднозрните и крупнозрните пескови, слабо глиновити, со сочива и интеркалации од тенки прослојци на кафејави - жолтеникави глини. На ова подрачје појавите од глина се со мала моќност, и се користени од страна на велешките грнчари за изработка на грнчарски производи.

Рудно тело 1-застапени се слоеви од глина чии облик по простирање и по пад е неправилен со негови промени. Слоевите се јавуваат скоро хоризонтално кои иммаат благ пад од 10^{o}

се јавуваат два слоја на глина, кои се предмет на експлоатација. Првиот слој има дебелина од 2,0 -4,0 метри, а вториот слој дебелината му изнесува во просек од 6,0 до 7,0 метри и преставува главен слој за експлоатација. Најголемата дебелина на вториот слој изнесува 17,0 метри и покасно се расчленува на три помали слоја. Зафаќа површина од 16 ha. Zastapenosta na sloevite od pesok e razli~ita. Do prviot sloj na glina debelinata na pesokot iznesuva 4,0 metri, a pome\u dvata sloja na glina debelinata na slojot od pesok se dvi`i od 4,0 do 7,0 metri.

Интересно е да се напомене дека се јавува во слоевите од глина мали прослојци на песок со мали димензии од 10 см. до максимум 50 см., или пак се јавува песокот во леќаста форма.

Геолошки профил на дел од наоѓалиштето "Горна Брца" – рудно тело бр.1

Појави од карбонатна материја во глината е незнатна, со изземање на југоисточниот дел од рудното тело, каде се јавува во слојот на глината од 1.50 метри, присуство на CaO.

Глините се пластични, средно пластични до опознати, и бара поголем третман на пратење и хомогенизација.

Рудно тело 2 - зафаќа простор површина од 14,2 ha површина и се забележува на кратки растојанија нагли промени на дебелината на слоевите од глина и слоевите од песок.

Интересно да се напомене е моментот на големото присуство на карбонатна материја во глината, испод кота 250, и ја прави истата некорисна.

Карбонатната материја се јавува во глината во конкреции кои се неправилно распределени.
За ова рудно тело не можеме да зборуваме за повеќе слоеви на глина, туку се јавува главен слој кој има дебелина од 24,00 метри, а потоа се расчленува на повеќе слоеви. Се јавуваат неколку прослојци на пескови со дебелина од 1,50 -5,0 метри.
Може да се нагласи дека слоевите на глина кои се јавуваат кај рудно тело 1 продолжуваат кон рудно тело 2 и имаат тенденција на исклинување, а се јауваат на поголема длабочина.
Со оглед на тоа дека рудно тело 2 се граничи со туронските варовници, сметаме дека во процесот на седиментацијата на плиоценските седименти има големо влијание на карбонитната материја која се ослободувала од варовниците и дошла во процесот на формирањето на глините.

Геолошки профил на дел од наоѓалиштето “Горна Брца” – рудно тело бр.2

Лежиште "Пара Нива"

Песковите и глините преставуваат база на плиоцентот и лежат врз постарите карпи трансгресивно и дискордантно, и се застапени помеѓу тријаските и кредните седименти помеѓу брдата Голик и Гроот.
Песковите кои се изградени од кластични седименти се доста крупни преминуваат во чакалест материјал. Колку се оди кон запад, финоќа на песковите се намалува. Некоја одредена закономерност на појавувањето на пониските кон повисоките делови од рудното тело на серијата од песоци и глини не е утврдена. Постои наизменично сменување на глина и пескови со разна гранулација, како по својата моќност, исто така и по простирањето.
Песковите се светло-сиви до жолтеникави и се застапени зрна на кварц и фелдспат, потоа лискуни и други минерали.
Во горниот дел од геолошкиот профил на северозападната страна од лежиштето -рудното тело се јавуваат две варовнички плочи со дебелина од 0,50 м. до 2,0 м.
Рудното тело има неправилна форма и зафаќа површина од 35 ha.
Во начело може да се каже дека се работи за еден слој на глина со дебелина од 40 м. Истиот е проткаен со мали прослојци од ситнозрни до крупнозрни пескови, кои по простирањето од запад кон исток исклинуваат, а дебелината им изнесува од 1.50 до 2,0 м.

Колку повеќе се иде кон јужниот дел од лежиштето, доаѓа до зголемување на дебелината на слоевите од песок, чија дебелина изнесува од 8,0 до 10,0 м. а може и повеќе. Во овие делови од лежиштето, дебелината на слојот од глина се расчленува на повеќе помали слоеви, чија дебелина изнесува од 4,0 до 8,0 м.

Може да констатираме дека дебелината на слојот од глина е променлив како по простирање, исто така и по пад. Слоевите од глина се јавуваат скоро во хоризонтална состојба.

кварц (големина од 300-500 мм по подолгата оса). Колку се оди во повисоките слоеви имаме наизменично сменување на слоевите од чиста пластична глина со слоеви на глина онечистена со примеси од парчиња на поситнозрнен кварц и филит, чии интезитет на присутност е различит. Горниот дел од серијата на седиментите од плиоценот завршува со наизменично сменување на песок и глина.

И на ова лежиште (рудно тело) е карактеристично што имаме на кратки растојанија нагли промени како на слоевите од глина, исто така и на песковите, како по падот исто така и по простирањето.

Може да се каже дека се јауа главен слој на глина чија просечна дебелина изнесува 12,0 м. и се јавува непосредно од површината на североисточниот дел од лежиштето, и колку се оди кон југоисток, дебелината се намалува и расчленува

Лежиште "Раковец"

Економски наслаги на глина кои имаат употребна вредност во цигларската индустрија, се јауваат источно од село Раковец, на подрачјето на Општина Чашка на површина од 18 ha.

Правецот на протегањето на слоевите е северозапад-југоисток со благ пад кон североисток од 10-15^{o}.

Интересно да се напомене за ова лежиште е тоа, што го изградуваат во долните делови погрубо кластични седименти составени од глини со примеси од крупнозрни парчиња на
на повеќе мали слоеви, во кои се јавуваат и онечистувања од страни примеси.

Констатирани се уште пет рудни слоја на глина со просечна дебелина од 1,50; 2,0; 3,0; 4,0 и 7,50 м.

Движејќи се од северозапад кон југоисток, дебелината на слоевите од глина се намалува.

Слоевите на песок имаат различита дебелина и изнесува од 3,0 -4,50 м.

Карбонатна материја во глината не е констатирана како во претходните лежишта, што сметаме дека е одраз на изградбата на околните карпи од старо палеозоикот -гнајсевите и микашистите кои послужиле како изворен материјал за формирање на плиоценските седименти.

Одалеченоста на појавата Бајири од лежиштето Пара Нива е на 1.400 м., додека лежиштето Раковец се наоѓа на одалеченост од појавата Бајири на 5.600 м.

Геолошки профил на дел од наоѓалиштето “Раковец”

Анализа на генезата на Плиоценските седименти

Овие седименти се формирани во слатководони фации, односно во езерска плитковидна средина. Со оглед на опишаните состојби на појавувањето на кластичните седименти кои го изградуваат плиоценскиот басен, може да се констатира дека владеела немирна средина со почести промени на дотокот на донесениот материјал. Сето тоа укажува дека не можеле да се постигнат услови за формирање на формации со поголема дебелина и рамномерен квалитет издиференциран како по минеролошкиот состав, исто така и по хемиските карактеристики, а кои се карактеристични за мирни и длабоки средини.

Согласно минералошкиот состав на слоевите од глина и песковите, нивната структура, меѓусебното појавување и премини, може да се каже дека не станува збор за финозрнести материјали. Глините по својот минеролошки состав се составени од кварц, фелдспат, лискуни од типот на хидролискули, илити, каолини, калцит и монтморионити, а преовладуваат првите три. Тоа зборува дека материјали кои послужиле за формирање на овие седименти потекнуваат од гнајс-микашистите формации, гранодиоритите како и мезозојските флишни седименти и варовници, а се дел кои ги изградуваат околните делови на Вардарската зона и Пелагонскиот масив.

Интересен е моментот на формирањето на корисните слоеви од глина во просторот, како и нивната меѓусебна поврзаност и застапеност. Се јавуваат на крајните делови од плиоценскиот басен на потезот Велес-Чашка, разместени се во граничните делови спрема мезозојските и палеозојските карпи.

Затоа сметаме дека причината за застапеноста на карбонатната материја во состав на глините се мезозојските варовници. Карбонатната материја се јавува во диспергована форма или во конкреции, и е неправилно разместена.

Повремено се формираат и танки варовнички плочи кои се јавуваат на мало простирање.

И гранулометарскиот состав е значаен индикатор за добивање на сознание за условите на седиментацијата кои постоеле како и физичките фактори кои допринеле на преносот на материјалот, сметајќи ги при тоа брзината на транспортирањето, длабочината на водата на средината на таложењето, времетраењето на поновите циклуси на дотур на материјал преку водена средина и др.
Ако го посматраме регионот од Велес кон населбата Чашка, согледуваме дека крупноќата на седиментите ни се зголемува, како е опишано во претходните поглавја, а е одраз на условите на седиментацијата и палеорељефот.

Резиме

Корисната суровина -глина не се јавува подеднаква застапена, во плиоценските седименти и бара внимателен приод кон нивното истражување и поставување на рударско истражувачки работи.

MORPHOLOGY OF ELECTRUM FROM KHAN KRUM GOLD DEPOSIT, KRUMOVGRAD GOLDFIELD, EASTERN RHODOPE MOUNTAIN, SE BULGARIA

Irina Marinova

"Acad. Ivan Kostov" Central Laboratory of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev str., bl. 107, 1113 Sofia, Bulgaria; marinova@clmc.bas.bg

Abstract

Morphology of electrum from Khan Krum gold deposit, SE Bulgaria was studied by SEM at magnifications ranging from 500 up to 10000 times. Electrum particles sized from 5 to 200 μm were observed. They were obtained after crushing, milling and washing out of light minerals; after dissolution of silicates with hydrofluoric acid; from freshly broken surfaces, and from sections. The electrum studied came from low-angle layer-like replacement pervasive silicification and from high-angle open-space filling veins of quartz-adularia composition and colloform-banded textures.

Electrum particles from the layer-like pervasive silicification have deposited in microvoids and interstices of massive microcrystalline quartz. They have no own morphology but have inherited the geometry of microvoids and quartz interstices. Their surface is smooth with numerous negative prints of quartz crystals. In open space in massive quartz they have formed botryoidal, globular and wirelike aggregates without crystal faces. In this case pores of 1-2 μm in diameter (or bigger) of oval and angular shape, and globules of 0.3 to 2-5 μm in diameter were observed on their surfaces.

Electrum particles from the high-angle veins were observed in microcrystalline quartz-adularia bands. They have formed botryoidal, globular, wirelike, branched and irregular aggregates without crystal faces. In sections they showed numerous pores of oval and angular shape and 0.5-1 μm in diameter. The final conclusion is that electrum from the high-angle veins has deposited under high and changeable supersaturation of hydrothermal fluids in respect to opal, quartz and adularia and on non-equilibrium conditions as a result of intense boiling of fluids, whereas electrum from the low-angle layer-like pervasive silicification has deposited via weaker boiling.

Key words: morphology of electrum, opal, quartz, adularia, Khan Krum gold deposit

INTRODUCTION

The morphology of minerals depends on composition and crystal structure from one side, and on the physicochemical parameters of the crystallization medium (temperature, pressure, saturation, salinity, redox-oxidation and alkali-acid conditions, etc) from other side. As any genetic type deposit of a given mineral forms in definite frame of physicochemical conditions, it determines a definite morphology of that mineral. This relationship is used in reconstruction of mineral-forming process, in mineralogical mapping, geological exploration and prospecting (Grigoriev et al., 1981; 1986). Morphology of gold and electrum also shows changes at transition from high-temperature through mesothermal to epithermal deposits (Petrovskaya, 1973).

Morphology of electrum from Khan Krum gold deposit was studied in optical microscope (Marchev et al., 2004; Marinova, 2005; 2006a; Jelev, 2007). Only in one case electrum was liberated from embracing minerals and showed negative prints of quartz crystals (Marchev et al., 2004). Due to micron-scaled size of electrum from Khan Krum deposit (Marinova, 2007) its morphology was studied in scanning electron microscope. The results of this study are the purpose of the present paper.

GEOLOGICAL STRUCTURE

Regional geology

Khan Krum deposit (known also as Ada Tepe deposit) is a part of electrum mineralizations in Krumovgrad goldfield in Eastern Rhodope Mountain, SE Bulgaria, which includes also the following occurrences: Surnak, Skalak, Synap, Kuklitsa and Koupel. The area of Krumovgrad goldfield is around 60 km^2. The main regional geological structures in the goldfield are Kessebir gneiss dome (Bonev, 2002) and EastRhodopian Paleogene depression (Ivanov, 1960). Both structures are extensional, related to the Late Alpine development of Rhodope Massif. The Kessebir dome is built up of two metamorphic units: lower (in the core of the dome) – Gneiss-migmatite complex and upper (in the mantle of the dome) – Variegated complex. The rocks of the Gneiss-migmatite complex consist of metamorphosed granites, migmatites and migmatized gneisses (Bonev,

2002). The Rb-Sr age of the protoliths of metagranites is determined as Variscan: 328±25 Ma (Peycheva et al., 1998). The overlaying Variegated complex is an irregular alternation of para- and orthoamphibolites, para- and orthogneisses, schists, marbles, calc-schists, ultramaphites, etc. The contact of both complexes is a zone of mylonitization, which is 0.5-0.8 m in thickness (Jelev, 2007). The rocks of the Variegated complex are covered by the coarse terrigenous sediments of Maastrichtian-Paleocene Krumovgrad group. The group in the region of Krumovgrad goldfield is represented by the Shavar formation, which consists of poorly sorted and poorly consolidated breccias, breccia-conglomerates and sandstones of coluvial-proluvial-alluvial origin (Goranov, Atanasov, 1992). The contact between the sediments of Shavar formation and the underlaying metamorphic rocks is a regional, low-angle normal fault, dipping to NNE, determined by Bonev (1996) as Tokachka detachment fault. Marchev et al. (2004) consider Shavar formation as syndetachment. The Shavar formation is overlain by Breccia-conglomerate and Coal-bearing-sandstone formations of Priabonian age (Goranov et al., 1995). Lava flows, epiclastic rocks and seldom tuffs of Iran Tepe volcano of 32.7±1.4 Ma crop out to the north of Krumovgrad goldfield (Kibarov et al., 2007). The volcanic activity was followed by scarce latitic to rhyolitic dykes of 31.82±0.20 Ma and by intra-plate basalts dated at 26-28 Ma (Marchev et al., 2004).

Geology, mineralogy and hydrothermal alteration of Khan Krum gold deposit

Khan Krum deposit is located 4 km to the south of Krumovgrad town on a hill of north-southern elongation, sized 1.5/0.8 km with highest point Ada Tepe peak (492.4 m). It is hosted by the sediments of Shavar formation represented mainly by coarse to gravel breccias and breccia-conglomerates and less sandstones, argillites, marls and marlaceous limestones. The clasts of breccias and breccia-conglomerates consist of various metamorphic rocks. The major tectonic structure in the deposit is Tokachka detachment fault dipping gently to NNE at 9-15°. The fault plane is traced by gouge. From the fault plane upwards in the sediments there are listric faults synthetic to Tokachka detachment fault with dips of 30-60° and high-angle east-west-striking listric normal faults and strike-slip – normal faults, which dip to north and to south at dips of 80-90° (Fig. 1). Both systems of faults host electrum mineralization (Jelev, Hasson, 2002; Jelev, 2007).

The styles of mineralization include: 1) low-angle layer-like replacement bodies of massive pervasive silicification; 2) high-angle open-space filling veins in the east-west-striking faults and 3) stockwork bodies. The biggest layer-like body is developed immediately above Tokachka detachmnet fault (Stenata outcrop – The Wall) and follows the fault plane. It is 350 m long, about 150 m wide with 17 m average thickness (from 0.70 up to 25 m). Its average gold grade is 7.3 g/t (Jelev, 2007). That body is formed via metasomatic replacement of the sediments of Shavar formation and consists of massive microcrystalline quartz (98-99%), adularia and kaolinite (1-2%), electrum, marcasite and goethite pseudomorphs after pyrite (Kunov et al., 2001; Marchev et al., 2004; Marinova, 2005, 2006a). Above that body other 10-11 layer-like bodies of smaller thickness (from 0.30 to 3-4 m) were outlined by drilling. In places where the layer-like bodies are transected by high-angle veins electrum-rich isometric stockwork ores are formed due to high jointing of rocks (Jelev, Hasson, 2002; Jelev, 2007). The mineralization in them is represented by stockwork veinlets composed of microcrystalline quartz, adularia, electrum and pyrite with colloform-banded, banded and massive microtextures. The high-angle veins are formed in open space from 0.10 up to 0.80 m wide and have colloform-banded, banded and massive textures (Jelev, 2007). They consist of microcrystalline quartz, adularia, electrum and pyrite, and scarce hessite and petzite (Marchev et al., 2004). The highest gold and silver grades and electrum visible by naked eye are characteristic for the high-angle veins.

The hydrothermal alteration of host rocks is of adularia-sericite type. It affects the whole section of Shavar formation but is fault-controlled. The alteration of metamorphic rocks beneath Tokachka detachment fault is developed to 10-15 m in depth (Kunov et al., 2001; Marchev et al., 2004; Jelev, 2007). Argillic alteration is imposed on the adularia-sericite one and crops out widely in the northern half of the deposit (Fig. 1).

The mineralization in Khan Krum deposit is epithermal, low-sulfidation with the only economic mineral being electrum (Kunov et

al., 2001; Marchev et al., 2004; Marinova, 2005; Marton et al., 2006; Jelev, 2007). It is deposited at temperatures about 210-180° C from low-salinity fluids before 35 Ma (Marchev et al., 2004; Marton et al., 2006). The fluids were dominated by meteoric water, partly re-equilibrated with metamorphic and magmatic basement rocks (Moritz et al., 2007). The mineralization is older than the volcanic rocks of Iran Tepe volcano, what raises question about the source of fluids and heat. According to Marchev et al. (2004) the mineralization is subdivided into 4 stages: I – massive or banded quartz with rare pyrite and adularia; II – opal, chalcedony, adularia, pyrite, electrum and Au-Ag tellurides; III – quartz and calcite, small amounts of adularia and pyrite and IV – ankerite-dolomite, siderite and pyrite.

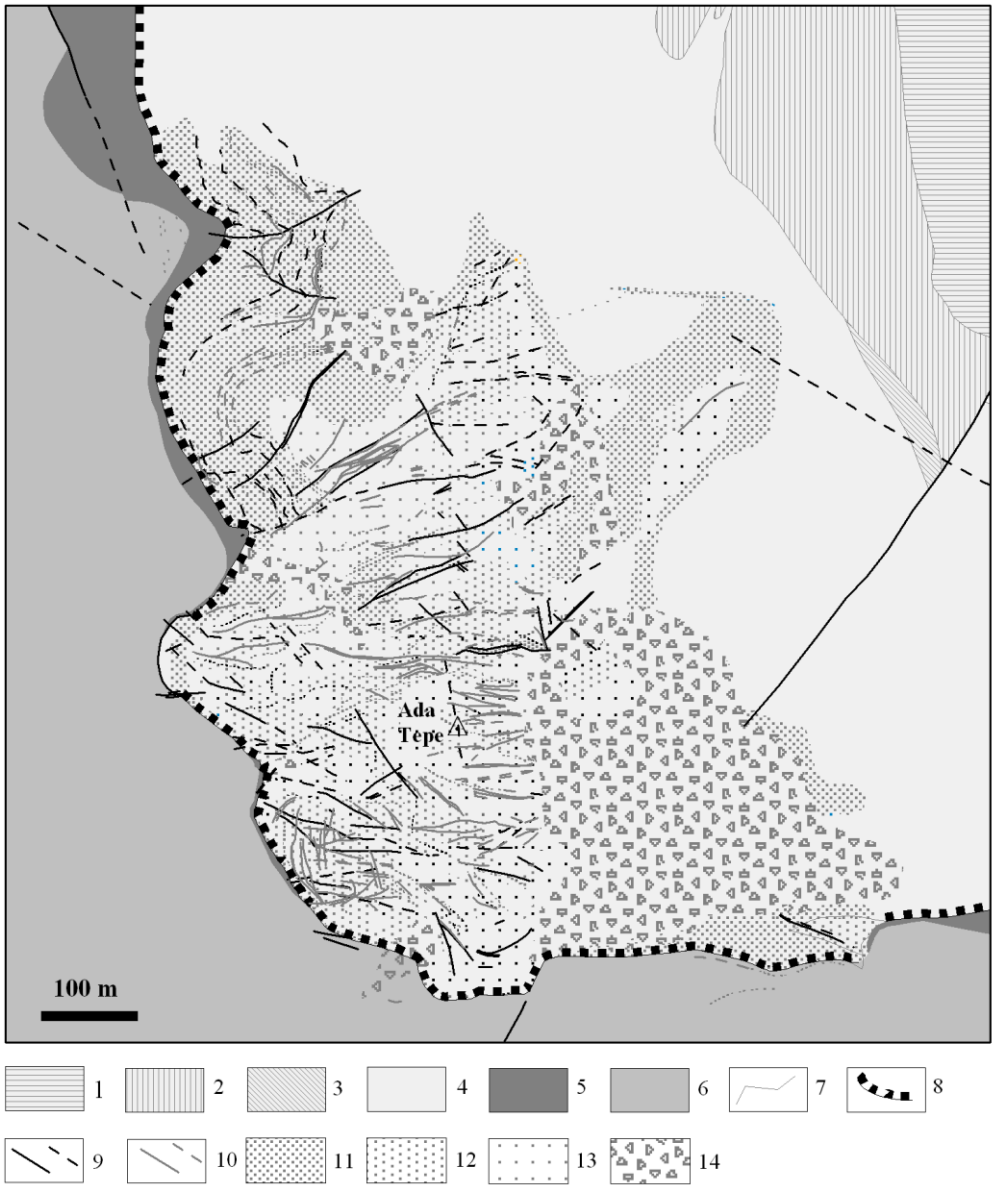


Fig. 1. Geological map of Khan Krum gold deposit (after C. Jeleva in D. Jelev, 2004 – unpublished data): 1 – Priabonian: Breccia-conglomerate formation – coarse-grained sandstones and conglomerates; 2-4 – Maastrichtian-Paleocene: Krumovgrad group: 2 – breccia-conglomerates and breccias; 3 – argillites, marl and marlaceous limestones; 4 – coarse breccia-conglomerates and sandstones; 5-6 – metamorphic basement: 5 - Variegated complex – amphibolites, amphibole and biotite gneisses; 6 – Gneiss-migmatite complex – metagranites; 7 – geological boundary; 8 – Tokachka detachment fault; 9 – fault (traced in left, inferred in right); 10 – quartz vein (traced in left, inferred in right); 11 – argillization; 12 – strong silicification; 13 – weak silicification; 14 – boulders from ancient mining.

The study of the layer-like body in Stenata outcrop (Marinova, 2005, 2006a, b) showed that the first stage is also electrum-bearing (Marinova, Nenova, 2007a). Mankov (2001 – unpublished data) found additionally scarce amounts of sphalerite, galena and marcasite in the second stage.

MATHERIAL AND METHODS

The electrum studied came from the layer-like pervasive silicification immediately above Tokachka detachment fault and from the high-angle veins cropping out on the top of Ada Tepe hill. A part of electrum particles from the layer-like pervasive silicification was obtained after crushing, milling and washing out of light minerals; other part was obtained after dissolution of massive quartz with HF. Another part was from freshly broken surfaces of massive quartz. The electrum particles from the high-angle veins were from natural contact surfaces of millimetre-scale quartz-adularia bands and from sections perpendicular to the banding. The electrum particles were observed in Philips 515 scanning electron microscope (SEM) in secondary electrons at 25 kV voltage and magnifications ranging from 500 up to 10 000 times. Their size varies from 5 to 200 μm. The samples were covered with thin carbon layer before observations.

RESULTS AND DISCUSSION

Morphology of electrum from the layer-like pervasive silicification immediately above Tokachka detachment fault

Quartz from the layer-like pervasive silicification on freshly broken surfaces clearly shows in SEM prismatic crystals and six-angle sections (Fig. 2, a). The accompanying electrum is represented by massive aggregates with negative prints of microcrystalline quartz crystals (Fig. 2, b, c, d) and more rarely of platy mineral supposed to be quartz pseudomorphs after calcite plates (Marinova, 2006b). Well developed quartz crystals stick up from some electrum aggregates (Fig. 2, b). In some cases the terminations of electrum aggregates are wrapped up round quartz crystals. When electrum fills linear arranged quartz interstices it forms branched and wirelike aggregates. Parts of them are formed in open space and have botryoidal surface (Fig. 2, e). Platy electrum aggregates probably deposited in joints are also observed (Fig. 2, f). Electrum aggregates grown in quartz interstices have smooth surface with very small pores (1-2 μm in diameter and bigger) of oval and angular shape. We suppose that the oval pores are related to inclusions of hydrothermal fluid and the angular ones are negative prints of crystals. Growth sculptures are not seen on the electrum surfaces. The SEM-observations showed that the deposition of quartz has begun earlier than the deposition of electrum, which has deposited in quartz interstices.

The morphology of electrum studied is analogous to the morphology of electrum from Chala epithermal deposit, Eastern Rhodope Mountain, where numerous negative prints of quartz crystals were documented on the electrum surface and crystal faces were absent (Kostov-Kitin, 1996).

The observations on freshly broken surfaces of the layer-like pervasive silicification showed microvoids, where electrum has deposited in open space as botryoidal, globular, branched and wirelike aggregates in association with quartz and adularia. The surface of electrum aggregates contains oval pores about 0.5-1 μm in diameter as well as globules of 0.3 up to 2-5 μm in diameter (Fig. 3).

Morphology of electrum from the high-angle veins

Electrum from the high-angle veins is deposited in colloform bands consisting of microcrystalline quartz, adularia, pyrite, and sometimes chalcedony. The thickness of the bands varies from tens of millimetre to 1 cm, rarely more. Quartz is waterclear, milky, pale grey and brown and adularia is pale beige. In elecrtum-rich bands quartz and adularia are anhedral with grains of few microns commonly below 3-5 μm. In the next electrum-poor bands quartz and adularia except anhedral are also subhedral to euhedral 10-20-50 μm in size as the biggest reach 200 μm. The euhedral adularia has formed crystals of rhombic outline and comparatively rarely they are of tabular one. Microcrystalline chalcedony has formed bundle, V-like aggregates and spherolithes dispersed in quartz and adularia. In polarized light electrum is observed as micron-sized dispersed grains of oval and angular shape, wires in quartz interstices, clots and bonanza bands. In the latter case it is visible by naked eye.

Observations by SEM of natural contact surfaces of colloform-banded veinlets sprinkled with electrum showed that electrum has formed aggregates of botryoidal and globular surface, branched and wirelike aggregates, which have

no crystal faces (Fig. 4). Association of electrum with adularia of rhombic (Fig. 4, f) and tabular outline is seen in some cases.

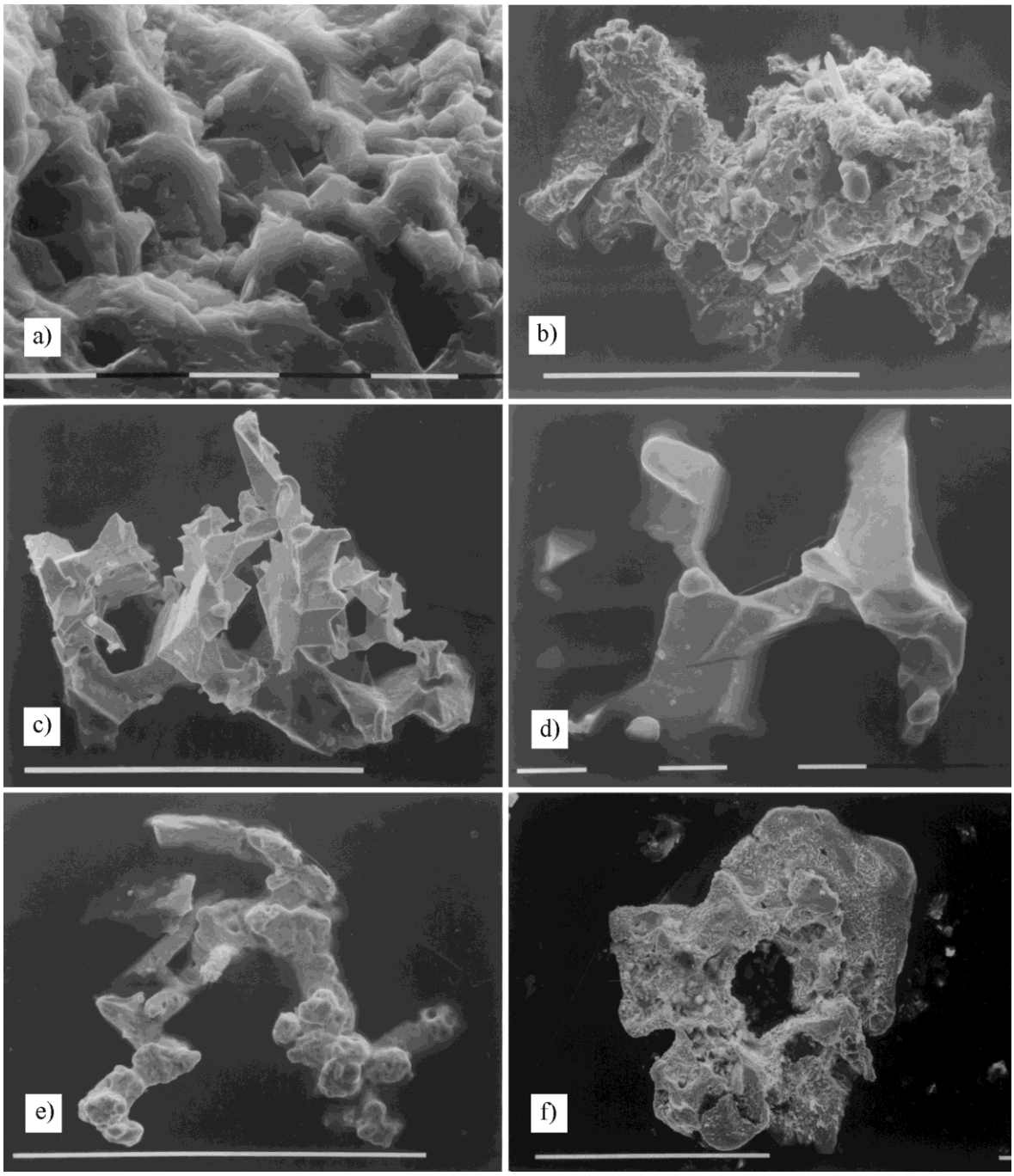


Fig. 2. Morphology of electrum from the layer-like pervasive silicification immediately above Tokachka detachment fault in SEM. Electrum was liberated from embracing quartz by crushing, milling and washing out, and by dissolution of quartz with HF: a) euhedral and subhedral massive quartz from freshly broken surface. Scale bar 10 μm; b) massive aggregate of electrum with quartz crystals sticking up. Scale bar 100 μm; c) aggregate of electrum with negative prints of quartz crystals. Scale bar 100 μm; d) branched aggregate of electrum in interstices of quartz crystals. Scale bar 10 μm; e) branched aggregate of electrum deposited in numerous interstices of quartz crystals; globular surfaces formed in open space. Scale bar 100 μm; f) platy aggregate of electrum. Scale bar 100 μm.

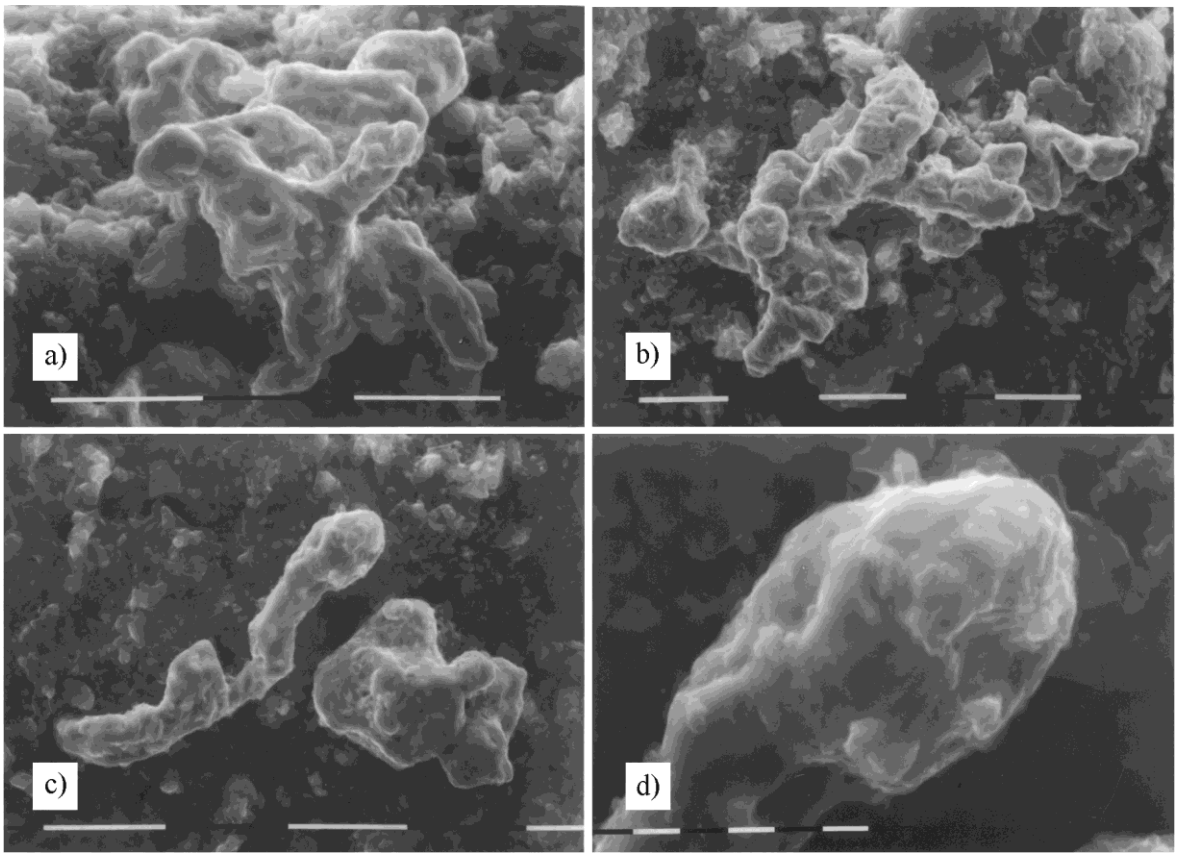


Fig. 3. Morphology of electrum from the layer-like pervasive silicification immediately above Tokachka detachment fault in SEM – freshly broken surfaces of quartz-adularia massive specimen: a, b, c – globular, branched and wirelike aggregates of electrum. Scale bar 10 μm; d) termination of the wirelike electrum from c). Scale bar 1 μm.

Observations by SEM of colloform-banded veins cut perpendicularly to the banding showed complexly branched electrum aggregates that have developed transversely and obliquely to the banding. Electrum is abundant in the finest quartz-adularia bands, which are darker and are vitreous-like in comparison with the next electrum-poor microcrystalline quartz-adularia bands (Fig. 5, c, d, f). Figure 5 (c, d) shows electrum aggregates on the rim of a band in which the quartz and adularia crystals are not distinguishable in opposite to the next band, which has clear microcrystalline texture. One of these electrum aggregates shows botryoidal surface (on Fig. 5, e). Other peculiarity of electrum from the colloform-banded veins is the abundance of pores in sections of electrum (Fig. 5, f). They are oval (probably inclusions of hydrothermal fluid) and angular (negative prints of quartz and adularia crystals). The abundance of oval inclusions suggests phase separation in response to intense boiling of hydrothermal fluids.

The presence of adularia with a relatively disorded Al/Si distribution (sanidine-like) points also to a high rate of nucleation and crystal growth (Marton et al., 2007), which realizes in a boiling process. In addition, the rhombic and tabular outlines of adularia are recognized by Dong and Morrison (1995) as indicative for growth on condition of high supersaturation in response to rapidly changing conditions.

The presence of quartz and adularia of different grain size is concerned with varying physicochemical conditions of crystallization. Quartz and adularia below 3-5 μm in size are evidence for high density of nucleation and for high supersaturation of hydrothermal fluids. Quartz of such size was found out in siliceous sinter in Skalak occurrence together with coarser quartz (up to 30-50 μm in size) as their relationship showed that the finer quartz was earlier (Marinova, Nenova, 2007b). The studies of Herdianita et al. (2000), Lynne et al. (2007), and others revealed that during deposition of siliceous sinter it consists largely of amorphous opalline silica, which then

crystallizes in microcrystalline quartz in around 50 000 years. These studies are argument for us to suppose that quartz below 3-5 μm from the colloform-banded veins has crystallized from amorphous silica. It is also known that in the opal-chalcedony-quartz row opal requires highest saturations (Xu et al., 1998).

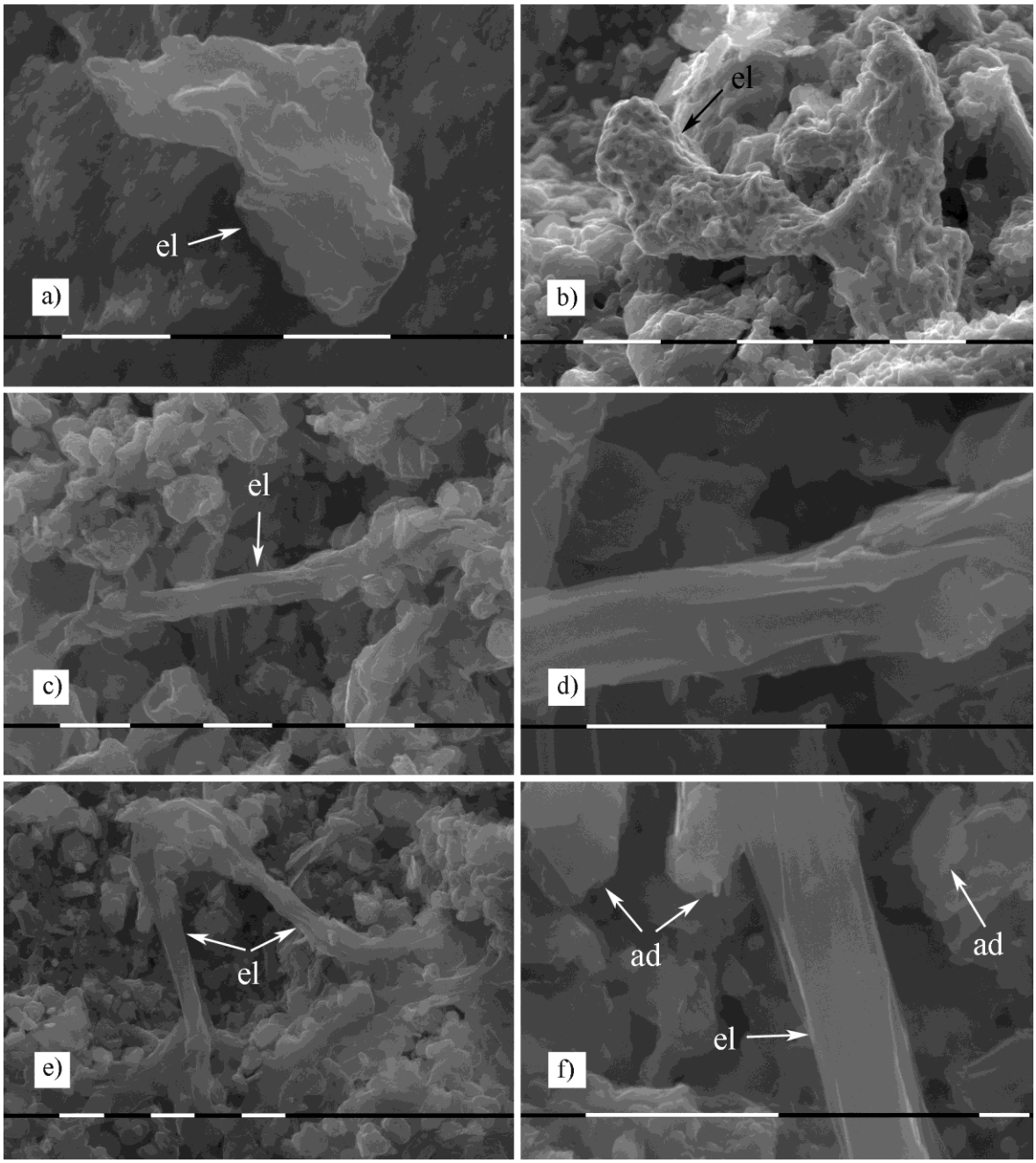


Fig. 4. Morphology of electrum from natural contact surfaces of colloform-banded quartz-adularia veins in SEM: a) globular aggregate of electrum; b) branched aggregate of electrum with numerous pores on its surface; c-f) wirelike aggregates of electrum. Scale bar 10 μm; el – electrum; ad – adularia.

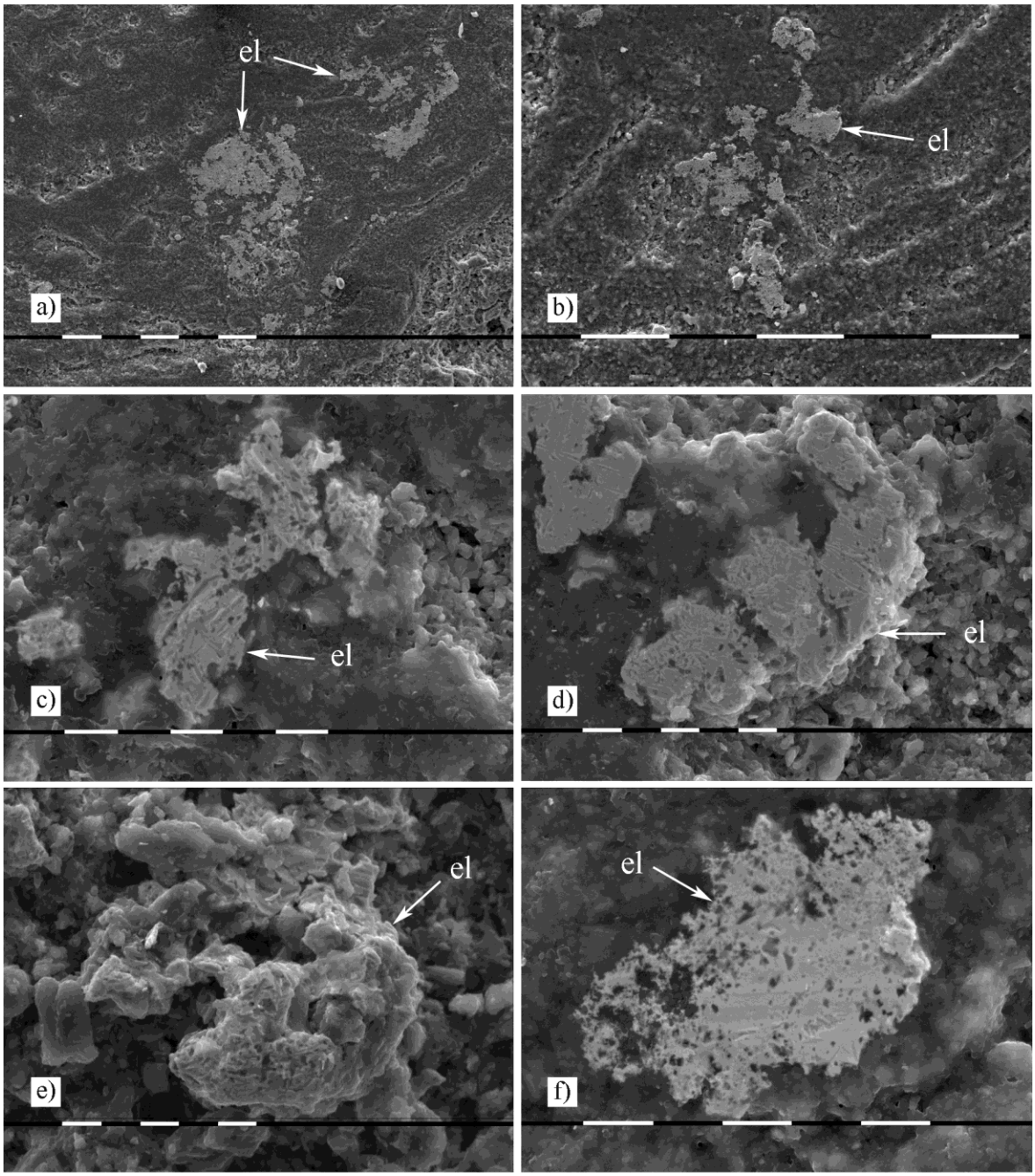


Fig. 5. Morphology of electrum from sections perpendicular to the banding in SEM: a, b) colloform-banded veinlets of various grain size. Electrum is developed transversely and obliquely to the banding; c, d) details of electrum-containing quartz-adularia colloform bands. Vitreous-like outlook of electrum-rich bands in comparison with the next electrum-poor crystalline bands; e) globular surface of electrum aggregate with many pores on it; f) section of electrum aggregate with many pores. Scale bar 10 μm; el – electrum.

The high variation in grain size of quartz crystals, the presence of quartz and chalcedony indicate high and changeable saturation of fluids in respect to silica, which could have resulted from boiling of fluids.

The lack of crystal faces, the botryoidal, globular, wirelike and branched aggregates of electrum suggest rapid crystallization on non-equilibrium conditions, which is also an argument that supports the boiling model.

The abundance of oval pores in electrum from the high-angle colloform-banded veins, the smaller grain size of quartz in them and the presence of abundant adularia suggest more intense boiling of fluids during formation of the high-angle veins in comparison with the layer-like pervasive silicification. The intense boiling has also favoured the formation of bonanza veins.

CONCLUSION

1. Electrum from the layer-like pervasive silicification immediately above Tokachka detachment fault has deposited mainly in interstices of massive microcrystalline quartz and its morphology inherited the geometry of quartz interstices as the deposition of electrum has taken place after the beginning of quartz deposition. Electrum has also deposited in microvoids where it has formed botryoidal, globular, and wirelike aggregates without crystal faces.
2. Electrum from the bonanza high-angle veins has deposited in the finest quartz-adularia bands where quartz and adularia grains are sized below 3-5 μm and are anhedral. Electrum has formed botryoidal, globular, wirelike, and branched aggregates without crystal faces.
3. Lack of crystal faces, botryoidal, globular, wirelike, and branched aggregates of electrum suggest rapid crystallization on non-equilibrium conditions.
4. We relate the higher content of electrum and adularia, the abundance of oval pores in electrum, the finer size of quartz grains and the varying size of quartz and adularia grains in the high-angle colloform-banded veins to more intense boiling of hydrothermal fluids at formation of the high-angle colloform-banded veins in comparison with the layer-like pervasive silicification.

Acknowledgement. The author thanks the colleagues from Balkan Mineral and Mining for the collaboration in field work and for the given geological map.

REFERENCES

Bonev, N. (1996) Tokachka shear zone southwest of Krumovgrad in Eastern Rhodopes, Bulgaria: an extensional detachment. Ann. Sofia Univ. 89: 97-106

Bonev, N. (2002) Structure and evolution of Kessebir Gneiss Dome, Eastern Rhodopes. Abstract of PhD Thesis. Sofia, 42 p. (in Bulgarian)

Dong, G., Morrison, G.W. (1995) Adularia in epithermal veins, Queensland: morphology, structural state and origin. Mineralium deposita 30: 11-19

Goranov, A., Kozhoukharov, D., Boyanov, I., Kozhoukharova, E. (1995) Explanatory note to the geological map of Bulgaria at 1:100 000 scale, Krumovgrad and Sape map sheets. Sofia, 97 p. (in Bulgarian)

Goranov, A., Atanasov, G. (1992) Lithostratigraphy and formation conditions of Maastrichtian-Paleocene deposits in Krumovgrad District. Geologica Balcanica 22: 71-82

Grigoriev, D.P., Evzikova, N.Z., Zidarova, B., Kostov, I., Kuznetsov, S.K., Maleev, M., Mineev, D.A., Popov, V.A., Tscesnokov, B.V., Shafranovskiy, I.I., Yushkin, N.P. (1981) The crystallomorphological evolution of minerals. "Scientific Papers" Preprint Series, USSR Academy of Sciences, Komi Branch 76: 3-26 (in Russian)

Grigoriev, D.P., Evzikova, N.Z., Zidarova, B., Kostov, I., Kuznetsov, S.K., Maleev, M., Mineev, D.A., Popov, V.A., Tscesnokov, B.V., Shafranovskiy, I.I., Yushkin, N.P. (1986) Evolution of crystal forms in mineral-forming processes. Morphology and Phase Equillibria of minerals – IMA 1982: 11-25 (in Russian)

Herdianita, N.R., Browne, P.R.L., Rodgers, K.A., Campbell, K.A. (2000) Mineralogical and textural changes accompanying ageing of silica sinter. Mineralium Deposita 35: 48-62

Ivanov, R. (1960) Magmatism in East Rhodopian Paleogene depression. I. Geology. Trudove geol. Bulgaria, Geochimia i polezni izkopaemi Ser.: 312-387 (in Bulgarian)

Jelev, D. (2007) Khan Krum gold deposit, Ada tepe prospect. In: Milev, V., Obretenov, N., Georgiev, V., Arizanov, A., Jelev, D., Bonev, I., Baltov, I., Ivanov, V. Gold deposits in Bulgaria. Zemya'93, Sofia, pp 104-115 (in Bulgarian)

Jelev, D., Hasson, S. (2002) Geology of Khan Krum deposit. Bulgarian Geol. Soc., Ann. Sci. Conference. Sofia, pp 58-59

Kibarov, P., Marchev, P., Ovcharova, M., Raycheva, R., Moritz, R. (2007) Petrology and Geochronology of Iran Tepe volcano, Eastern Rhodopes, Bulgaria: Age relationship with the Ada Tepe gold deposit (preliminary data). In: Moritz, R., Quadt, A. (eds) Advances in

Regional Geological and Metallogenic Studies in the Carpathians, Balkans, Rhodope Massif and Caucasus (Romania, Serbia, Bulgaria and Georgia), Abstracts. Bor, Serbia

Kostov-Kitin, V. (1996) Characteristics of gold from Chala ore deposit, Eastern Rhodopes. Ann. Sofia Uni. 89: 161-174 (in Bulgarian)

Kunov, A., Stamatova, V., Atanasova, R., Petrova, P. (2001) Ada Tepe gold-silver-base metals occurrence of low sulfidation (adularia-sericite) type, Krumovgrad district. Minno delo i geologia 4: 16-20 (in Bulgarian)

Lynne, B.Y., Campbell, K.A., James, B.J., Browne, P.R.L. (2007) Tracking crystallinity in siliceous hot-spring deposits. American J. Science 307: 612-641

Marchev, P., Singer, B., Jelev, D., Hasson, S., Moritz, R., Bonev, N. (2004) The Ada Tepe deposit: a sediment-hosted, detachment fault-controlled, low-sulfidation gold deposit in the Eastern Rhodopes, SE Bulgaria. Schweiz. Mineral. und Petrogr. Mitt. 84: 59-78

Marinova, I. (2005) Hypogene and supergene minerals in "Khan Krum" gold deposit, "Stenata" site (Eastern Rhodopes) at Tokachka detachment fault contact. Proceedings of "80 years Bulgarian Geological Society" Jubilee Internat. Conference. Sofia, pp 168-170

Marinova, I. (2006a) Preliminary data on the morphology of electrum from the layer-like pervasive silicification in Stenata outcrop, Khan Krum gold deposit, SE Bulgaria. Proceedings of "Geosciences 2006" National conference. Sofia, pp 113-116

Marinova, I. (2006b) Replacement textures from the electrum-bearing, layer-like pervasive silicification in the low sulfidation Khan Krum gold deposit, SE Bulgaria. Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 59, 9: 945-948

Marinova, I. (2007) Morphometry of electrum from layer-like pervasive silicification in Stenata outcrop, low-sulfidation Khan Krum gold deposit, SE Bulgaria. Compt. rend. Acad. bulg. Sci. 60, 9: 983-990

Marinova, I., Nenova, P. (2007a) Late Alpine electrum mineralizations in Kessebir Gneiss Dome. East Rhodope Mountain. In: Annual Report N 13 of Central Larobatory of Mineralogy and Crystallography. Sofia, pp 32-33

Marinova, I., Nenova, P. (2007b) Preliminary data on electrum mineralization in Skalak occurrence, Krumovgrad goldfield, Eastern Rhodope Mountain, SE Bulgaria. "60 years university education in geology" Jubilee issue. Sofia, St Climent Ohridski University publishing house, pp 51-55

Marton, I., Moritz, R., Marchev, P., Vennemann, T., Spangenberg, J. (2006) Fluid evolution within Eastern Rhodopian sedimentary rock-hosted low-sulfidation epithermal gold deposits, Bulgaria. In: Cook, N.J., Ozgens, I., Oyman, T. (eds) Au-Ag-telluride-selenide deposits, Proceedings of the IGCP 486 2006 field workshop. Izmir, pp 116-123

Marton, I., Moritz, R., Bonev, N., Marchev, P (2007) Regional to local ore controls on the formation of sedimentary rock-hosted gold deposits from the Eastern Rhodopes, Bulgaria. Proceedings of 9th biennial SGA Meeting. Dublin, pp 137-141

Moritz, R., Marton, I., Chambefort, I., Noverraz, C. (2007) Diversity of epithermal gold ore formation in southeastern Europe: a record of a protracted 60 m.y.-long geodinamic and metallogenic evolution of the Tethyan arc. In: Moritz, R., Quadt, A. (eds) Advances in Regional Geological and Metallogenic Studies in the Carpathians, Balkans, Rhodope Massif and Caucasus (Romania, Serbia, Bulgaria and Georgia), Abstracts. Bor, Serbia

Peytcheva, I., Ovtcharova, M., Sarov, S., Kostitsin, Y. (1998) Age and metamorphic evolution of metagranites from Kessebir reka region, Eastern Rhodopes – Rb-Sr isotope data. XVI Congress CBGA, Abstracts. Vienna, p. 471

Petrovskaya, N. (1973) Native gold, Nauka, Moscow, 347 p. (in Russian)

Xu, H., Buseck, P.R., Luo, G. (1998) HRTEM investigation of microstructures in length-slow halcedony. American Mineralogist 83: 542-545

COUPLED USE OF REFLECTED LIGHT, ELECTRON- AND RAMAN-MICROPROBE TECHNIQUES FOR MINERAL IDENTIFICATION AND ORE TEXTURES STUDY: SOME EXAMPLES

Aleksandar Pačevski

Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia;
aleksandar.pacevski@gmail.com

Abstract

This paper represents a review of the application of reflected light, Electron- and Raman-microprobe techniques in the recent studies of the ore minerals from the Sb-W ore occurrences at Osanica (Serbia) and Čoka Marin polymetallic deposit (Serbia). Employment of these microprobe techniques is helpful in the cases when a mineral could not be unequivocally identified by reflected light. Several applications of these methods in ore minerals study are quoted: i. zoning pattern in an ore mineral, which is not observable under reflected light, could be easily revealed by computer-adjusted reflected light image with increased contrast and decreased brightness. Validity of this zoning pattern could by confirmed by electron microscopy techniques. ii. Minerals with similar optical properties, which are not distinguishable by reflected light, could be easily distinguished by Electron-microprobe. However, for some polymorph minerals (e.g. rutile and anatase) uncertainty remains also after using this method, and Raman-microprobe is helpful method for their identification. iii. Raman-microprobe is also useful method for determination of a state of the chemical impurities in a mineral, i.e. whether the impurities in a mineral are present in a separate phase which forms submicroscopic solid inclusions, or they are structurally bound in a mineral.

Key word: reflected light, EMPA, Raman-microprobe, ore minerals, Osanica, Čoka Marin, Serbia.

INTRODUCTION

Reflected light investigation is one the most important step in ore minerals and deposits study and this method has being routinely applied. The differences in optical properties (color, reflectivity, etc.) of the opaque minerals under reflected light enabled their determination. However, uncertainties in identification of the minerals often retained after using reflected light. In some cases, quantitative optical measurements could be helpful, but most often these uncertainties have been resolved using Electron-microprobe analysis (EMPA).

In the last decades, Raman-microprobe has been widely used in investigations of geological microsamples, i.e., to characterize structural order, recrystallization, zoning, phase transitions, solid, liquid and gas inclusions within a mineral grain, or simply for identification by "finger printing" (Pačevski et al., 2008). Theoretical background and application of this method in geosciences are given everywhere in literature (e.g. Roberts and Beattie, 1995; Nasdala et al., 2004).

Reflected light study is applied on polished sections, and by possibility to analyze the same polished section by Electron- and Raman-microprobe techniques, it is possible to make coupled observation and analysis of the same spot. More, as Electron- and Raman-microprobe have comparable spatial resolution (i.e. a few μm), it is possible to obtain measurements by these methods at the same spot in a mineral and thereby, to follow changes in crystal structure peculiarities depending of changes in chemical composition of a mineral.

MATERIAL AND METHODS

Mineral parageneses from two localities in Serbia, Sb-W ore occurrences at Osanica and Čoka Marin polymetallic deposit has been recently studied by reflected light, Electron- and Raman-microprobe. More data about mineralogy of these localities are given in Pačevski (2005), Pačevski et al. (2005), Pačevski et al. (2007) for Osanica and in Pačevski et al. (2008) for the Čoka Marin deposit.

Numerous ore samples are macroscopically observed and over hundred polished sections are prepared, embedding the pieces of the samples in epoxy resin and polishing them with the diamond pastes (15, 9, 6, 3, 1 μm) on cloth.

Reflected light was routinely used for mineral identification and texture study. With the development of the digital photography and computer programs for photography adjustments, it is possible to reveal internal features of a mineral which are not observable by eye. Thus, by computer-adjusted reflected light images with increased contrast and decreased brightness, zoning patterns in wolframite (Pačevski et al., 2007) and pyrite (Pačevski, in prep.), which was invisible under parallel and crossed Nicols, have been revealed.

EMPA was employed using a JEOL JSM-6400 scanning electron microscope (SEM) connected with a LINK energy-dispersion spectrometry (EDS) unit (at the Institute for mineralogy and crystallography of University of Vienna, Austria) and JEOL 8200 Superprobe equipped with EDS unit and five wavelength-dispersion spectrometry (WDS) units (at the Faculty of Geosciences and Environment of University of Lausanne, Switzerland).

Raman-Microprobe was employed using a Renishaw RM1000 confocal micro-Raman spectrometer with 785 nm and 632.8 nm laser-excitation system and a thermo-electrically cooled CCD detector (at the Institute for mineralogy and crystallography of University of Vienna, Austria) and Dilor confocal micro-Raman spectrometer with 532 nm laser-excitation system and a thermo-electrically cooled CCD detector (at the Section of geosciences of University of Geneva, Switzerland).

RESULTS AND DISCUSSION

Several topics considering the problems which appear in reflected light studies and their solutions found by coupled use of this method with Electron- and Raman-microprobe, are discussed below.

Chemical zoning in a mineral revealed by computer-adjusted reflected light images

Crystal zoning caused by the presence of solid solution series or chemical impurities are often not observable under parallel and crossed Nicols, in the cases of the slight chemical changes in solid solution or a low concentration of impurities, respectively.

An example of zoning in a mineral, caused by solid solution series and revealed by computer-adjusted reflected light images, has been shown by Pačevski et al. (2007) for wolframite, which is solid solution between end members huebnerite ($MnWO_4$) and ferberite ($FeWO_4$).

An example of zoning in a mineral, caused by the chemical impurities and revealed by this technique, represents zoning in pyrite from the Čoka Marin deposit (Fig. 1) which is caused, according to EMPA results (Pačevski, in prep.), by copper impurities.

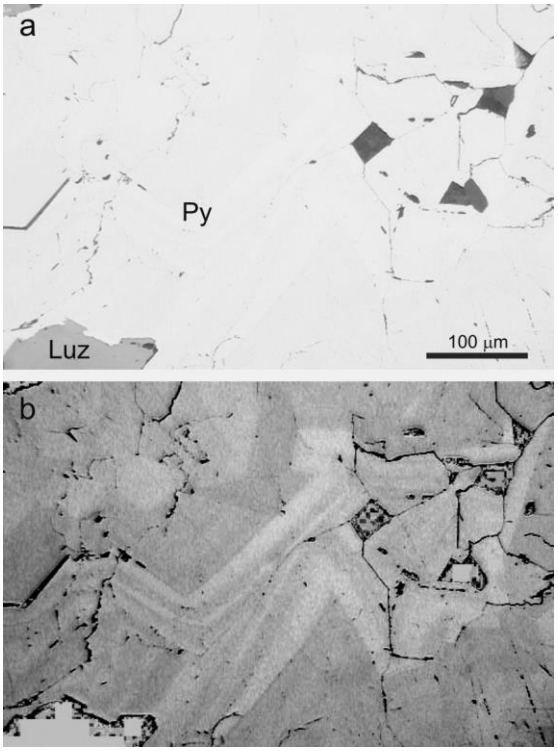


Figure 1. Zonar pyrite from the Čoka Marin deposit, Serbia (a - reflected light, air, parallel Nicols; b – computer-adjusted reflected light image from (a) with increased contrast and decreased brightness). Abbreviations: Luz – luzonite, Py – pyrite.

Validity of the zoning patterns established in both above-mentioned examples was confirmed by the techniques of electron microscopy, i.e. EMPA, back-scattered electron (BSE) imaging and X-ray mapping. Thus, validity of the zoning pattern in pyrite, revealed by computer-adjusted reflected light images was confirmed by BSE images, while for wolframite, it was confirmed by X-ray mapping, as BSE imaging was not useful in the case of zoning in wolframite because too small differences between the molecular weights of $MnWO_4$ and $FeWO_4$ (Pačevski et al., 2007).

Finally, it is worthwhile to mention that, in comparison with electron microscopy techniques, computer-adjusted reflected light imaging has advantages in the study of a mineral zoning, that it is much cheaper and less time consuming technique.

Identification of the minerals with similar optical properties

Sometimes, it is difficult to unequivocally distinguish the minerals with similar optical properties by reflected light.

Electron microscopy techniques (BSE imaging and EMPA) are very useful methods for this problem. By BSE images, mineral grains of the different chemical compositions are clearly distinguishable and by EMPA their chemical compositions could be measured. Thus, in the study of Pačevski (2005), the presence of arsenopyrite besides optically similar marcasite was overlooked by reflected light, as it was difficult to notice alternate distribution of their thin lamellae (Fig. 2a), especially due to the presence of pleochroism of both minerals. More, replacement of lamellar aggregate of pyrrhotite by marcasite is common occurrence in nature (Ramdohr, 1980), while the presence of arsenopyrite in these lamellae represents uncommon phenomenon (Pačevski, 2005). By BSE image, the distribution of these two minerals in replaced lamellar aggregate of pyrrhotite was easily noticed (Fig. 2b) and their chemical compositions and thereby identifications are obtained by EMPA. This finding was important in the study of Pačevski (2005) as thereby, it was found that: 1) arsenopyrite readily replaced marcasite as these two minerals are isostructural; and 2) higher activity of arsenic had played in termination of the formation of that ore stage.

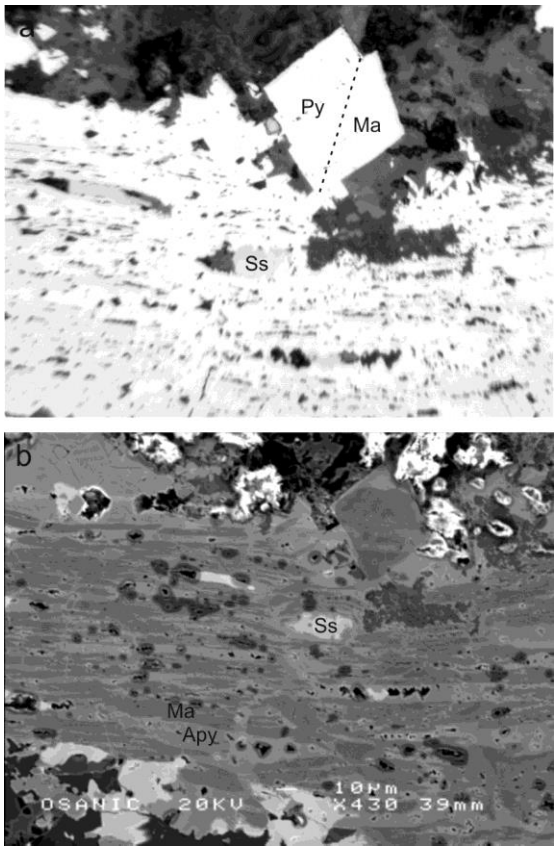


Figure 2. Ore mineral assemblage from the ore occurrences at Osanica, Serbia (a – reflected light, air, parallel Nicols; b – BSE image). Abbreviations: Apy – arsenopyrite, Ma – marcasite, Py – pyrite, Ss – Pb sulfosalt.

However, in some cases, the techniques of electron microscopy (EMPA and BSE) are also ineffective for mineral identification (see below).

Identification of the polymorph minerals

As the polymorph minerals have the same chemical composition, they could not be distinguished by EMPA and sometimes also by BSE image. In the case of FeS_2 polymorphs, pyrite and marcasite (Fig. 2, idiomorphic grain), the presence of both polymorphs were overlooked by BSE image, but their presence was noticed by reflected light due to the clear differences in their optical properties.

However, in the case of TiO_2 polymorphs, rutile and anatase, it is not possible to unequivocally distinguish them by reflected light as well as by BSE and EMPA. However, Raman microprobe is quite suitable method for this problem, as these minerals show different Raman spectra. Thus, by this method rutile was confirmed in mostly samples from the Čoka Marin deposit, but several samples show the presence of anatase and absence of rutile (Pačevski, in prep.). Finding different TiO_2 polymorphs in the deposits could be significant for the study of hydrothermal alteration processes.

Chemical impurities in a mineral: structurally bound impurities or submicroscopic solid inclusions?

An important point in ore deposit studies considers the type of compounds of the chemical elements, especially of the profitable metals. Raman-microprobe is the useful technique for determination of a state of the chemical impurities in a mineral. If the impurities in a mineral are present in a separate phase which forms submicroscopic solid inclusions, Raman spectrum will show an interfering band pattern of two phases. If the impurities in a mineral are structurally bound, Raman spectrum will show band shifts or band broadening or splitting of individual bands.

Pačevski et al. (2008) noticed chemical zoning of pyrite from the Čoka Marin deposit, by

reflected light, and found by EMPA that zoning was caused by the copper impurities. However, as structurally bound copper in pyrite is rare phenomenon in nature (Pačevski et al., 2008 and references therein), most probably due to differences in crystallochemical properties of Fe^{2+} and Cu^{2+} ions (Radcliffe and McSween, 1969), Pačevski et al. (2008) needed exact proof of the existence of copper in structure of pyrite. They employed Raman-microprobe and recorded shifts and broadening of the Raman bands of copper-rich zones of pyrite. More, they did not found Raman bands of other phases. Thus, they concluded that copper is structurally bound in pyrite.

Second example represents "Zn-rich barite" from the Čoka Marin deposit. A few wt. % of Zn in barite was recorded by EMPA. However, Raman microprobe spectrum shows interfering band pattern of barite and sphalerite. Thus, the presence of submicroscopic sphalerite inclusions in barite is established (Pačevski, in prep.).

REFERENCES

Nasdala, L, Smith, DC., Kaindl, R. and Ziemann, MA. (2004) Raman spectroscopy: analytical perspectives in mineralogical research. In: Beran, A and Libowitzky, E (eds.) Spectroscopic methods in mineralogy. European Mineralogical Union, Notes in Mineralogy 6, Budapest.

Pačevski, A. (2005) Mineral parageneses of the Sb-W ore occurrences at Osanica (Eastern Serbia). Master Thesis, Faculty of Mining and Geology of University of Belgrade, Serbia. (in Serbian; abstract, content, figures and tables in English).

Pačevski, A., Cvetković, Lj. and Dimitrijević, R. (2005) Mineral parageneses of the Sb-W ore occurrences at Osanica. 14th Congress of Geologist of Serbia and Montenegro, Novi Sad, 484-491. (in Serbian, abstr. English).

Pačevski, A., Götzinger, M., Dimitrijević, R., and Cvetković, Lj. (2007) Oscillatory zoning in wolframite from Osanica, near Bor, Serbia. Neues Jahrbuch für Mineralogie - Abhandlungen 184: 151-160.

Pačevski, A., Libowitzky, E., Živković, P., Dimitrijević, R., and Cvetković, Lj. (2008) Copper-bearing pyrite from the Čoka Marin polymetallic deposit, Serbia: Mineral inclusions or true solid-solution? Canadian Mineralogist 46: 249-261.

Radcliffe, D. and McSween, HY. (1969) Copper zoning in pyrite from Cerro de Pasco, Peru: a discussion. American Mineralogist 54: 1216-1217.

Ramdohr, P. (1980) The ore minerals and their intergrowths. Pergamon press (2nd ed.).

Roberts, S. and Beattie, I. (1995) Micro-Raman spectroscopy in the earth science. In: Potts PJ, Bowles JFW, Reed SJB and Cave, MR (eds.) Microprobe techniques in the earth science. Chapman & Hall, London.

ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА НА КРОВИНСКИТЕ РУДНИ ТЕЛА ИЗНАД КОТА 1850 МЕТРИ ВО РУДНИКОТ ТОРАНИЦА

Раде Станковски

Индо минерали и метали-Скопје, Рудник Тораница Крива Паланка

Абстракт

Рудни тела кои се сместени близу до површината на теренот (изнад кота 1850 метри), кои не се доволно детално истражени, но со податоците со кои располагаме досега се работи за рудни зони со протегање преку 100 метри и по пад до преку 50 метри, а некои од рудните тела се потврдени близу до површината со површински бушотини, па затоа можеме да размислуваме за отварање на површински коп кој би работел 6 месеци во годината поради големата надморска височина.

Вовед

Рудното поле Тораница ги завзема северните делови од рудниот реон Саса-Тораница и е распространето на северната страна на превојот Руен-Султан Тепе.

Според површинската манифестација на магматизмот и минерализацијата ова рудно поле завзема површина од преку 300 km^2, а оруднувањето е сместено на висински интервал од 1300-1800 метри.

Истражувањата на овој рудоносен локалитет се отпочнати во 1974 година и со извесни прекини се вршени се до 1987 година, кога за прв пат рудникот Тораница е пуштен во пробна експлоатација

ГЕОЛОШКА ГРАДБА

Во геолошката градба во поширокатa околина како и во самото рудно наоѓалиште учествуваат карпи од метаморфниот комплекс и млади магматски карпи.

Од метаморфниот комплекс се застапени гнајсевите, кварц-графитични шкрилци, циполини и циполински шкрилци, а додека од магматските карпи се застапени и кварц-латитите (сл. 1).

- **Гнајсевите** се карпи кои се најраспространети и према нивниот просторен распоред и сооднос со кварц-графитичните шкрилци се издвоени како подински и кровински гнајсеви.

Кровинските гнајсеви се знатно повеќе истражени бидејќи се целосно пресечени со површинско истражно бушење, а додека подинските гнајсеви се многу помалку испитани бидејќи се длабоко во подината.

- **Кварц-графитичните шкрилци** во наоѓалиштето Тораница имаат посебно значење бидејќи во нив е сместено најголемиот дел од оруднувањето, а просторно се сместени измеѓу кровинските и подинските гнајсеви.

Кварц-графитичните шкрилци се доста тектонски оштетени и здробени, а пукотините во нив се заполнети со милонитисана материја која е редовно пратена со вода така да тие зони не се погодни за изведување на рударски работи.

Дебелината на серијата на кварц-графитичните шкрилци е променлива и изнесува од 150 – 220 метри (сл. 2, 3, 4).

- **Циполините и циполинските шкрилци** се сместени внатре во серијата на кварц-графитичните шкрилци, по боја се сиво – бели, сиви и кремави и се во облик на слоеви и прослојци со дебелина од 1 – 20 метри и овие карбонетски карпи претставуваат најпогодна средина за одлагање на минералната супстанца (оруднувањето во овие простори , сл. 3, 4).

- Од магматските карпи најзастапени се **кварц-латитите** кои се најчесто во вид на дајкови и силови и се интрудирани вдолж контактот на подинските гнајсеви и кварц-графитичните шкрилци (сл. 3, 4), а мали дајкови од овие стени се среќаваат и во кварц-графитичните шкрилци и во кровинските гнајсеви, а се со дебелина од 1 – 50 метри.

ТИПОВИ НА ОРУДНУВАЊЕ И МОРФОЛОГИЈА НА РУДНИТЕ ТЕЛА

Рудните тела во наоѓалиштето Тораница по облик и големина се во тесна врска со предрудната, интрарудната и пострудната тектоника.

Врз основа на податоците добиени од истражувањето на рудникот Тораница издвоени се повеќе видови на појавување на рудните тела.

А) Според поврзаноста за поедини литолошки членови:

- Рудни тела во кварц-графитичните шкрилци
- Рудни тела во кровинските гнајсеви
- Рудни тела во самите кварц-латити.

Б) Според обликот на рудните тела:

- Слоевити рудни тела
- Леќасто слоевити рудни тела

Рудните тела во кварц-графитичните шкрилци имаат најголемо економско значење за рудникот Тораница.

Според просторниот распоред на рудните тела во кварц-графитичните шкрилци се издвојуваат следните групи на рудни тела:

- подински рудни тела
- средишни рудни тела
- рудни тела кои се наоѓаат на контактот на кварц-графитичните шкрилци со кровинските гнајсеви
- рудни тела во кровинските гнајсеви
- рудни тела во кварц-латитите (сл. 4, 5).

Главните резерви во рудникот Тораница се врзани за подинското рудно тело, кое што е во близина на кварц-графитичните шкрилци и подинските гнајсеви односно со пробоите на кварц-латитите и се јавува во вид на слоеви, леќести-издолжени форми, а дебелината на рудната зона варира во широки граници како по протегање така и по пад.

РУДНИ ТЕЛА ВО КРОВИНСКИТЕ ГНАЈСЕВИ

Овие рудни тела се на контактот на кварц-графитичната серија со кровинските гнајсеви како и во самите кровински гнајсеви па може да се забележат рудни тела кои излегуваат на површината на теренот (сл.3-4).

Овие рудни тела се наоѓаат релативно високо во однос на останатите рудни тела изнад кота 1850 или изнад поткоп V и кои се до овој момент не се доволно истражени.

Најмоќниот дел од зоната потврден е со бушотина SD-1 (сл. 3) каде зоната има моќност од околу 50м. и рудното тело е во вид на леќа, а по протегање од околу 150 м, а е на околу 50м испод површината на теренот.

Рудната зона исто така е подградена и на профил (100-100) каде што на (поткоп V) 1850м е изработен еден пречник со должина од 250м до кровинските гнајсеви и каде е пресечена рудната зона од околу 70м, но не целосно.

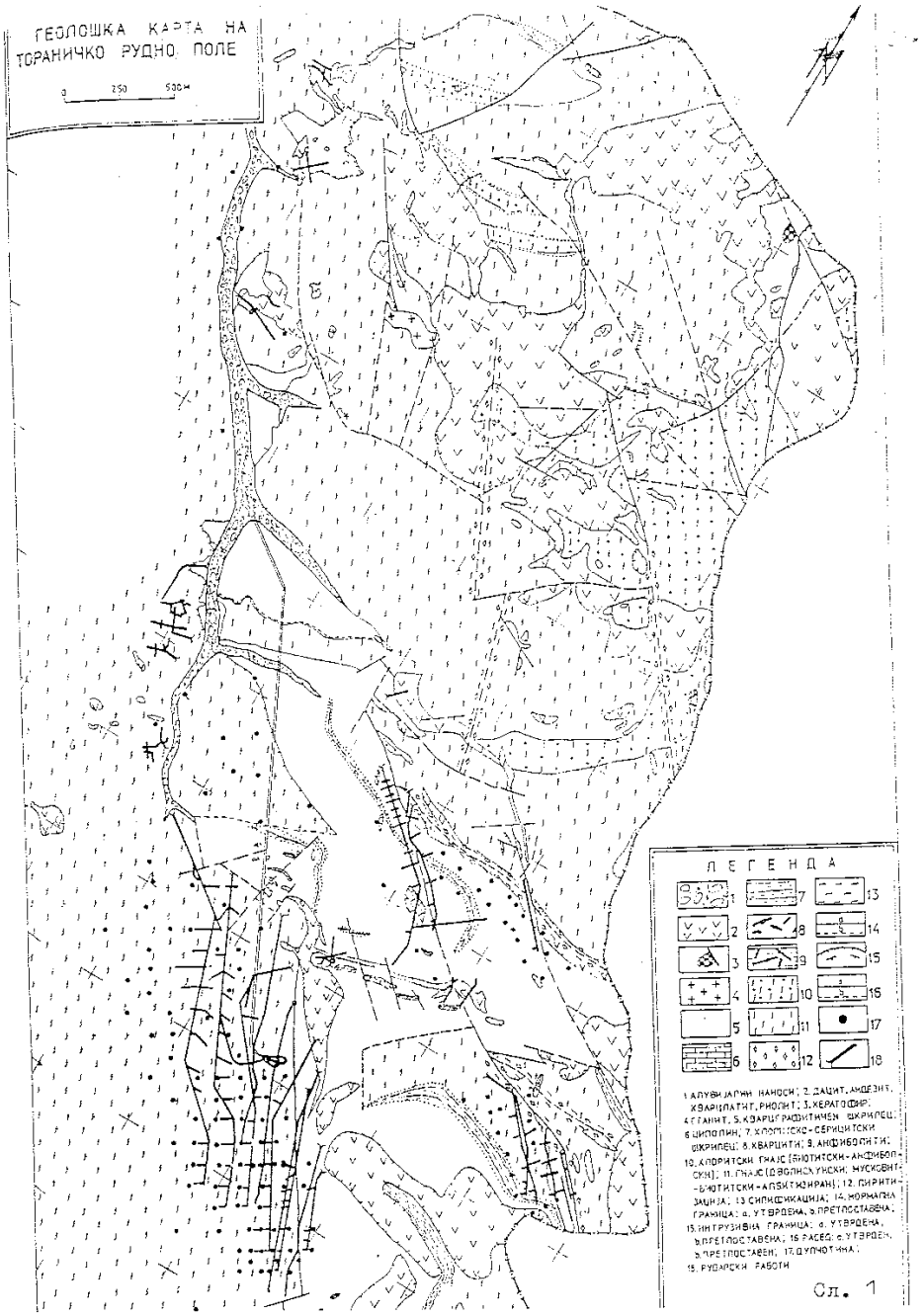
Според анализите направени на тој дел се работи за Pb-Zn оруднување и каде имаме зголемено присуство на сребро.

Истата рудна зона е пресечена исто така и со јамски истражни бушотини кои се бушени од самиот хоризонт V (со должина од 200м).

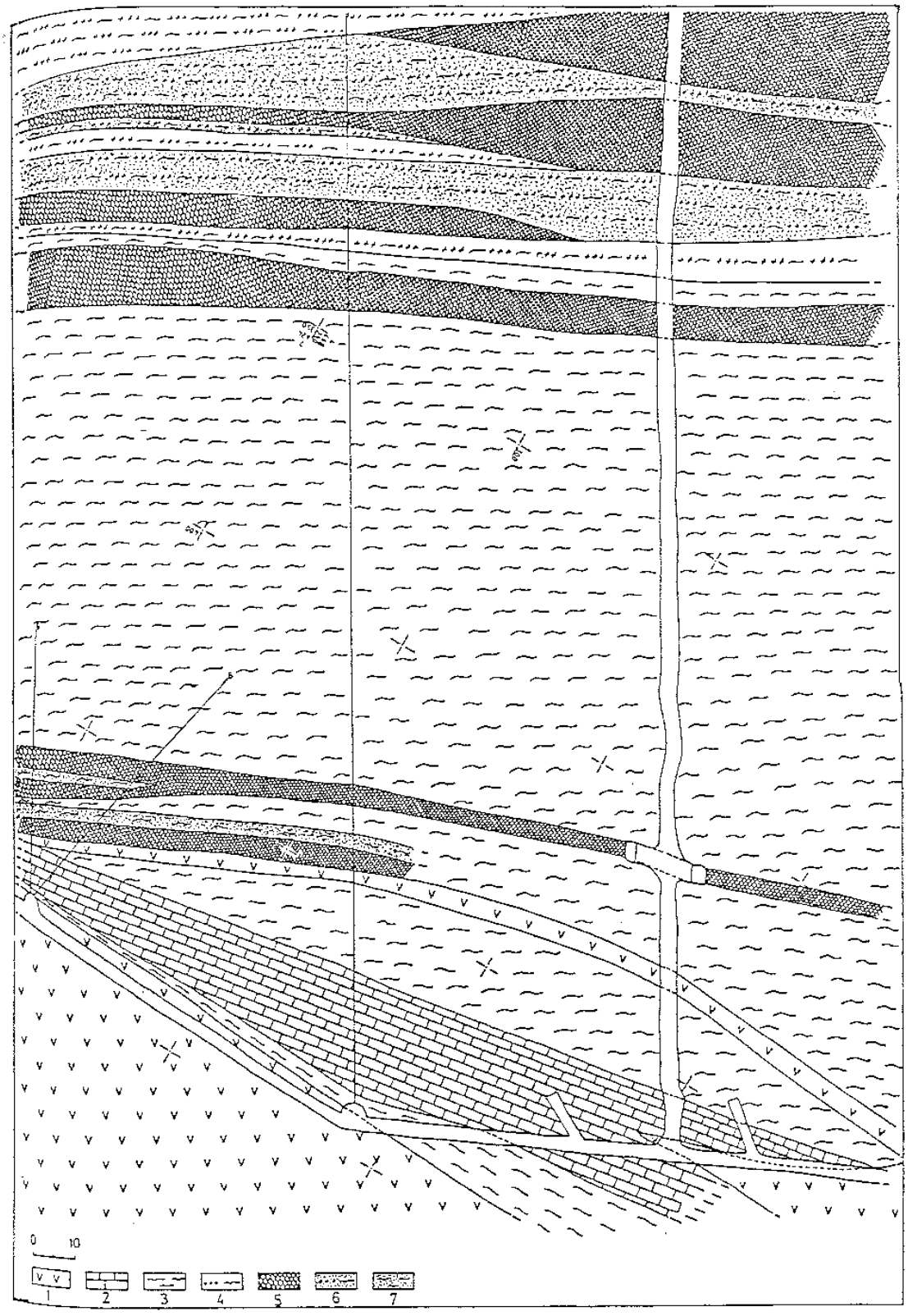
Заклучок

Според утврдените податоци се работи за рудни тела кои се блиску до површината и потребно е да се размислува за отварање на површински коп кој би ефективно работел 6 месеци во годината бидејќи се работи за голема надморска височина каде долго се задржува снегот, па така во зимскиот период не ќе може да се работи.

Неопходно е потребно да се размисли на кој начин би се транспортирала рудата бидејќи овие рудни резерви се доста високо на теренот преку 1850м, и рудата би се транспортирала или со камиони до флотација или би се внесувала во јама до централните рудни сипки.

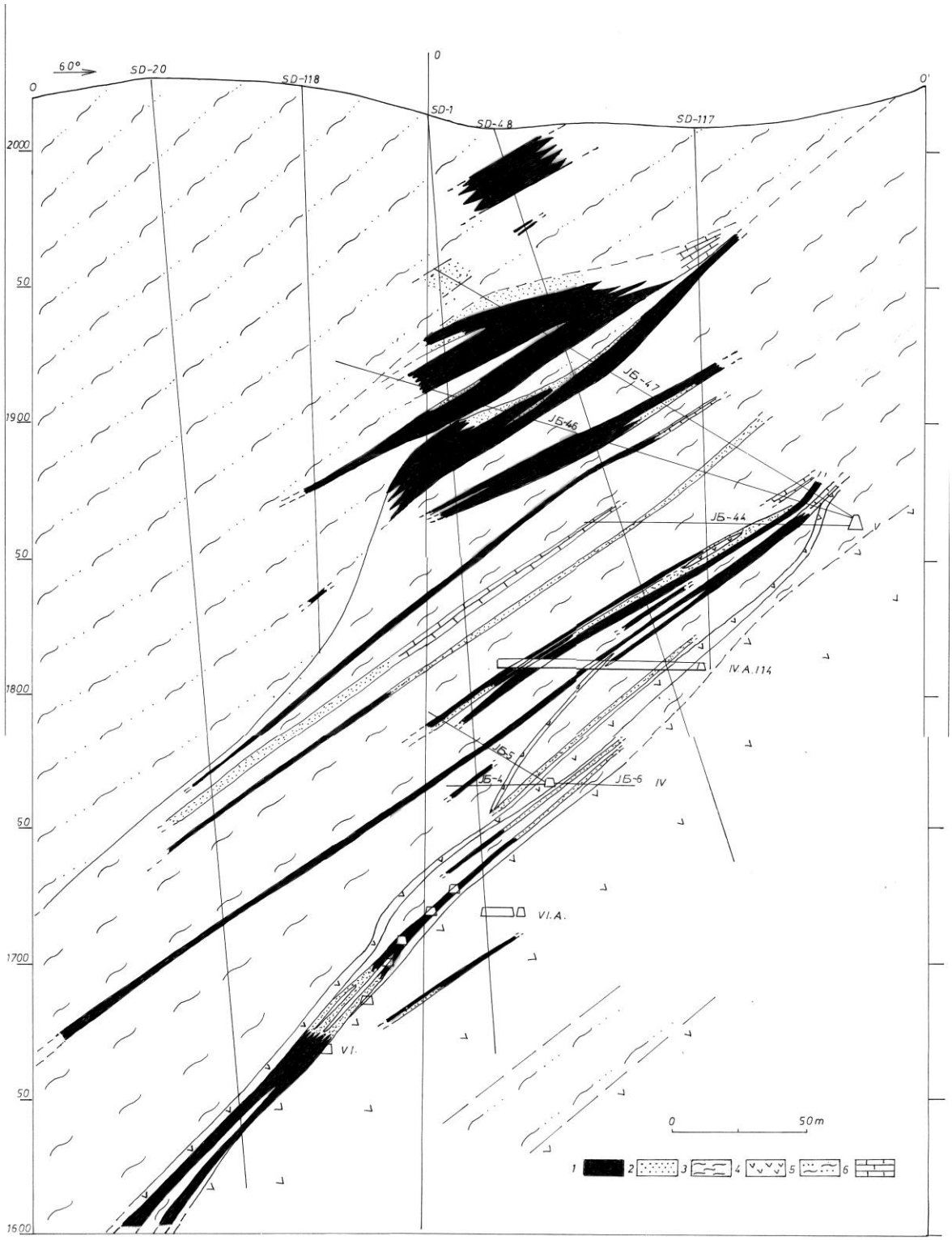

ГЕОЛОШКА КАРТА НА
ТОРАНИЧКО РУДНО ПОЛЕ
0 250 500м
ЛЕГЕНДА
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
1. АЛУВИЈАЛНИ НАНОСИ; 2. ДАЦИТ, АНДЕЗИТ, КВАРЦЛАТИТ, РИОЛИТ; 3. КЕРАТОФИР; 4. ГАБИНТ, 5. КВАРЦ ПОРФИРИТИЧЕН ШКРИЛЕЦ; 6. ЦИПОЛИН, 7. ХЛОРИТСКО-СЕРИЦИТСКИ ШКРИЛЕЦ; 8. КВАРЦИТИ; 9. АМФИБОЛИТИ; 10. ХЛОРИТСКИ ГНАЈС (БИОТИТСКИ-АМФИБОЛСКИ); 11. ГНАЈС (ДВОЛИСНУНСКИ; МУСКОВИТ-БИОТИТСКИ-АЛБИТИЗИРАН); 12. ПИРИТИЗАЦИЈА; 13. СИЛИФИКАЦИЈА; 14. НОРМАЛНА ГРАНИЦА: а. УТВРДЕНА, в. ПРЕТПОСТАВЕНА; 15. ИНТРУЗИВНА ГРАНИЦА: а. УТВРДЕНА, в. ПРЕТПОСТАВЕНА; 16. РАСЕД: а. УТВРДЕН, в. ПРЕТПОСТАВЕН; 17. ДУПЧОТИНА; 18. РУДАРСКИ РАБОТИ

Сл. 1



Сл... Шематски приказ на компактните рудни тела во кровинските гнајсеви и делумно во шкрилците (контакт со дајковите), како и утврдените контакти помеѓу шкрилците и циполините, односно кварцлатитите.

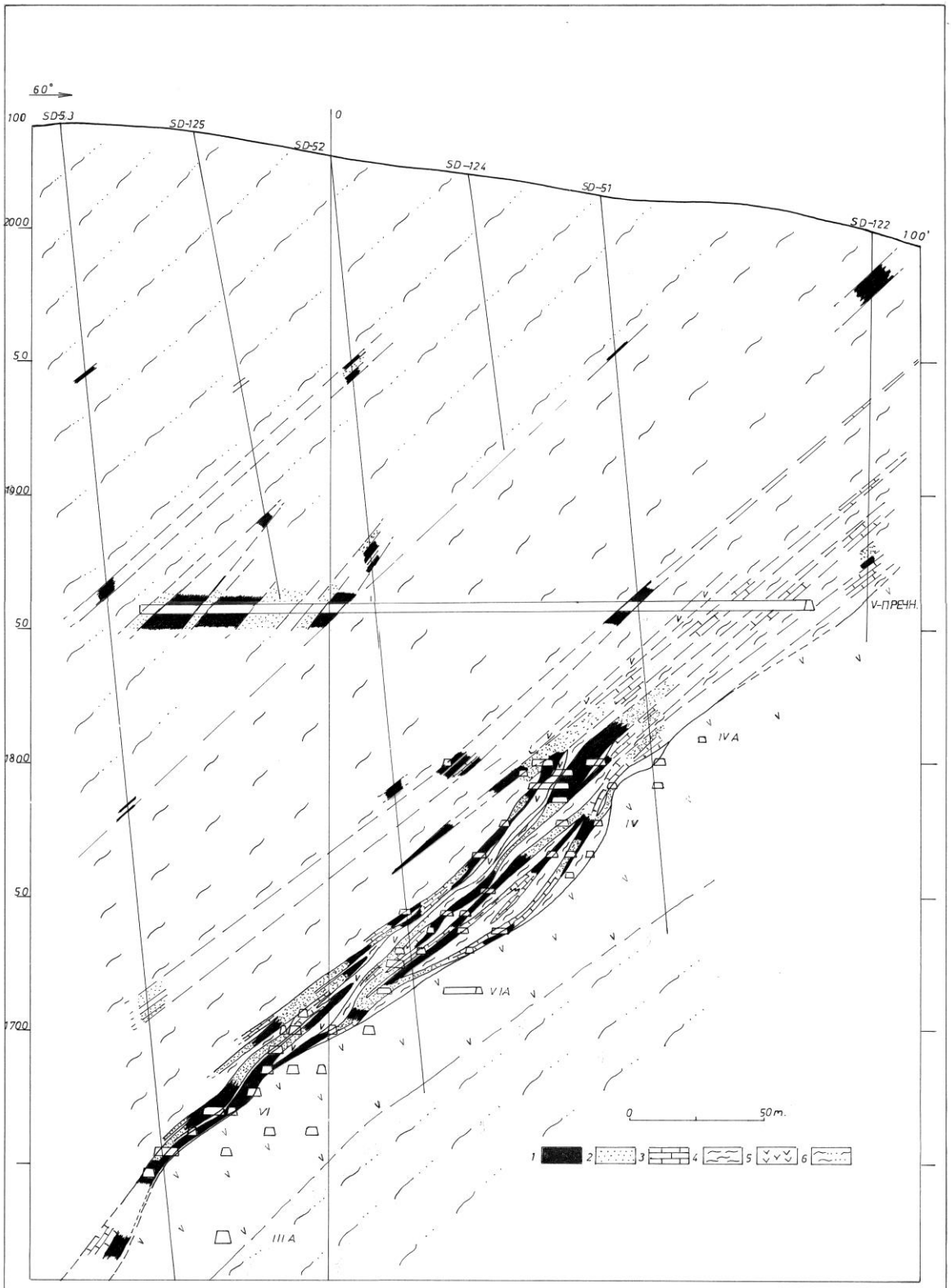
1. Кварцлатити, 2. Циполини, 3. Кварц-графитични шкрилци, 4. Гнајсеви, 5. Компактни рудни тела, 6. Минерализација во гнајсевите, 7. Минерализација во шкрилците.



СЛ. 3 ГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ О-О' ОД НАОЃАЛИШТЕТО „ТОРАНИЦА"

1. РУДНО ТЕЛО 2. МИНЕРАЛИЗАЦИЈА 3. КВАРЦГРАФИТИЧНИ ШКРИЛЦИ
4. КВАРЦЛАТИТИ 5. ГНАЈСЕВИ 6. ЦИПОЛИНИ

М-Р Р.СТАНКОВСКИ, дип. геол. инж.



СЛ. 4 ГЕОЛОШКИ ПРОФИЛ 100–100" ОД НАОЃАЛИШТЕТО ТОРАНИЦА

1. РУДНО ТЕЛО 2. МИНЕРАЛИЗАЦИЈА 3. ШИПОЛИНИ 4. КВАРЦГРАФИТИЧНИ ШКРИЛЦИ

5. КВАРЦЛАТИТИ 6. ГНАЈСЕВИ

М-Р Р. СТАНКОВСКИ дип. геолог.

ЛИТЕРАТУРА

Александров, М; 1992: Металогенетски карактеристики на полиметаличното рудно поле Саса-Источна Македонија. Докторска дисертација, Штип

Богоевски, К; Гаштеовски, В; 1990: Концентрација на корисните метали Pb-Zn во подинската рудна зона на наоѓалиштето Тораница XII Конгрес на геолозите на Југославија, Охрид

Гаштеовски, В; 1984: Елаборат за пресметка на геолошките рудни резерви на рудното наоѓалиште Тораница, Крива Паланка. Стручен фонд на рудникот Тораница

Група на Автори; 1975, 1976, 1977, 1978: Годишен извештај за истражувањето на рудникот Тораница. Геолошка служба Злетово-Пробиштип

Станковски, Р; 2002: Елаборат за пресметка на геолошките рудни резерви на рудното наоѓалиште Тораница, Крива Паланка. Струшен фонд на рудникот Тораница

Серафимовски, Т; Александров, М; Станковски, Р; 1992: Резултати од Масспектрометриските испитувања на сулфидните минерали и концентрати од Pb-Zn наоѓалиште Тораница XXV Октобарско саветување рудара и металурга, Бор

МИНЕРАЛОГИЈА НА РАСИПНОТО ЗЛАТО ВО НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА

[1]Виолета Стефанова

[1]Факултет за рударство геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија:

stefanovaviki@yahoo.com

Апстракт

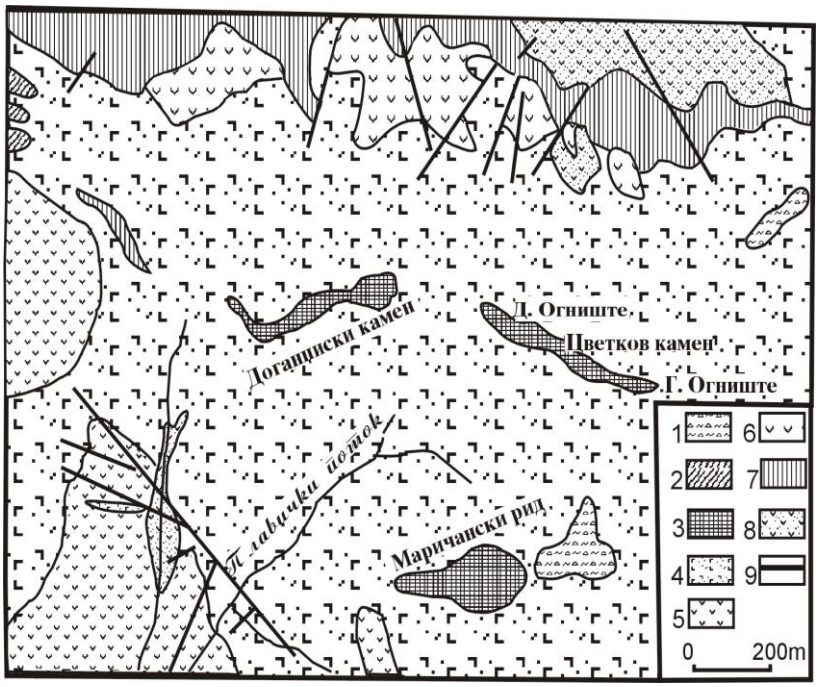
Испитувањата на алувијалното злато во регионот на наоѓалиштето Плавица се вршени со цел да се утврди степенот на егзогените промени на истото што би користело во процесот на проспекциско-истражните работи во овој регион. За таа цел извршени се испитувања на морфологијата, морфометријата и хемизмот на расипното злато од поточните седименти. Се востанови дека златните агрегати се со различна морфологија меѓу кои се среќаваат изометрични издолжени форми, дендритовидни форми, пластинковидни форми и неправилни форми. Димензиите им варираат од околу 50 до 200 микрони. Покрај златото во тешката фракција уште се среќаваат и фелдспати кварц, мусковит, циркон, гипс, магнетит, халкопирит. Во хемискиот состав на златните агрегати покрај златото се среќава среброто од 0.18 -21.07%, бакарот од 0.25-0.68% и многу малку железо. Златото по чистота е високопробно (842-994).

Клучни зборови: расипно злато, морфологија, морфометрија, хемиски состав, чистота на златото.

ВОВЕД:

Наоѓалиштето Плавица (сл.1) е едно од подобро проучените наоѓалишта во Кратовско-злетовската вулканска област. Во геолошката градба на ова наоѓалиште влегуваат карпи со вулканско и вулканогено-седиментно потекло: андезити и дацити, кварцлатити, базалти, нивните ефузивни еквиваленти (игнимбрити, пирокластити, туфови, туфити и бречи). Во наоѓалиштето Плавица откриена е богата и разновидна минерализација. Полиметалните бакарни оруднувања се локализирани во средишните делови на Плавичката калдера. Овие оруднувања генетски и парагенетски се контролирани од структурите на вулканскиот апарат и разломните структури. Рудната минерализација најчесто е создавана со заполнување на празните простори во рамките на пукотинско-раседните системи, жиличките, прожилците и метасоматски е импрегнирана во хидротермално изменетите вулкански карпи (Серафимовски, 1990) .

Богатата и разновидна минерализација е претставена со: пирит, халкопирит, пиротин, магнетит, халкопирит, халкопиротин. шелит, хематит, мартит, молибденит, сфалерит, клеофан, галенит, борнит тенантит самородно злато, бизмутинит и др. Досегашните проучувања (Богоевски, 1998; Серафимовски, 1990; Serafimovski et. al 1998; Стефанова, 2005; Стефанова и др. 2007) и добиените резултати во секој случај ја наметнуваат потребата од продолжување на истражувањата на златото како минерал со цел изнаоѓање можности и начини за негова валоризација. Основна задача на овој труд е да се прошират и детализираат податоците за минералогијата на тешката фракција посебно на златото. На овој начин се постигнува една од целите на овој труд да се одредат влијанијата на процесите на распаѓање врз морфологијата и хемијата на златните агрегати и останатите минерали во тешката фракција. Исто така со помош на минералошките и геохемиските податоци може да се одредат критериумите за дефинирање на ваквите типови на наоѓалишта и појави на злато за потребите на пронаоѓање и проучување на истите.



Сл. 1. Геолошка градба на наоѓалиштето Плавица, (Серафимовски, 1990)
1. Делувијлани наслаги, 2. Кварцлатити, 3. Секундарни кварцити, 4. Хидротермално изменети и пиритисани стени (андезити, дацити, латити, пирокластити, 5. Хидротермално изменети андезити, 6. Пропилитисани андезити и дацити, 7. Вулканогени седиментна серија, 8. Игнимбртити од андезитски и дацитски стени, 9. Раседи

Материјали и методи

Материјалот неопходен за испитување се зема од речните седименти од сите притоки кои дренираат во испитуваниот терен. Местата од каде е земен се нанесени на топографска карта (Сл. 2). Покрај проби за шлиховската проспекција се земаа и проби од стрим седиментите со цел да се добијат геохемиски податоци кои ќе бидат споредувани со минералошките податоци.

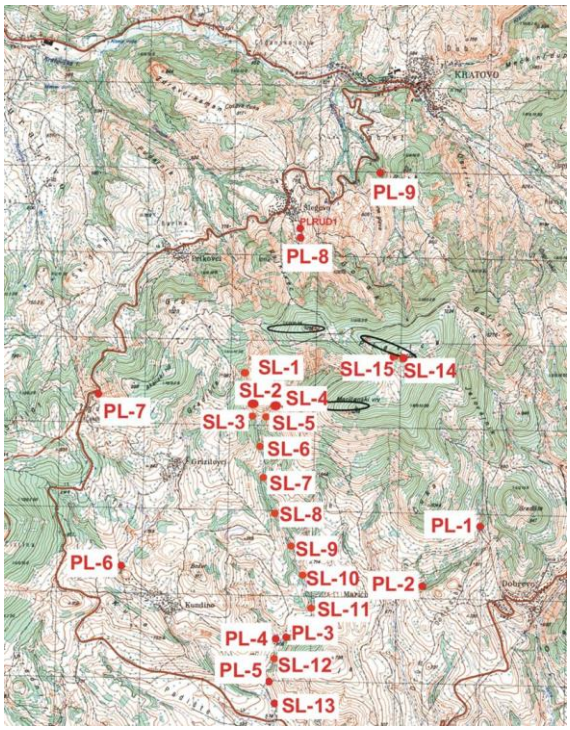
Земаните проби се промиваа на лице место со класичн апостапка на испирање на шлих со цел добивање на тешка фракција која после се сепарираше во лабораториски услови. На овој начин се добија две фракции магнетена и немагнетна фракција.

Добиениот материјал се подложува на понатамошно испитување. Најнапред магнетната и немагнетната фракција се прегледуваат под оптички микроскоп со цел пронаоѓање на агрегати на злато како и минералошка детерминација на останатите минерали.

Златните агрегати понатаму беа подложени на морфолошки и морфометриски испитувања со помош на сканинг електронски микроскоп JMS-5510-JEOL, со изработка на дигитални снимки на општите форми и на деталите на златните агрегати со големи зголемувања. Овие испитувања се користат за да се утврди морфометријата на агрегатите и на фините детали што може да се забележат на површината на агрегатите што од друга страна има големо значење при определувањето на должината на транспортот во речното корито.

Мерењето на должината на оските е извршено од дигиталните снимки со што се определени максималните и минималните оски во една рамнина и е определен нивниот сооднос.

После овие испитувања од истите златни агрегати се изработени полирани препарати од кои се изработени дигитални снимки.



Сл. 2 Топографска карта со нанесени шлиховски проби (SL-1 до SL-15)

Хемискиот состав беше определен на X-ray microanalyser TRACTOR NORTHERN TN-2000 со енерго дисперзивен систем како дел од електронскиот микроскоп JEOL JSM 35 CF.

Резултати и дискусија

Златни агрегати беа пронајдени речиси во сите шлихови (Табела-1). Златните агрегати беа со различна форма и големина

Табела-1. Резултати од шлиховските испитувања

Шлих. бр.	Бр. на златни агрегати
1	12
2	-
3	8
4	6
5	2
6	1
7	-
8	-
9	2
10	-
11	2
12	3
13	7
14	1
15	-

Најголем број на златни агрегати беа пронајдени во шлиховите кои беа земени најблиску до примарната минерализација на испитуваниот терен (Сл. 1).

Откриените златни агрегати според големината може да се класифицираат во групата на многу мали зарна (Петровскаја, 1973). Според надворешната градба златните агрегати претежно се со неправилна форма при што најголем дел се слабо издолжени. Многу малку од агрегатите се со издолжена форма и пластинковидна форма. Димензиите се движат од 50 до 200 микрона

Кај пластинковидните форми имаме мал сооднос меѓу најдолгата и најкратката оска на агрегатите. Овие агрегати се многу малку застапени и за нив се карактеристични механички деформации како што се откршување на краевите на агрегатите. Ваквите форми се добиваат пред се поради примарната пластинковидна форма на агрегатите (3-б). Овие агрегати се пронајдени во седиментите непосредно во близина на рудните изданоци (Сл. 2 -SL-1).

Втората група на минерална агрегати се карактеризира со издолжена форма. Овде може да се разликуваат агрегати каде соодносот меѓу оските е мал и тие се повеќе издолжени агрегати и другата група каде соодносот меѓу оските е поголем и за нив може да се каже дека тие се помалку издолжени агрегати. Првата група на посилно издолжени агрегати (Сл.3-д 3-е,) се карактеристични за подалечна периферија на рудното тело. За овие агрегати може да се очекува примарна пластинковидна форма и аналогно подолг транспорт. Кај другата група на послабо издолжени агрегати (Сл. 3-а, 3-ѓ, 3-ж, 3-и) на површината на агрегатите може да се забележат одредени структури и кристални форми.

Како трета група може да се издвојат изометричните форми на агрегатите (Сл. 3-г, 3-з) каде односот меѓи оските е голем и како група многу ретко се среќава.

Како посебна форма кај испитуваните агрегати на злато може да се издвои дендритовидната форма (3-в)

Од испитуваните агрегати на злато од ова наоѓалиште може да се каже дека преовладува втората група на форми-издолжената форма на агрегрегати.

Морфологија на површината на златните агрегати

При испитувањето на морфологијата на површината на златните агрегати се забележува слоевита градба (сл 4-а) и нараснување (сл. 4-б), мали кристални форми (сл. 4-б; Сл. 4-в)), и кристални друзи (сл. 4-г), дендритовидни нараснувања (сл. 4-д) како и видливи механички деформации на агрегатите.

Врз основа на запазената морфологија на златните агрегати, незначителните механички деформации, зачуваните форми на површината на златните агрегати може да се заклучи општо дека транспортот немал големо влијание врз формата на златните агрегати. Во шлиховите кои се на растојание од околу 1,5-2 км преовладува пластинковидната форма додека на поголеми растојанија од примарните рудни тела преовладуват издолжената и изометричната форма. И на овие поголеми растојанија од околу 5 км. Може да се каже дека формата на златните агрегати е зачувана веројатно поради фактот што потоците кои беа цел на проспекцијата во сушен период се без постојан проток на вода односно пресушуваат.

Хемиски состав на златните агрегати

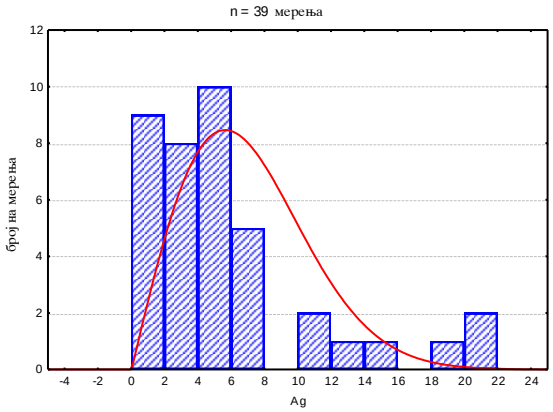
За одредување на хемискиот состав на златните агрегати беа направени микросондови испитувања на 13 златни агрегати со вкупно 39 анализи кои беа распоредени во различни зони (центар и периферите на агрегатите).

Карактеристични елементи за златните агрегати се Au, Ag, Cu и Fe. Основни елементи се златото и среброто. Бакарот се среќава како примеса со содржина од 0.25-0.68%. Железото се среќава многу поретко и со пониски содржини од 0.08-0.28%. (Табела -2)

Златото и среброто како основни компоненти нерамномерно се распоредени во златните агрегати.

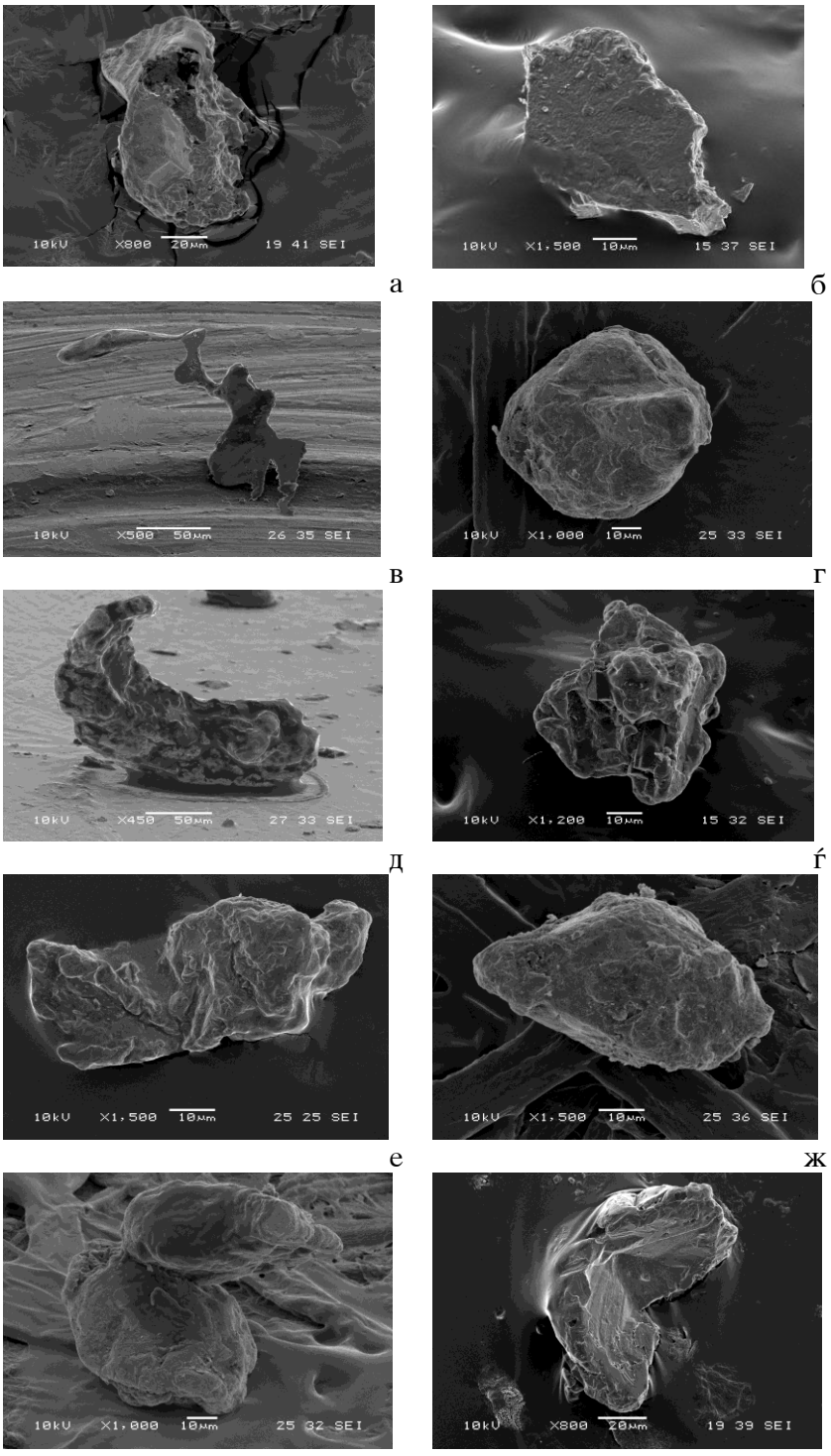
Содржината на среброто варира од 0.18 до 21.07%. Распределбата на среброто е прикажана на сл. 5.

Според содржината на среброто доминираат агрегати каде содржината на сребро се движи од 0,1- до 10 %. Само во два од мерените агрегати содржината на среброто е поголема од 10 % и се движи во границата од 10.56 до 21.07 (PL-5 и PL-12). Еден од мерените златни агрегати се карактеризира со голема чистота (990-994) што го вбројува во групата многу високопробно злато (Захарова, 1994). Меѓу златото и среброто постои обратно линерна корелација што е карактеристична за минерали од системот злато-сребро поради изоморфното мешање на ове два минерала. Постои рамномерна распореденост на среброто во златните агрегати. Во најголем број на агрегати центарот на агерагатот е посиромашен со сребро од периферијата на агрегатите.



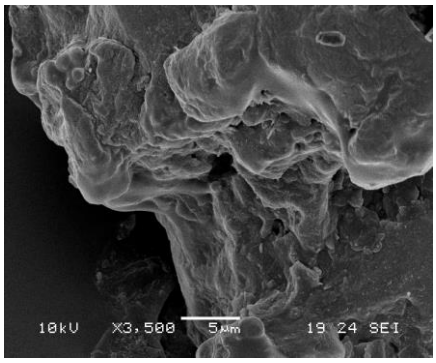
Сл. 5 Хистограмски приказ на распределбата на среброто во златните агрегати

Меѓутоа разликата во содржината е многу мала. Само во два агрегата се среќава значително поголема содржина на сребро во ободните делови во однос на центарот на агрегатот (PL-3 и PL-14).

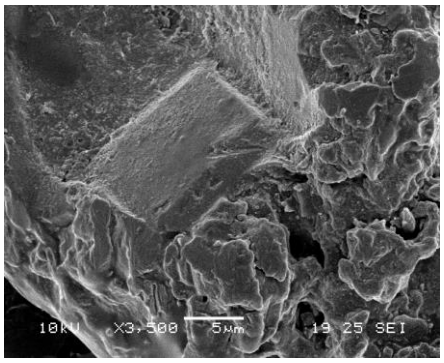


а б в г д ѓ е ж з и

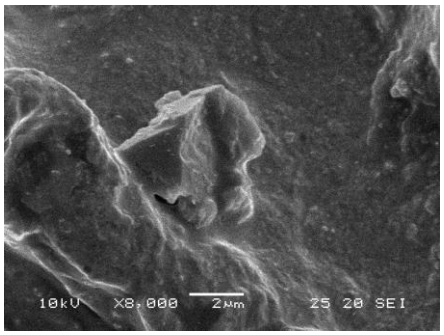
Сл. 3. Морфолошки облици на појавување на златните агрегати во наоѓалиште Плавица
а- општ вид на агрегат со издолжена форма
б- пластнковидна форма на златен агрегат
в- дендртиовидна форма на златен агрегат
г-топчеста форма на златен агрегат
д- издолжена форма на златен агрегат
ѓ- изометрична форма на агрегат на злато
е- златен агрегат со издолжена форма
ж- изометрична форма на златен агрегат
з-неправилна -издолжена форма на златен агрегат
и- златен агрегат со неправилна -изометрична форма



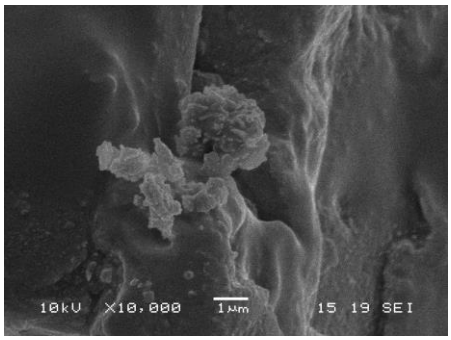
а



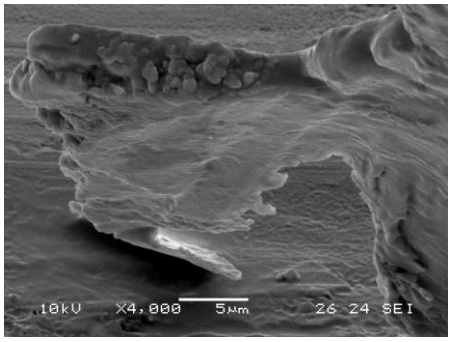
б



в



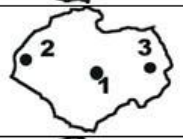
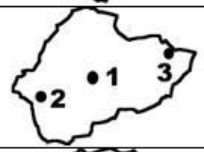
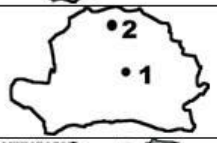
г



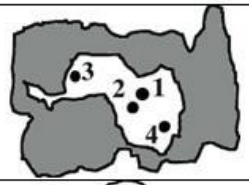
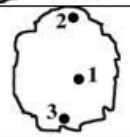
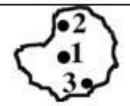
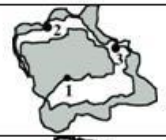
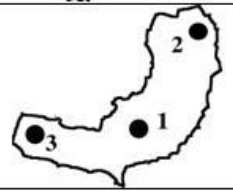
Д

Сл. 4. Детали од златните агрегати во наоѓалиште Плавица
а-слоевита градба
б- слоевита градба и мал кристал на површинста на зрното
в- лушпеста градба и кристал на површината на агрегатот
г- друза од ситни кристали-детал од сл. а
д- дендритовидна градба на златен агрегат

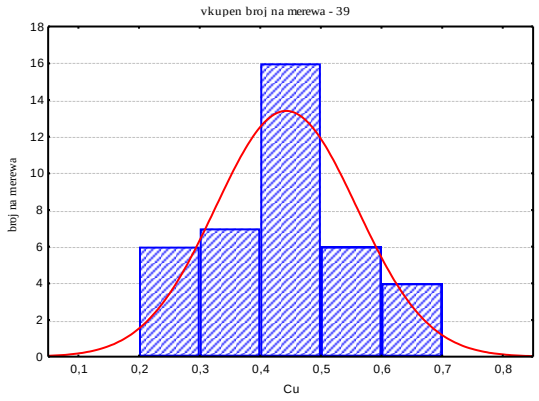
Табела 2.- Резултати од микросондови анализи од златни агрегати од Плавица

Примерок		Место на анализа	Елементи					Финоќа	Просечна финоќа	Кристалохемиска формула
			Au	Ag	Cu	Fe	Σ			$(Au_{0.92}Ag_{0.06}Cu_{0.02})_1$
PL-1		1	95.68	2.94	0.57	-	99.19	956	960	$(Au_{0.92}Ag_{0.06}Cu_{0.02})_1$
		2	95.98	2.76	0.49	-	99.23	959		$(Au_{0.93}Ag_{0.06}Cu_{0.01}Fe_{0.01})_1$
		3	96.59	3.13	0.29	0.22	100.23	966		$(Au_{0.90}Ag_{0.09}Cu_{0.01})_1$
PL-3-1		1	94.01	4.95	0.29	-	99.25	940	942	$(Au_{0.89}Ag_{0.09}Cu_{0.02})_1$
		2	94.21	5.58	0.51	-	100.30	942		$(Au_{0.89}Ag_{0.09}Cu_{0.01}Fe_{0.01})_1$
		3	94.20	5.33	0.21	0.16	99.90	942		$(Au_{0.95}Ag_{0.04}Cu_{0.01})_1$
PL-3-2		1	97.91	2.13	0.27	0.11	100.42	979	955	$(Au_{0.92}Ag_{0.06}Cu_{0.02})_1$
		2	95.82	3.51	0.50	-	99.83	958		$(Au_{0.87}Ag_{0.11}Cu_{0.02})_1$
		3	92.78	6.02	0.64	-	99.44	927		$(Au_{0.91}Ag_{0.07}Cu_{0.02})_1$
PL-3-3		1	94.39	4.58	0.57	-	99.54	944	918	$(Au_{0.83}Ag_{0.16}Cu_{0.01})_1$
		2	88.57	10.58	0.31	0.20	99.66	886		$(Au_{0.87}Ag_{0.12}Cu_{0.02})_1$
		3	92.23	7.05	0.68	-	99.96	923		$(Au_{0.88}Ag_{0.11}Cu_{0.01})_1$
PL-4		1	92.91	6.6	0.27	0.19	99.97	929	935	$(Au_{0.88}Ag_{0.10}Cu_{0.02})_1$
		2	94.21	5.02	0.57	-	99.80	942		$(Au_{0.68}Ag_{0.30}Cu_{0.02})_1$
PL-5		1	80.17	19.43	0.37	-	99.97	802	790	$(Au_{0.67}Ag_{0.32}Cu_{0.01})_1$
		2	78.69	21.07	0.44	0.14	100.34	787		$(Au_{0.67}Ag_{0.32}Cu_{0.01})_1$
		3	78.18	20.93	0.41	0.20	99.72	782		$(Au_{0.93}Ag_{0.06}Cu_{0.01})_1$

Продолжува

PL-11-1		1 центар	96.33	2.91	0.43	-	99.67	963	946	$(Au_{0.90}Ag_{0.09}Cu_{0.01})_1$
		2 периф.	93.69	5.9	0.44	-	100.03	937		$(Au_{0.89}Ag_{0.09}Cu_{0.02})_1$
		3 центар	93.66	5.55	0.35	0.22	99.78	937		$(Au_{0.99}Cu_{0.01})_1$
PL-11-2		1	99.60	-	0.44	-	100.04	996	980	$(Au_{0.98}Cu_{0.01}Fe_{0.01})_1$
		2	98.86	-	0.41	0.09	99.36	989		$(Au_{0.98}Ag_{0.01}Cu_{0.01})_1$
		3	98.77	0.27	0.43	-	99.47	988		$(Au_{0.98}Ag_{0.01}Cu_{0.01})_1$
		4	98.40	0.46	0.34	-	99.20	948		$(Au_{0.96}Ag_{0.01}Cu_{0.02}Fe_{0.01})_1$
PL-11 3 зрно		1	99.09	0.52	0.63	0.19	100.43	990	992	$(Au_{0.97}Ag_{0.01}Cu_{0.01}Fe_{0.01})_1$
		2	99.44	0.31	0.46	0.18	100.39	994		$(Au_{0.98}Cu_{0.02})_1$
		3	99.18	0.18	0.44	-	99.80	992		$(Au_{0.80}Ag_{0.18}Cu_{0.01})_1$
PL-12		1	85.81	13.25	0.39	0.09	99.54	858	865	$(Au_{0.81}Ag_{0.18}Cu_{0.01})_1$
		2	89.49	10.56	0.35	0.17	100.57	894		$(Au_{0.76}Ag_{0.23}Cu_{0.01})_1$
		3	84.24	14.42	0.47	0.11	99.24	842		$(Au_{0.95}Ag_{0.04}Cu_{0.01})_1$
PL-13 1 зрно		1	97.15	2.25	0.25	-	99.65	972	973	$(Au_{0.96}Ag_{0.02}Cu_{0.01}Fe_{0.01})_1$
		2	97.71	1.41	0.38	0.28	99.78	977		$(Au_{0.97}Ag_{0.02}Cu_{0.01})_1$
		3	97.09	1.56	0.43	-	99.08	970		$(Au_{0.90}Ag_{0.09}Cu_{0.01})_1$
PL-13 2 зрно		1	93.89	5.58	0.47	-	99.94	939	934	$(Au_{0.91}Ag_{0.07}Cu_{0.02})_1$
		2	94.55	4.09	0.57	0.08	99.29	945		$(Au_{0.86}Ag_{0.13}Cu_{0.01})_1$
		3	91.71	7.81	0.45	0.08	100.05	917		$(Au_{0.92}Ag_{0.06}Cu_{0.02})_1$
PL-14		1	96.12	2.98	0.50	-	99.60	961	943	$(Au_{0.88}Ag_{0.10}Cu_{0.02})_1$
		2	94.06	5.13	0.63	-	99.82	940		$(Au_{0.88}Ag_{0.11}Cu_{0.01})_1$
		3	92.96	6.16	0.54	-	99.66	929		

Содржината на бакарот во агрегатите се движи од 0.25 -0.68%. и неговата распределбата во агрегатите е нормална (сл. 6). Вака ниските содржини на бакар не овозможуваат да се направи некоја корелациона зависност со останатите примеси во златните агрегати.



Сл. 6 Хистограмски приказ на распределбата на бакарот во златните агрегати

Врз основа на хемискиот состав на златните агрегати може да се издвојат две групи на златни агрегати. Во првата група која ја претставува речиси половина од вкупниот број на агрегати се карактеризираат со високопробно јадро и ниска содржина на сребро (PL-3, PL-5, PL-11-1, PL-11-2, PL-14). Во втората група се издвојуваат останатите агрегати каде содржината на злато е рамномерно распоредена во јадрото и периферијата а среброто во овие агрегати е побогато во центарот во споредба со периферијата (PL-11-3; PL-13).

Ако се земе во предвид одалеченоста на златните агрегати од примарното наоѓалиште и пробноста на златото, може да се забележи пораст на финоќата на златото со текот на транспортот што веројатно се должи на ослободувањето на златото од среброто во текот на транспортот односно негово самопречистување. (Chapman et al. 2000).

Од останатите минерали кои се детерминирани во тешката фракција на шлиховите се фелдспат, каврц помалку циркон, мусковит и гипс. Од рудните минерали најмногу е застапен магнетитот, пиритот и послабо халкопиритот.

Од теренските и лабораториските испитувања може дека големо влијание на површината на теренот имаат процесите на механичко распаѓање што во крајна линија и допринесува за формирањето на речните седименти. На теренот е доста забележителен и процесот на хемиско распаѓање на карпите што доведува до појава на карактристични забележителни измени кои се воочуваат на теренот. На ваквите хемиски промени се подложени речиси сите минерали кои ги изградуваат карпите на испитуваниот терен.

Заклучок

Испитувањата и добиените резултати говорат за морфологијата, морфометријата и хемизмот на златните агрегати од речните седименти од наоѓалиштето Плавица. Врз основа на овие резултати може да се направат неколку заклучоци:

-Златните агрегати се утврдени речиси во сите 15 точки на опробување на растојасние од околу 5 км. По потоците кои го дренираат испитуваното подрачје.

-Морфологијата на златните агрегати е сочувана на што укажуваат дендритичните форми кои се забележуваат на површината. Механички деформации од транспортот слабо се забележуваат пред се по периферијата на златните агерегати

-Според хемискиот состав може да се каже дека златните агрегати се со голема чистота односно златото е високопробно. Како примеса се среќава сребро,

бакар и многу малку железо. Не се збележува промена во хемискиот состав на златото со текот на транспорот што значи дека ваквото егзогено злато може веродостојно да го окарактеризира и златото од примарната минерализација.

-Забележана е зоналност во пробноста на златото по профилот на течението на потоците односно намалување на пробноста на златото со одалечување од рудното тело.

Литература

Bogoevski, K., 1998: Gold in Macedonia-geology, metalogenic, features, ore occurrences, gold ore deposits and their evaluation. Special Issue No. 7 pp. 249

Chapman, R. J., Leake, R. C., Moles, N.R., Earls. G., Cooper, C., Harington, K., Berzins., R., 2000: The aplication of Microchemical Analysis od Alluvial Gold Grains to the Understanding of Complex Local and Regional Gold Mineralizaction: A case Study in the Irish and Scottish Caledonides, Economic Geology, Vol 95. pp. 1753-73

Серафимовски, Т., 1990: Металогенија на зоната Лече-Халкидик, докторска дисертација, Штип

Serafimovski, T., Rakic, S., 1998: The secondary quartzites hosting gold mineralization in the Crn Vrv-Plavica volcanic area. Geologica Macedonica, Vol. 12, pp. 9-21, Stip.

Стефанова, В., 2005: Елувијално-алувијални појави на злато поврзани за терени со терциерниот магматизам во Р. Македонија, докторска дисертација, 198 стр. Штип

Stefanova, V., Serafimovski, T., Nedelkov,R., 2007: Mineralogical and chemical characteristic of the most important minerals in the volcanic rocks of the Kratovo-Zletovo volcanic area, Geologica Macedonica, Vol. 21, pp. 1-10

Захарова, Е, М., 1994: Минералогия Россыпей, Недра, Москва 191 стр.

ГЕОХЕМИЈА НА СТРИМ СЕДИМЕНТИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ПЛАВИЦА

Виолета Стефанова
Факултет за рударство геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија:
stefanovaviki@yahoo.com

Абстракт

Основна задача на предметниот труд е да се интерпретираат добиените резултати од исвршените испитувања на речните седименти од течението на потоците кои го дренираат подрачјето на наоѓалиштето Плавица. Целта е да се утврди геохемиската поврзаност меѓу речните седименти и матичните карпи како и да се определи распределбата на елементите во речните седименти профилот на потоците. За таа цел се вклучени комплекс од методи како што се петролошки истражувања, хемиски анализи на речните седименти и кластерна анализа. Востановена е врска меѓу речните седименти и карпите од блиската околина на рудната минерализација во Плавица. Со кластер анализата утврдени се асоцијации кои може да се поделат на рудни асоцијации и асоцијации кои потекнуваат од карпите кои ја градат околината околу оруднувањето. Од рудните асоцијации утврдени се три елементни асоцијации: [(Ni-Co) -Ca]; ‖∫{[(Hg-Sb)-Ag] - Tl} - Mn∫ - {[(Zn - Cd) - Pb]-[(Ge-Ga) - (Nb-Ta)]}∫‖; ∫{[(W - Mo) - Re] - Au} - [(Cu - Fe) - Cr] - ∫{[(Sn - As) - In] - Bi} - Te∫-[(Se - S) - U]}∫. Од асоцијациите кои ги изградуваат петрогените минерали издвоени се четири елементни асоцијации: ∫ {[(La-Ce)-Th]-S}-(P-Ba)∫; {[(Mn-Cs)-(Rb-K)]-Li}; [(Mg-Ca)-Na]; [(Hf-Zr)-Al]. Овие асоцијации се подредени според степенот на врската која постои меѓу одредените елементи.

Клучни зборови: злато, стрим седименти, рудна асоцијација, кластер анализа, наоѓалиште Плавица.

Вовед

Во овој труд ќе бидат презентирани најновите сознанија од испитувањето на стрим седиментите што воедно претставува продолжение на трудот (кој е овде презентиран) за елувијално-делувијалното злато во наоѓалиштето Плавица.

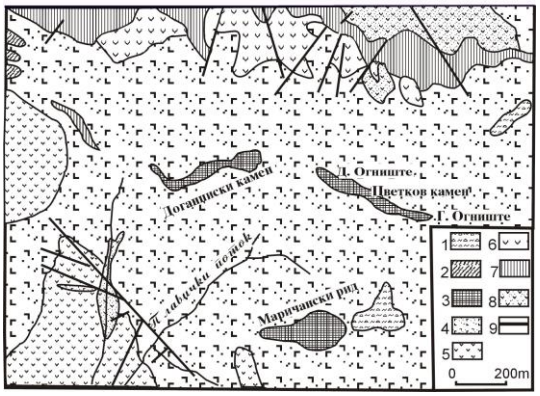
Испитувањето на речните седименти односно стрим седиментите во последно време станува една од основните методи на проспекција. Искуствата покажуваат дека врз основа на овие истражувања може да се донесуваат заклучоци од поширока сфера и нивна широка примена. Поконкретно резултатите од геохемиските испитувања на стрим седиментите овозможуваат да се утврди врската со карпите и оруднувањата кои ги даваат тие седименти. Исто така може да се проучува и степенот на алтерации на минералите од стрим седиментите за време на егзогените процеси, посебно на самородното злато. Воспоставувањето на врска меѓу геохемиските особини на стрим седиментите и минералите кои влегуваат во нивниот состав како и корелацијата меѓу минералите од примарните оруднувања и карпите и тие кои се содржат во стрим седиментите може да дадат зависноста која директно ќе помогне при проспекциските работи како и да се извлечат одредени заклучоци за генезата. Ова се потврди со одредени проучувања извршени на одредени локалитети во Р. Македонија (Стефанова, 2005, Ковачев и др. 2006). Овие проучувања покажаа дека во одредени типови на оруднување (на пример карлински тип-Алшар) испитувањето на стрим седиментите не дадоа добри резултати бидејки златните агрегати се со субмикроскопска големина (под 5 микрони) што не е случај со наносите кои потекнуваат од бакарно-златоносните наоѓалишта каде што оваа метода се покажа задоволителни резултати.

Ендогеното злато во Р. Македонија било предмет на многу проучувања

(Богоевски, 1998, Стефанова 2005, Чифлиганец и др. 1994, Серафимовски и др, 1998, Persival et all, 1990, 1992, 1994). Од друга страна можноста да се пронајдат златни агрегати во тешките фракции од бакарните и бакарно-златоносните наоѓалишта отвара широко поле за истражување. Минералошките и геохемиските карактеристики на елувијално-делувијалното злато и коегзистирачките минерали, геохемиските карактеристики на стрим седиментите кои содржат златни агрегати се предмет на овие презентирани два труда. Овие проучувања се чекор напред во можноста за дефинирање на типот на оруднување врз основа на анализата на ендогеното и егзогеното злато.

Геолошки карактеристики

Во геолошката градба (сл.1) на ова наоѓалиште влегуваат карпи со вулканско и вулканогено-седиментно потекло: андезити и дацити, кварцлатити, базалти, нивните ефузивни еквиваленти (игнимбрити, пирокластити, туфови, туфити и бречи). Сиот овој вулкански комплекс е зафатен со постмагматски хидротермални промени со различен интензитет и карактер. Во централниот дел на калдерата хидротермалните промени се многу интензивни така да доста ги измениле матичните карпи.



Сл. 1. Геолошка градба на наоѓалиштето Плавица, (Серафимовски, 1990)
1. Делувијлани наслаги, 2. Кварцлатити, 3. Секундарни кварцити, 4. Хидротермално изменети и пиритисани стени (андезити, дацити, латити, пирокластити, 5. Хидротермално изменети андезити, 6. Пропилитисани андезити и дацити, 7. Вулканогени седиментна серија, 8. Игнимбртити од андезитски и дацитски стени, 9. Раседи

Создавањето на секундарни кварцити претставуваат посебен геолошки феномен и истите се поврзани за одредени структурни правци. Со геолошкото картирање на подрачјето на Плавица утврдени се повеќе литолошки членови.

Алувијалните наслаги се развиени по теченијата на речните корита. Слабо се развиени но можат да бидат многу моќни. Делувијалните наноси, чија дебелина достигнува до повеќе од 20 м се претставени со цементирани делувијални бречи.

Свежите андезити ја имаат сочувано својата порфирска структура со фенокристали од плагиокласи и боени состојки. Поделени се во три групи: биотит андезити, хорнбленда андезити и хорнбленда-биотит-андезит. Свежи кварцлатити, кои на теренот се јавуваат како пробои во вид на некови, дајкови и штокови. Тие ги пробиваат променетите карпи (андезити, дацити, латити и пирокластити).

Хидротермално променети вулкански карпи-андезити, дацити, латити и пирокластити од кои е изграден централниот дел на Плавица. Овој комплекс на карпи е најинтересен од аспект на полиметаличните минерализации и оруднувањето во Плавица. Моќноста на овој комплекс изнесува повеќе од 1000 м.

Вулканогено седиментна серија во која се издвоени 2 типа на карпи кои се хетерогени по состав: вулканогено-седиментна грубокластична серија; и вулканогено-седиментна финокластична серија.

Материјали и методи

При изведените истражувања се применети теренски работи преку кои е земен материјал за испитување, оптички испитувања, геохемиски и минералошки испитувања и статистички методи.

Теренските испитувања се спроведени со цел да се земат свежи примероци од карпите за петролошки испитувања и стрим седименти за геохемиски испитувања. Материјалот за геохемиските испитувања се земаше од седиментите кои се формирале по пат на

распаѓање и транспорт со помош на водотеците во поширокатa околина која го дренира истражуваниот локалитет Плавица (вкупно девет проби). Местата од каде што се земени пробите се лоцирани со ГПС и се нанесени на топографската карта во првиот дел од овој труд (сл. 2; PL-1 - PL-9). Од секоја точка се земаше материјал во тежина од 15 кг која покасно беше просејувана при што се добиваат две фракции. Првата фракција поситна од 0,17 мм (минимум количина од 400 гр) се користеше за испитување со ISP-AES и MS и втората фракција (поситна од 0.5 мм) со минимална количина од 2.5 кг се користеше за испитување со BLEG анализа.

Хемиската анализа на стрим седиментите се изведе на 49 елементи со ICP-AES и MS во ALS Chemex Laboratory во Австралија. За попрецизно одредување на содржините на злато, сребро и бакар сите примероци беа анализирани со BLEG анализа (цијанидно излужување) со цел да се екстрахира златото од материјалот. Анлаизите беа направени во SGM Welshpool Minerals Laboratory, Австралија.

Со помош на статистичката метода се изврши анализа на добиените податоци. Се користеше кластер анализата за интерпретација класифицирајки ги променливите величини според сличноста. За да се примени кластер анализата се користеше Пирсоновиот коефициент како мерка за дистанца на примерокот или хемискиот елемент. Овој коефициент исто така се користеше како почетен индекс во коефициентот за корелација на променливите со што се елиминира влијанието на единиците во кои се изразуваат елементите (процент, ppm и др.). Овој коефициент варира од -1 до +1 при што позитивната вредност означува позитивна корелациона зависност, аналогно -1 означува негативна корелациона зависност. Корелацијата при кластер анализата се изведуваше според weighted pair-group average што значи дистанционата мерка меѓу потенцијалните кластери е на основа на нивните средни вредности.

Компаративна анализа меѓу геохемијата на карпите и стрим седиментите

Стрим седиментите се формирани од минерали кои настануваат како резултат на деструкција на карпите кои го градат дренираното подрачје а се во околината на наоѓалиштето Плавица. Поради ова беа направени испитувања со цел да се утврди хемискиот состав на главните карпи и рудната минерализација како и останатите елементи со цел да се спореди нивниот состав со стрим седиментите.

Подрачјето кое беше цел на испитувањето воглавно е изградено од андезити, латити, андезит-дацити и нивните преодни типови (Стефанова и др. 2007). Тие се изградени од следните главни оксиди: плагиокласи (SiO_2, Al_2O_3, CaO, Na_2O; под 1% - FeO, K_2O); калиски фелдспати (SiO_2, Al_2O_3, K_2O, Na_2O; околу 1% - BaO); клинопироксени (SiO_2, , CaO, Na_2O, MgO, FeO околу 1% - TiO_2, Al_2O_3, MnO, K_2O); биотити (SiO_2, Al_2O_3, K_2O; MgO, FeO и TiO_2 -3%. Овие оксиди ја претставуваат главната оксидна фаза во геохемиските асоцијации. Од рудните минерали со претходните и со најновите истражувања утврдени се: пирит (Fe, S), халкопирит, (Cu, Fe,S), пиротин (S, Fe), енаргит (S, Fe, As), тенантит-тетраедрит асоцијација (S, Sb, Fe, Cu, Zn, As); галенит и сфалерит (S, Fe, Cu, Zn, Pb).

Имајки ги во предвид податоците може да се направи компаративна анализа меѓу геохемиските сличности меѓу стрим седимените и карпите од кои потекнуваат. На табела 1 се дадени вредностите добиени од испитувањата кои беа направени на карпите и вредностите добиени од испитувањата на стрим седиментите. Може да се зклучи дека постои сличност меѓу добиените податоци односно составот е сличен со многу мали варијации. Затоа е пресметан односот меѓу содржината на елементите во карпите и стрим седиментите. При ова може да се издвојат неколку групи на елементи. Кога овој однос е близу до единица тогаш тоа значи дека нема значајни промени во концентрацијата не елементите во карпите и стрим седиментите. Такви елементи чиј однос се движи од 0.9 до околу 1.2 се Ni, Ti, K, Co, Li а стронциумот е многу блиску до оваа група со однос од 0.86. Во втората

група може да се вбројат елементите каде односот меѓу карпи/стрим седименти се движи од 0.03 - 0.6 каде концентрацијата на елементите во стрим седиментите е поголема отколку во самите карпи. Тоа се Al, Fe, Rb, Pb. Ова укажува на дополнително обогатување на седиментите со овие елементи. Во третата група се вбројуваат елементите кои имаат однос поголем од 2.12 односно содржината во карпите е многу поголема од таа во стрим седиментите. Во оваа група спаѓаат петрогените елементи Mg, Ca, Na а од рудните елементи се Cr, Zn, Cu. Најголема диспропорција во концентрациите се јавува кај втората група како што споменавме се јавува многу поголема концентрација во стрим седиментите отколку во самите карпи.

Ваквото геохемиско однесување на анализираните елементи главно се должи на нивната трансформација во растворлива форма во текот на хемиското распаѓање како и разликите во специфичната тежина меѓу минералите носители на овие елементи во стрим седиментите. Може да се претпостави дека во услови на кисела средина, како резултат на распаѓањето на сулфидите и зголемувањето на киселоста на водата под влијание на сулфурната киселина, манганот и фосфорот ќе преминат во раствор и ќе бидат однесени од потокот а дел од бакарот и оловото ќе се акумулираат во вид на оруднување како резултат на нивната голема специфична тежина.

Ако се направи корелација меѓу добиените вредности за златото бакарот и среброто кои се анализирани со ICP-AES и BLEG методите може да се види дека истите покажуваат пониски содржини со втората BLEG метода. Ова веројатно се должи на фактот што материјалот кој се користи за BLEG методата е со големина испод 0.5 мм што значи дека носителите на овие три елементи се концентрирани во пофината фракцијата која се користи за испитување со ICP-AES методата.

Кластер анализа

Кластерната анализа (Symons, M.J. 1981) се користи за групирање на елементите според степенот на сличното распределение во просторот, односно ова е метода за групирање на елементи со цел да се добијат смислени организациони структури. Податоците кои се обработени со кластер анализата се обработени според процедурата на Weathed pair-group average при што како мерка на блискост на елементите е користен коефициентот на корелација.

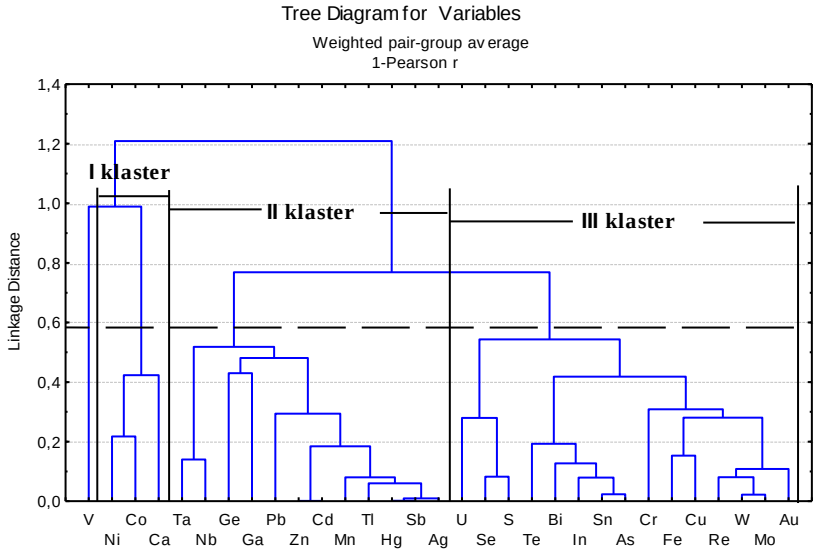
Проучувањето на геохемиските карактеристики на стрим седиментите покажаа дека како резултат на дезинтеграцијата на карпите настануваат две групи на елементи: елементи кои потекнуваат од оруднувањето на овој простор и елементи кои потекнуваат од петрогените минерали кои влегуваат во составот на карпите кои го градат испитуваниот терен. Бидејќи еден минерал во принцип е изграден од два или повеќе елементи, за очекување е дека просторните асоцијаци кои се издвојувоени со кластер анализата ја рефлектираат блискоста на елементите кои формираат елемент или елементи. Значи врз основа на добиените елементи од кластер анализата може да се суди за минералите кои се јавуваат во стрим седиментите.

Прелиминарната поделба на елементите во две групи се должи на фактот што на испитуваниот терен се издвојуваат два типа на карпи: терциерни вулкански карпи и рудни тела. Како типични елементи за првата група се K, Mg, P, Th, Zr, Y, Be, Al, Rb Na, Ba, Li, Hf, Cs, Ce, Sr, Al. За втората група може да се издвојат следните елементи: Au, Ag, Cu, As, Bi, Co, Cr, Cd,Ga, Ge, Mo, Ni, In,Tl, Pb, Re, Nb, Sb, Se, Sn, Ta, Te, U, V, W, Zn, Hg. Останатите елементите како што се Ca, Mn, и S се поврзуваат со двете групи односно влегуваат во составот на карпите и во рудните тела. Резултатите од кластер анализата на овие две групи на елементи се прикажани на сл. 2 и сл. 3

Рудните елементи се поделени во три кластери (табела 2). Во првиот кластер влегуваат никелот, кобалтот и калциумот додека ванадиумот како елемент е надвор од степенот на значајност на калстерот кој за 9 проби изнесува 0.58. Златото како елемент влегува во третиот кластер каде се јавува во асоцијација со молибден, волфрам и рениум. Во овој кластер влегува уште и бакарот, железото и сулфурот што може

Табела 2- Кластери на елементи кои влегуваат во градбата на рудните и петрогените меинарли

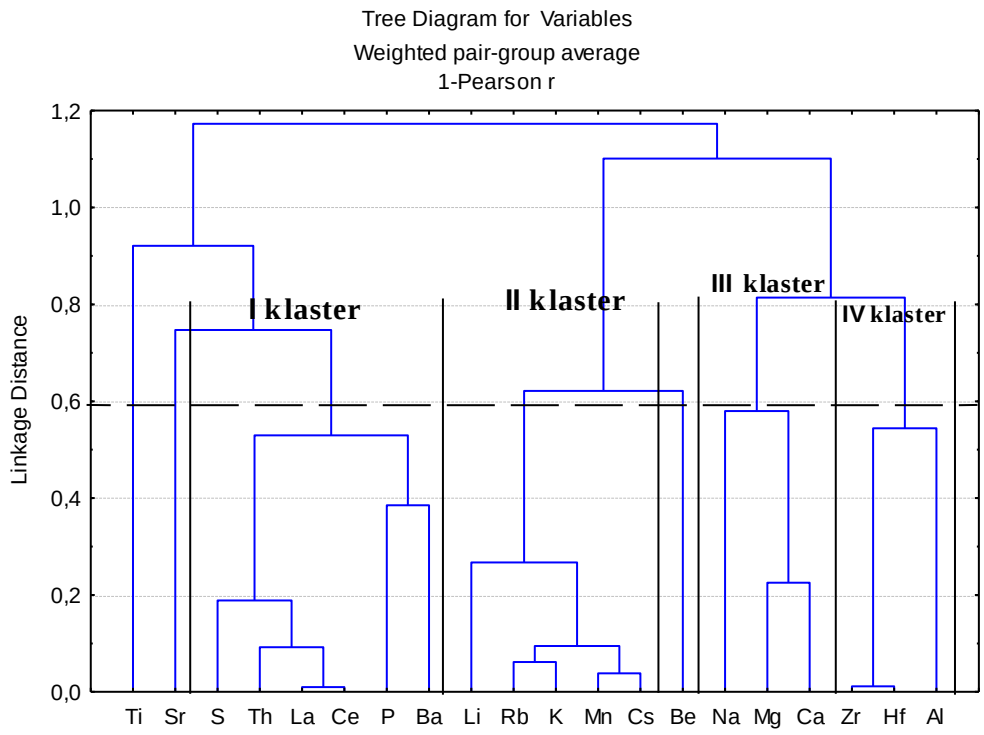
Група на елементи	кластер	Асоцијација на елементи	Елемент надвор од кластер
Елементи кои ги формират рудите	I	[(Ni-Co) - Ca]	V
	II	‖ ∫{[(Hg-Sb)-Ag]-Tl}-Mn∫-{[(Zn-Cd)-Pb]-[(Ge-Ga)-(Nb-Ta)]}∫ ‖	
	III	∫{[(W-Mo)-Re]-Au}-[(Cu-Fe)-Cr]- ∫{[(Sn- As)-In]-Bi}-Te∫-[(Se-S)-U]}∫	
Елементи кои ги формират карпите	I	∫ {[(La-Ce)-Th]-S}-(P-Ba)∫	Ti, Sr
	II	{[(Mn-Cs)-(Rb-K)]-Li}	Be
	III	[(Mg-Ca)-Na]	
	IV	[(Hf-Zr)-Al]	



Сл. 2. Кластери на рудните елементи

да укаже на можната поврзаност на златото со бакарните сулфиди ако се има во предвид дека во минерализацијата на овој локалитет влегува и бакарот како корисна минерална суровина. Во вториот кластер влегува асоцијацијата на олово-цинк и кадмиум карактеристична за полиметаичните руднувања. Заедничкото појавување на никелот и кобалтот геохемиски е оправдано.

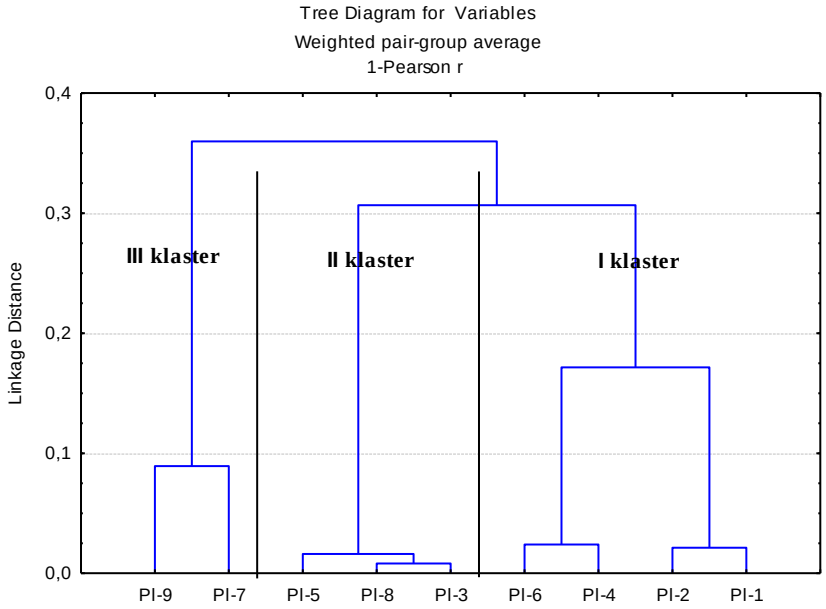
Елементите кои влегуваат во градбата на петрогените минерали формираат четири кластери. Надвор од кластерите остануват титанот и берилиумот кои според корелациониот фактор немаат никаква корелациона врска со ниту еден елемент од кластерите, и стронциумот кој покажува само негативна корелациона врска со калиумот. Одредени асоцијации како цирконуми хафниум, потоа натриум, магнезиум и калциум од првиот кластер како и рубидиум, калиум и литиум од вториот кластер се асоцијации кои поради блиските геохемиски својства на елементите вообичаено се јавуваат често. Од третиот кластер може да се издвои асоцијацијата на лантан, ториум, цезиум



Сл. 3- Кластери на елементите кои ги градат карпите

која е карактеристична за ретките земји. Циркониумот и хафниумот вообичаено се појавуваат заедно во асоцијација.

Користејќи ја кластер анализата се направи групирање на примероците кои беа анализирани (сл.4). Од сликата може да се види дека во целина може да се издвојат три кластери. Најслаба корелација има меѓу примероците со растојание на линкот од околу 0.36 односно третиот кластер со останатите два кластери. Најдобра корелација постои меѓу проба 3 и проба 8. Ако се има во предвид геолошката градба на теренот како и неговата конфигурација, ваквата корелација меѓу земените проби може и да се очекува.



Заклучок

Врз основа на изведените испитувања на стрим седимените и карпите кои влегуваат во градбата на проспектираниот терен може да се каже дека

-постои голема сличност меѓу хемискиот состав на карпите и стрим седиментите така што од хемискиот ссотав на стрим седиментите може да се специфицираат карпите кои го изградуваат испитуваниот реон. Добиените резултати овозможуваат да се издвојат три групи на елементи според односот на содржината во стрим седиментите и во карпите: првата група со однос до 0.6 каде содрината на елементите во стрим седиментите е поголема одколку во карпите што значи постои накнадно обогатување на елементите, втората група со однос од околу 1 каде постои воедначен состав и во стрим седиментите и во карпите и третата група со однос поголем од 2 каде содрината на елементите во карпите е многу поголема од таа во стрим седиментите.

-од направената кластер анализа според хемискиот состав на стрим седиментите се издвојуваат две групи на елементи: во првата група влегуваат елементи кои ги изградуваат петрогените минерали, втората група на елементи ја сочинуваат оние елементи кои влегуваат во градбата на рудните минерали. Одредени елементи како што се калциум, манган и сулфур се поврзуваат со двете групи на елементи Врз основа на овие податоци издвоени се три рудни кластери и четири кластери кои ги изградуваат минералите кои влегуваат во градбата на петрогените минерали.

-Ако се направи групирање на примероците кои беа земени при теренската проспекција може да се издвојат три кластери: првиот кластер е составен од два потклстери во кои влегуваат проба 1 и 2 а во вториот потклстер проба 4 и 6. Вториот кластер го сочинуваат проба 3, 5 и 8 и третиот кластер проба 9 и проба 7.

Литература

Bogoevski, K., 1998: Gold in Macedonia-geology, metalogenic, features, ore occurrences, gold ore deposits and their evaluation. Special Issue No. 7 pp. 249

Kovacev, V, Stefanova, Boev, B, Mladenov, V., 2006: Stream Sediments and Bleg Analysis by Prospecting of Gold in Alshar (Carlin Type Deposit), Macedonia.Proceedings XVIIIth Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Belgrade, Serbia pp. 281-285

Persival, T. J., 1990: Preliminary Geological report on the Alsar District, Macedonia-Nassau Ltd., Inter. report 44 p.

Persival, T. J., Boev, B., 1990:As-Tl-Sb-Hg-Au-Ba Mineralization, Alshar District, Yugoslavia; A Uniquie type of Yugoslavian Ore Deposit.-Int. Symposium. On Solar Neutrino Detection with ^{205}Tl., Yug. Soc. Nucl. Element Pert. Phys., Dubrovnik (36-37 abst).

Persival, T. J., Radke, A., Jankovic, S., Diskinson, F., 1992: Gold Mineralization of the Carlyn type- in the Alshar district, SR Maceodonia, Yugoslavia.,- in Y.T. Maurice, ed. Proc. the Eight IAGOD symposoium Ottawa, Canada Proceeding., E. Schweizerbaritcshe Verlag, 637-646, Stuttgart

Persival, T. J., Radtke, A., 1994: Sedimentary Rock-hosted disseminated Gold Mineralization in the Alshar District, Macedonia-The Cand. Mineralogist, 32, 649-655

Серафимовски, Т., 1990: Металогенија на зоната Леце-Халкидик, докторска дисертација, Штип

Serafimovski, T., Rakic, S., 1998: The secondary quartzites hosting gold mineralization in the Crn Vrv-Plavica volcanic area. Geologica Macedonica, Vol. 12, pp. 9-21, Stip.

Стефанова, В., 2005: Елувијално-алувијални појави на злато поврзани за терени со терциерниот магматизам во Р. Македонија, докторска дисертација, 198 стр. Штип

Stefanova, V., Serafimovski, T., Nedelkov,R., 2007: Mineralogical and chemical characteristic of the most important minerals in the volcanic rocks of the

Kratovo-Zletovo volcanic area, Geologica Macedonica, Vol. 21, pp. 1-10

Symons, M.J. 1981: "Clustering Criteria and Multivariate Normal Mixtures," Biometrics, 37, 35-43.

Cifliganec, V., Kogan, B., Jankovic, S., 1994: Mode of occurrence and distribution patern of gold in the Buchim porphyry copper deposit, Republic of Macedonia. Geologica Macedonica, Vol. 8 No. 1. pp. 1-12.

Cifliganec, V., Serafimovski, T., 1994: The metallogenic features of the Buchim ore field (Eastern Macedonia). Geologica Macedonica, Vol. 8 No. 1. pp.13-18.

Табела -1. Содржина на петрогени (%) и рудни елементи (ppm) во карпите и во стрим седиментите

Елемент	Содржина на елементите во карпите						Содржина на елементите во стрим седиментите										карпа/стрим седимент
	1	2	3	4	5	mean	Pl1	Pl2	Pl3	Pl4	Pl5	Pl6	Pl7	Pl8	Pl9	mean	
Si	28,25	27,99	25,53	26,75	26,17	26,938	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ti	0,38	0,37	0,42	0,27	0,5	0,388	0,32	0,394	0,403	0,374	0,462	0,431	0,418	0,354	0,438	0,40	0,97
Al	1,209	1,209	0,37	0,24	0,44	0,6936	7,29	7,90	7,03	9,11	7,49	9,04	8,54	6,97	7,94	7,92	0,09
Fe	0,02	0,104	1,17	1,42	2,07	0,9568	3,95	4,66	5,46	4,6	6,51	5,04	5,79	3,85	5,12	5,00	0,19
Mn	0,09	0,1	0,07	0,07	0,62	0,19	1870	1285	861	482	883	349	10000	770	3080	2175,56	0,00
Mg	1,36	1,42	1,01	1,09	0,91	1,158	0,59	0,67	0,36	0,26	0,34	0,59	0,31	0,26	0,35	0,41	2,79
Ca	4,07	3,88	5,31	4,51	4,21	4,396	3,17	3,68	0,6	0,97	0,7	0,54	0,23	0,2	0,5	1,18	3,74
Na	2,06	2,23	2,79	2,25	2,29	2,324	0,57	0,75	0,5	0,9	0,57	0,48	0,28	0,21	0,39	0,52	4,50
K	3,25	3,13	3,25	3,12	3,53	3,256	2,81	2,29	2,51	1,89	2,44	1,95	3,99	2,32	3,01	2,58	1,26
P	0,11	0,09	0,12	0,14	0,15	0,122	1350	1290	1610	840	1630	850	990	1910	1370	1315,56	0,00
Cr	44	34	18	20	36	30,4	11	9	20	5	20	13	14	12	18	13,56	2,24
Ni	5	<5	10	<5	5	5	6,9	5,3	3,8	4,1	4,4	4,8	4,4	2,1	5,7	4,61	1,08
Co	12	13	15	18	14	14,4	11,6	15,7	7,7	9,7	9,2	8,4	11,9	2,2	15,3	10,19	1,41
Li	22	24	12	15	9	16,4	19,9	19,8	17,4	10,2	17	11,4	23,3	14,6	17,1	16,74	0,98
Rb	127	116	100	111	130	116,8	148,5	114	191,5	71,6	175	112	440	169	207	180,96	0,65
Zn	1038	82	104	1761	1348	866,6	342	132	285	83	271	76	1150	324	1010	408,11	2,12
Pb	59	15	9	118	48	49,8	177	544	2580	42,2	2560	75,8	4580	2610	1440	1623,22	0,03
Sr	17	1228	1986	7	68	661,2	495	606	984	1190	1115	775	367	1155	263	772,22	0,86
Cu	81	83	129	176	1496	393	22,6	39	291	67,8	296	59,8	240	52,9	69,4	126,50	3,11
Cu блег	-	-	-	-	-	-	0,01	2,33	29,1	8,65	28	7,95	7,07	3,82	6,76	10,41	-
Au	-	-	-	-	-	-	0,001	0,002	0,086	0,001	0,196	0,002	0,008	0,034	0,029	0,04	-
Au блег	-	-	-	-	-	-	0,0005	0,001	0,0515	0,0012	0,0667	0,0016	0,0091	0,0263	0,024	0,02	-
Ag	-	-	-	-	-	-	0,01	0,05	3,66	0,1	3,9	0,14	19,4	5,56	2,7	3,95	-
Ag блег	-	-	-	-	-	-	0,01	0,01	0,61	0,01	0,59	0,02	8,44	0,7	0,47	1,21	-
As	-	-	-	-	-	-	44,6	41,5	267	26,4	267	22	66,9	216	96,2	116,40	-

Табела 1 продолжува

Ba	-	-	-	-	-	-	1480	1030	1850	830	2430	800	1980	1670	1800	1541,11	-
Be	-	-	-	-	-	-	2,41	2,11	2	1,72	1,98	1,3	1,81	1,7	2,11	1,90	-
Bi	-	-	-	-	-	-	0,71	0,39	6,31	0,67	6,3	0,51	4,09	6,29	3,47	3,19	-
Cd	-	-	-	-	-	-	1,04	0,32	1,07	0,07	0,98	0,08	4,61	1,03	4,04	1,47	-
Ce	-	-	-	-	-	-	55,3	47,5	65,5	43,3	67,7	64	60,5	82,7	72,4	62,10	-
Cs	-	-	-	-	-	-	22,8	16,25	8,85	6,87	8,81	10,1	74,6	8,58	10,55	18,60	-
Ga	-	-	-	-	-	-	16,75	17,4	16,6	16,8	17,25	17,9	18,6	17,95	18,5	17,53	-
Ge	-	-	-	-	-	-	0,14	0,14	0,15	0,14	0,16	0,16	0,17	0,13	0,17	0,15	-
Hf	-	-	-	-	-	-	3,9	4	3,2	3,7	3,6	4,4	4,5	3,4	2,1	3,64	-
In	-	-	-	-	-	-	0,238	0,091	0,72	0,076	0,704	0,073	0,159	0,414	0,576	0,34	-
La	-	-	-	-	-	-	23,5	20,5	31,3	19,5	32,1	30,1	27,3	41,9	33,6	28,87	-
Mo	-	-	-	-	-	-	3,74	3,83	17,2	2,44	16,25	2,61	1,95	3,05	3,45	6,06	-
Nb	-	-	-	-	-	-	9,7	8,6	10,2	7,5	10,6	9,6	10,7	11,2	12	10,01	-
Re	-	-	-	-	-	-	0,002	0,002	0,003	0,002	0,004	0,002	0,002	0,002	0,002	0,00	-
S	-	-	-	-	-	-	0,1	0,1	0,65	0,27	0,72	0,57	0,26	0,69	0,4	0,42	-
Sb	-	-	-	-	-	-	1,25	0,67	38,8	0,8	37,6	1,53	157,5	28,8	14,5	31,27	-
Se	-	-	-	-	-	-	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1,44	-
Sn	-	-	-	-	-	-	2,8	2,2	5,6	2,1	5,4	2,3	2,6	4,7	3,9	3,51	-
Ta	-	-	-	-	-	-	0,99	0,82	0,89	0,78	0,93	0,89	0,93	0,96	1,15	0,93	-
Te	-	-	-	-	-	-	0,08	0,07	1,45	0,12	1,5	0,57	0,09	2,22	1,5	0,84	-
Th	-	-	-	-	-	-	15,3	14	19,3	15,5	20,1	22,5	18	24,3	20,1	18,79	-
Tl	-	-	-	-	-	-	3,65	1,69	2,92	1,85	2,97	2,01	8,48	4,06	3,69	3,48	-
U	-	-	-	-	-	-	5,1	4,8	6,5	6,5	7	8,2	6,2	6,7	6,4	6,38	-
V	-	-	-	-	-	-	109	164	147	190	196	199	149	95	140	154,33	-
W	-	-	-	-	-	-	3,5	2,9	25,3	2,9	26,1	3,3	6,4	3,7	6,9	9,00	-
Y	-	-	-	-	-	-	20,4	19,7	13,7	14,7	16,1	18,8	22,5	12,8	15,4	17,12	-
Zr	-	-	-	-	-	-	117	127,5	98,2	124	108,5	143,5	147,5	103	58,5	114,19	-
Hg	-	-	-	-	-	-	0,025	0,013	0,191	0,005	0,205	0,018	0,94	0,177	0,088	0,18	-

БИЛАНС И ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА ФОСИЛНИТЕ ЕНЕРГЕТСКИ СУРОВИНИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Борче Андреевски
ЕЛЕМ, РЕК Битола, 7000 Битола, Македонија; borce.andreevski@elem.com.mk

Апстракт

Важноста на фосилните енергетски суровини, која резултира од нивната доминантна стратегиска позиција во широк дијапазон на интереси, ја наметнува определбата за јавно анимирање на досега постигнатите резултати, што е основна цел на предметниот труд. Нивната дефинираност и реална оценка за можната потенцијалност на одредени простори во РМ, е во тесна корелација со реализацијата на наменски геолошки истражувања, чиј концепт и модалитет, како што се укажува во трудот, треба да почива пред сé на принципите на Геолошката Наука. При тоа, потенцираната грижа и контрола на билансноста на минерално - суровинската база, мора да биде еден од приоритетите на осмислена државна национална стратегија, која би била насочена кон планирање и контрола на сегашноста и проекција за иднината, за целите на севкупниот стопански и енергетски развој.

Клучни зборови: фосилни енергетски суровини, геолошки истражувања, резерви, стратегија

ВОВЕД

Во услови на сé поизразен од недостаток на енергија и енергетски суровини, при индикативно интензивирана ино-енергетската зависност на земјата, интересот за сопствената суровинска база се наметнува како последователност и неминовност.
Непостоењето на соодветна институционална државна грижа за фундаменталните геолошки истражувања, насочени кон стекнување на определено ниво на квантитативно-квалитативна дефинираност на расположивата минерално - суровинска база во РМ, оневозможува да нивните потреби, бидат поставени и нормирани во рамките на определена стратегија.
Заради немањето на сенс за придобивките од Геолошката Наука и дејност, изоставена е неопходноста од поставување и реализација на осмислен концепт за геолошките истражувања, особено за минералните суровини кои имаат приоритетна стратегиска позиција, во кои припаѓаат и фосилните енергетски суровини (јаглен, нафта и природен гас, Сл.1).

Сл.1

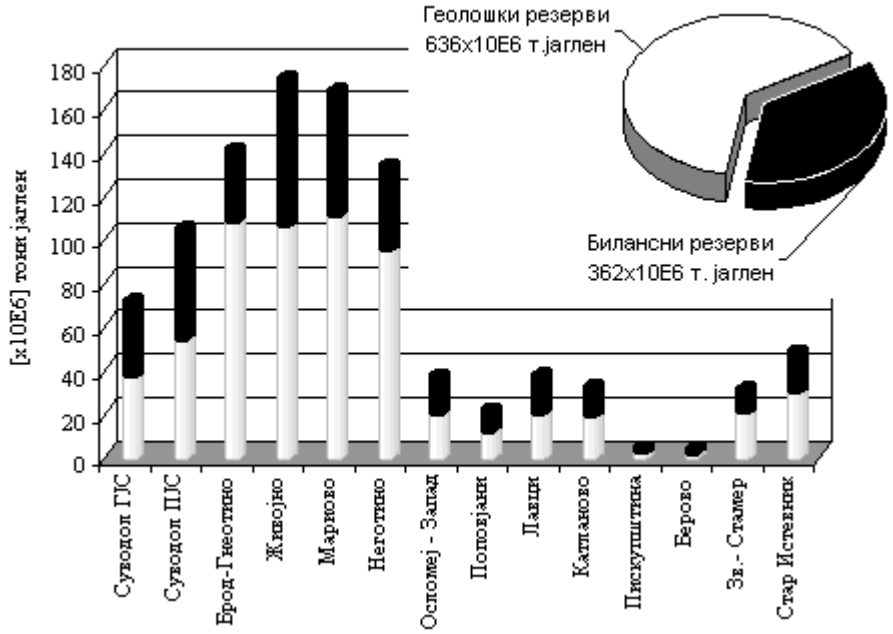
Геолошките истражувања на фосилните енергетски суровини, независно од нивниот карактер, се планираат и реализираат пред сé од субјектите кои имаат законска обврска за редефинирање на нивната билансност (ЕЛЕМ, Брик Берово, Пискупштина), која е условена од воспоставениот процес на експлоатација. Но, интерес за истражување покажуваат и субјекти кои имаат намера да се стекнат со оценка за потенцијалноста на определен простор за истражување на определен тип на минерална суровина (Рафинерија на нафта – Окта, за истражување на нафта и природен гас).
Во првиот случај, геолошките истражувања имаат обележје на законска условеност, а во вториот самоиницијативност, со изразена карактеристика на инцидентност.
Во периодот што следи, приоритетот на геолошките истражувања на фосилните енергетски суровини, мора да коинцидира со определен државен стратегиски концепт, кој би се реализирал во простори кои нудат можности за зголемување на вкупните геолошки резерви на јаглен, битуминозни шкрилци и кон стекнување на оценка за потенцијалноста на определени простори во пронаоѓањето на нафта и природен гас.

БИЛАНС И ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА ЕНЕРГЕТСКИТЕ СУРОВИНИ

Република Македонија, според досегашниот степен на истраженост на нејзиниот простор, располага со скромен биланс и потенцијал на фосилни енергетски суровини. Имено, од нивните претставници во РМ констатирани се единствено резерви на јаглен, од типот на лигнит, за кои и се однесува поимот билансност, додека постоењето на наоѓалишта на нафта и гас, во моментот има карактер на проценка, со атрибут на потенцијалност и тоа во определени простори, кои индицираат специфичности за нивна можна егзистенција.

- **Јаглен**

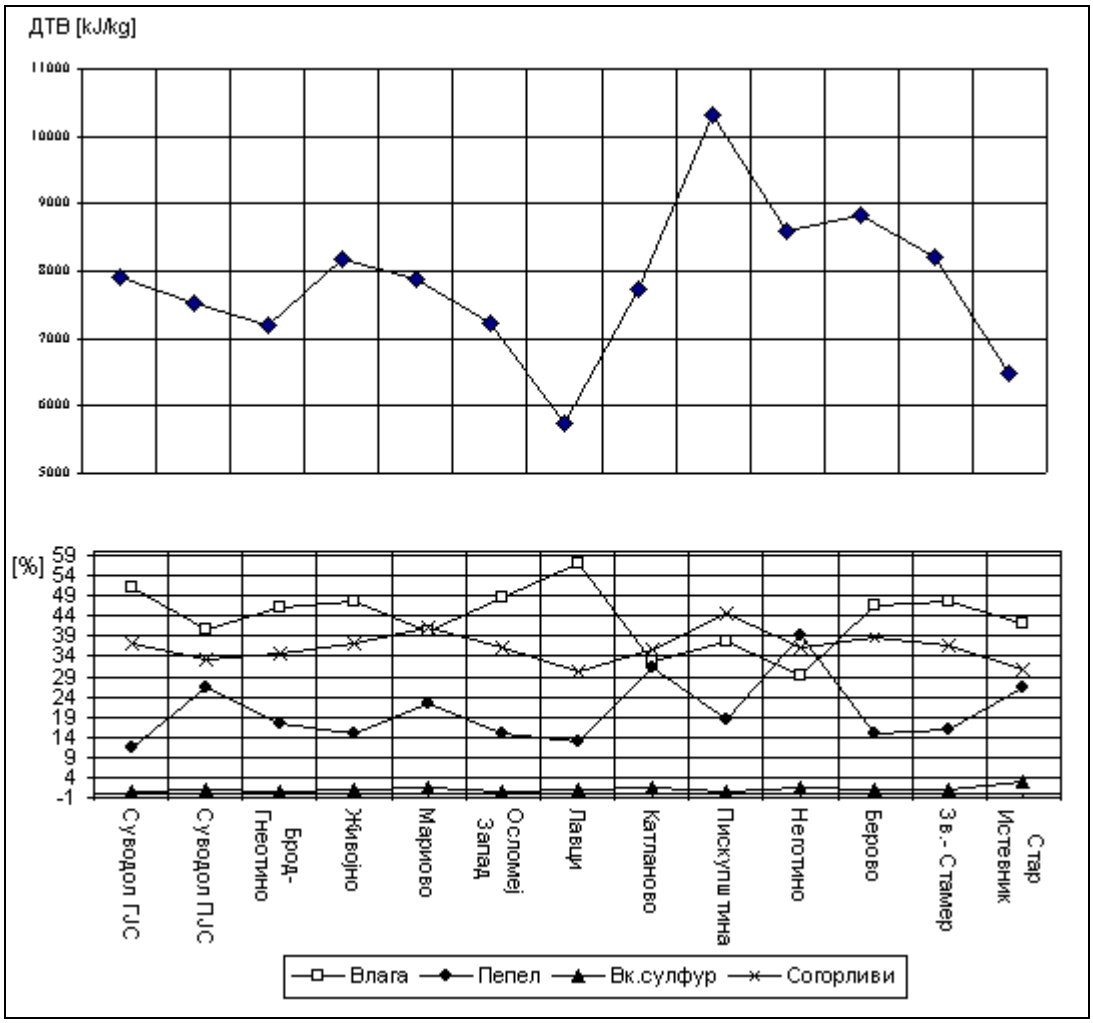
Нагласениот интерес, особено во последно време, за квантифицирање на резервите на јаглен во РМ, резултира од неговата непосредна поврзаност со енергетската сегашност и иднина.
Проекцијата за согледување на билансните и потенцијални резерви на јаглен во РМ, упатува на констатација дека во изминатите десеттина години направени се промени единствено во структурата на поедини билансни категории на резерви, како последица на перманентната експло - атација на јагленот (во наоѓалиштата Суводол, Осломеј, Пискупштина и Берово), кој се користи за термоенергет - ски цели и за широка потрошувачка.
Според презентираниот хистограмски приказ (Сл.2), билансните резерви на јаглен, кои се дефинирани во поедини наоѓалишта, изнесуваат околу 362 x 10^6 тони, што претставува 56% од геолошките резерви на јаглен во именуваните наоѓалишта.



Сл.2- Хистограмски приказ на геолошките и билансните резерви на јаглен во поедини наоѓалишта

Евидентната разлика помеѓу билансните и вонбилансните резерви е последица од неповолните вредности на економските параметри, како и од сложените геолошко - геотехнички услови на наоѓалиштата, кои во улога на критериуми, ја определуваат рентабилноста и оправданоста за нивната експлоатација.
Од аспект на степенот на карбонификација на јаглените во РМ, кој има непос-

редна рефлексија врз нивниот квалитет (Сл. 3), може да се изнеси констатацијата дека тие припаѓаат на групата меки кафеави јаглени (лигнити), со мали исклучоци во однос на степенот на нивната зрелост (Пискупштина), што е последица на геолошките и биохемиските фактори на акумулационата средина.



Сл. 3 - Графички приказ на вредностите на квалитативните параметри на јаглените од поедини наоѓалиштата во РМакедонија

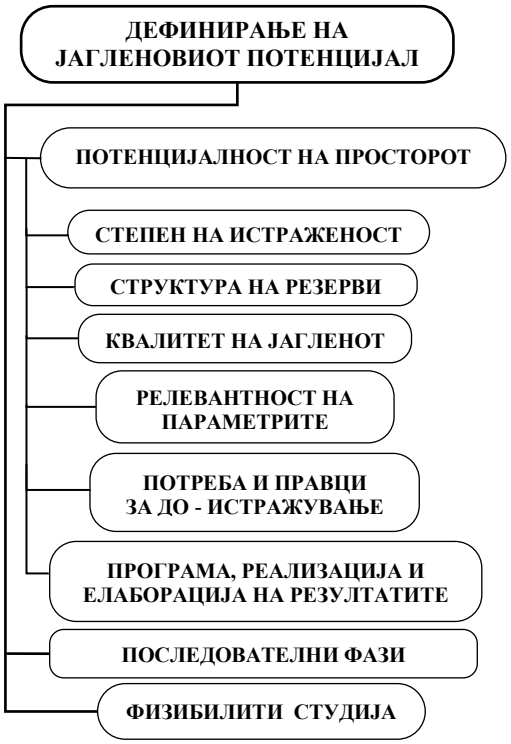
Од посебен интерес за јагленовиот потенцијал на РМ е категоријата на потенцијални резерви, кои при именуваниот статус само нудат а не гарантираат реални можности за било какви проекции. Од таа причина, а со намера да се определи нивниот карактер, неминовна е потребата од селектирање на потенцијалните простори и реализација на поедини фази и стадиумите на проспекција и истражување.

Респектирајќи го доменот на стекнатите резултати и информации, при постигнатиот степен на истраженост на поедини басени во РМ, несомнено следи констатацијата дека носители на јагленоста се неогените седиментни комплекси:

- миоценскиот (Скопски басен) и
- плиоценскиот комплекс (Пелагониски, Мариовски, Кичевски, Преспански и Струшки басен).

Но, покрај споменатите, утврдената јагленост во палеогените комплекси во Р.Бугарија, отвора простор за нивно истражување и во Делчевско - Пехчевско и Беровскиот басен.

Резимето од досега скромниот фонд на реализираните регионални проспекции, за индицирање на јагленосноста во поедини басени, упатува на констатација дека истите не биле во функција на соодветен методолошки пристап на истражување. Од таа причина, неминовно се наметнува потребата од поставување и почитување на определен модалитет за истражување (Сл.4), (особено во потенцијалните простори), во кои ќе бидат интегрирани основните принципи на истражување (постапност, целосност, рамномерност и економичност).



Сл.4 - Модалитетен пристап кон истражување

Од аспект на досегашниот интерес и вложувања за истражување на потенцијалните резерви на јаглен, единствено проспекцијата, реализирана во дел од Битолското Поле на Пелагонискиот басен (со истражна квадратна мрежа од 2,4km x 2,4km), можи да се оцени како издржан концепт при кој се пресметани потенцијални геолошки резерви од сса $2x10^9$ тони јаглен. Големината на просторот, растојанието на поставената истражна мрежа, релативната длабина (од 100-400m) на констатираната стратиграфска позиција на јагленовата продуктивна формација ја условува потребата од соодветна анализа на добиените резултати и селективен пристап во планирањето на идните актив-ности.

Честата апроксимација при распределбата на констатираните резерви на јаглен во стратегиски цели, покажува дека истите во голема мера се релативизираат. Од аспект на терминолошката дефинираност, поимот **резерви** треба да се сфати како квантитативна вредносна детерминација, која ги условува и ги определува можните: тековни и развојни потреби и проекции. Нивната квантитативна интерпретација, калкулација и распределба не смее да се изведува без да се има сознание за специфичностите на поедини структури и категории на резерви, компарирани преку вреднувани економски критериуми за нивната можна валоризација, која во крајната фаза треба да се изрази со оптимален годишен капацитет на експлотација. Во спротивно, резервите ќе бидат поставени во рамка без адекватна реална вредносна дефинираност, со што истите ќе добијат и несоодветна респективност.

- **Нафта и природен гас**

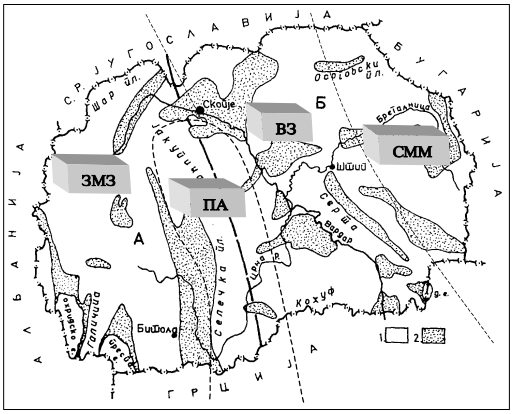
Поставувањето на концепт за проценка на територијата на РМ, од аспект на нејзината потенцијалност, за постоење на одреден тип на наоѓалишта на нафта и природен гас, мора да се гради врз условно зависни релации на односите кои ги детерминираат: геолошките, геотектонските и генетските предиспозиции на присутните регионални структури.

Високиот финансиски ризик, при реализацијата на фундаменталните истражувања ја наметнува обврската за претходно креирање на издржан комплексен мултидисциплинарен пристап кон истражувањата. При тоа, во доменот на неговата поставеност, приоритет треба да имаат морфоструктурните специфичности на територијата на РМ, индикациите од скромниот фонд на досегашните истражувања и резултатите од целните истражувања реализирани во соседните земји (Албанија, Грција и Србија).

Во рамките на покажаниот интерес за истражувања на нафта и природен гас во РМ, неопходно е преку сублимирање на сите констатации да се анимира и инволвира стручната јавност, за нејзин придонес кон креирањето, пред сé на оправдан и издржан методолошки концепт на истражување, корегиран или верифициран со резултатите од секоја наредна фаза или применета метода.

- **Морфоструктурни карактеристики**

Геотектонскиот развој на територијата на РМ, под влијание на големиот број на настанати тектогенези (Греневилска, Бајкалска, Херцинска, Кимеријска и Алписка), условил сложена геолошка и морфо-струкурна градба.



Сл.5-Морфоструктурна реонизација на РМ

А- регион на Западна Македонија; Б- регион на Централна и Источна Македонија, 1- морфоструктури на издигање, 2- морфоструктури на тонење; ЗМЗ - Западно македонска зона, ПА - Пелагониски антиклинориум, ВЗ- Вардарска зона, СММ - Српско-Македонска маса

Тие, преку своите активности, одиграле пресудна улога во настанувањето на неколку маргинални регионални геотектонски единици (Западно-македонската зона, Пелагонискиот антиклинориум, Вардарската зона, српско-македонската маса), (Сл.5), и во формирањето на повеќе металогенетски провинции. Нивната генеза, динамика и интензитет, во настанатите депресии, предизвикале рефлексии врз појавата и развојот на поедини седиментациони циклуси, условувајќи формирање на хетероген литолошки состав.

Интересот за проспекција на поедини простори за утврдување на нивната потенцијалност од постоење на наоѓалишта на нафта и природен гас, бил иницран уште во периодот на изработка, на Основните геолошки карти на РМ (во 1: 200.000 и 1: 100.000), а како причини се наведуваат индикациите стекнати со применетите методи на геофизичките истражувања (гравиметриска, аеромагнетометриска, геоелектрична, сеизмичка), [5]. При тоа, во еден временски дисконтинуитет, во периодот од 1954-1970, (Табела 2) и во две временски фази (првата од 1954-1955 и втората од 1967-1970), на поедини локации од Овчеполскиот и Тиквешкиот басен (како интегрални сегменти од регионалната геотектонска единица Вардарска зона), изведени се наменски истражни дупнатини.

Врз реализацијата на специфицираните дупнатини (во периодот 1965-66) ѝ претходеле активности (длабока сеизмика и седиментолошки испитувања) кои овозможиле изработка на геолошка, фотогеолошка и гравиметриска карта, карта на магнетни аномалии.

Констатациите кои се резиме на добиените резултати покажале дека:

- Овчеполскиот басен е плиток и без услови за создавање на наоѓалишта на нафта и природен гас, додека,
- Тиквешкиот терциерен басен, како депресија со гравиметриски минимум и длабина поголема од 3000m. претставува потенцијален простор за реализација на длабоки истражни дупнатини. Имено, изведената дупнатина КР-1 со длабина од 2703m, (Табела 2), завршила во еоценски конгломерати со регистрирани индикации на земен гас.

Изведените констатации, во *Синтетизираната геолошка студија за нафтените перспективи на Македонија*, [4], укажуваат дека палеогените седиментни комплекси, во долната серија на средниот еоцен во Брусник и во горниот олигоцен од Кратовско-Злетовската област, содржат генераторски карпести маси на јагленоводороди со многу добар нафтоносен потенцијал, за разлика од флишот на река Пчиња, од флишоидните олигоценски седименти во реонот на Брусник, Штип - Караорман, Аџибегово, Плешинци, Винница и во понтиските седименти кај Усје, каде се идентификувани слаби нафтоносни потенцијали. Појавите на метански гас во просторот на село Петровец, Скопско би биле од посебен интерес за продолжување на активностите за истражување.

Табела 2

Фаза	**Период на истражување**	**Басен**			
Прва	1954 - 1955	Овчеполски		Тиквешки	
		Локација			
		Лугунце		Кукуречани	
		Длабина на дупнатините [m']			
		825		1203	
Втора	1965 - 1970	Овчеполски		Тиквешки	
1* редослед на изведување		Локација, ознака и длабина на дупнатините			
		1*- западно од Св.Николе	3* - СИ од с.Ерѓелија	4* - СИ од Велес	2*-Курјачка Река
		СН-1=1289,4	ОП-1=1910	ТВ-1=1023	КР-1=2703

Од регионален аспект, а според теоријата за формирање на наоѓалишта на јагленоводороди, Вардарската зона ги има сите потенцијални предиспозиции за нивно настанување и акумулација. Но, градењето на определена теза треба да биде последица на комплексен сублимат од сите досегашни истражувања и нивните резултати, поставени и согледани во корелација со резултатите од истражувањата во Вардарската зона во Грција и сознанијата стекнати од Панонскиот басен, кој по своите геотектонски структури има голема сличност со Вардарската зона, а формираните наоѓалишта се лоцирани во неогените седиментни комплекси: миоцен и плиоцен.

Во плиоценските комплекси на Вардарската зона не се очекуваат позитивни индикации, со оглед на неговиот генетски карактер на настанување, во езерска средина и при буичен режим на седиментација. Меѓутоа, миоценските комплекси, во кои се сретнуваат и битуминозни литолошки членови имаат реална основа да имаат третман на потенцијални. Особено миоценскиот комплекс во Злетовскиот регион и Овчеполскиот басен, (каде стратиграфски, миоценот лежи под изливи на андезити, агломерати и туфови), потоа во синклиналата на Плешинце, источно од антиклиналата Барбарово, како и во делови на Скопскиот басен, каде се претпоставува дека битуменозните шкрилци се покриени со моќни наслаги на миоценскиот комплекс.

ЗАКЛУЧОК

Од индикациите за трендот на интересот и важноста на фосилните енергетски минерални суровини и нивните проекции, на глобално ниво, произлегува неминовноста од приоритетен државен пристап, кон модалитетите кои ќе овозможат реално согледување на нивната билансност и потенцијалност во РМакедонија. При тоа, неодложно се наметнува поставувањето и градењето на концепт, кој во позиција на национална стратегија би иницирал:

- реонизација на потенцијални простори за истражување на фосилни енергетски суровини, со реализација на фазни осмислени геолошки истражувања.

Во рамките на една ваква интенција треба да се имаат во обзир специфичностите во пристапот кон истражувањата на нафта и природен гас, чија реализација е условена со високи вложувања и високи ризици. Поради тоа, приодот кон операционализација на ваквата определба мора да биде проследен со мултидисциплинарен научен пристап, преку кој треба пред сé да се дефинираат геолошките предиспозиции на одреден простор, со крајна инстанца за носење на релевантна проценка за неговата потенцијалност.

Определбата за дефинирање и користење на сопствената минерално-суровинска база, несомнено ќе понуди подолгорочни позитивни економски рефлексии во севкупното живеење.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бундовски,Н.,Стојановски,А.,(1986) Програма за истражување на нафта и гас во СРМ (1986-1990), Геозавод и Совет за рударство-Скопје

2 Бундовски,Н., (1988) Програма за истражување на јагленоводороди (гас-метан) во Тиквешкиот терциерен басен. Геозавод-Скопје.

3 Група автори, (1971) Оценка на перспективноста за наоѓање на нафта и гас во СРМ. Нафта Гас, Нови Сад.

4 Група автори., (1973) Синтетизирана геолошка студија за нафтени перспективи на Македонија. Институт за истражувања и геолошки проектирања на нафта и гас, Букурешт.

5 Група автори, (1989) Документација за реинтерпретација на сеизмичките податоци (1988/89). Институт Геофизика, Белград.

6 Стефанова-Кочишка,Л., Ристиќ,J., Андреевски,Б., (1999) Истражувања на нафта и гас во Р Македонија, Земак, Меѓународен симпозиум, Производство и примена на нафтени деривати. Охрид.

ЖЕЛЕЗНО ТИТАНСКА МИНЕРАЛИЗАЦИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ ВО ПЕЛАГОНСКИОТ МАСИВ

Орце Спасовски
Факултет за рудсрство, геологија и политехника Штип
orce.spasovski@ugd.com.mk

Абстракт

Со најновите лабораториски испитувања (претежно рудномикро-скопски а делумно и на електронска микросонда) даден е прилог кон продлабочување на информациите поврзани за особините на главните минерали во рудните парагенези. Со овие испитувања за прв пат се одредени најзначјните типови на структури на рудите со што е одреден редоследот на создавањето на минералите во границите на одредена етапа на минерализацијата, како и поединте стадиуми и минерализациони фази. Во рамките на рудната појава Пештани се утврдени доста сложени парагенетски односи, во рамките на кои, врз основа на еволуцијата на процесите кои довеле до образување на минералите, можат да се издвојат неколку минерални парагенези и тоа: ликвидномагматска, метаморфна и супергена парагенеза.

Клучни зборови: рудна појава, структури, текстури, рудни минерали, илменит, рутил, Пештани

ВОВЕД

Рудната појавата Пештани се наоѓа на 2.5 км. СЗ од село Дуње, односно на оддалеченост од 12 км. ЈИ од Прилеп. Во рамките на една маса на амфиболски карпи во должина од 2,5 км и широчина од 300 до 350 метри е утврдена минерализација на рутил и илменит, како и уран и ториум.

Во проучувањето на геолошката градба и металогенетските карактеристики на појавите на рутил и илменит, како и на уран и ториум во околината на с. Пештани во изминатиот период зеле учество поголем број на истражувачи, меѓу кои посебно треба да се истакнат: Стојанов (1957), Калиќ (1958), Ристиќ (1965), Вујовиќ и Теофиловиќ (1969), Марков (1969), Манчев (1981), Лазаров и Серафимовски (1997). Од металогенетски аспект рудната појава Пештани најкомплексно е обработена од страна на Спасовски (2001).

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз основа на геолошките истражување е утврдено дека теренот воглавно е изграден од амфиболски карпи, додека мусковитските и дволискунските гнајсеви и гранити се јавуваат по периферните делови на амфиболските карпи. На овој дел од теренот се откриени и радиоактивни гнајсеви, дволискунски и биотитски, како и мусковитски шкрилци, амфиболити и пироксенски шкрилци (*сл. 1*).

Дволискунските и биотитските гнајсеви генетски се поврзани за порфироидните гранодиорити и претставуваат тип на метасоматски гнајсеви. Настанале како резултат на калиската бластеза, која по Менхерт се јавува во околните карпи на гранодиоритските тела. Овие карпи се врзани за периферните делови на амфиболитската серија, во зоната на пироксенско - биотитските шкрилци.

Во рамките на крупнозрнестите амфиболити, гнајсеви се констатирани само на неколку места. Се јавуваат во вид на прослојќи и леќи, ретко во вид на мали жици. Нивната дебелина е мала и се движи од неколку см. до 1.5 метри, но со многубројни прослојќи со дебелина од 0.4 метри. На теренот се забележуваат многубројни блокови и парчиња на овие карпи кои порано се сметале за откриени делови на жиците. Тие претставуваат средно до ситнозрнести карпи со променливи содржини на албит, кварц и биотит, додека како споредни минерали се јавуваат сфен, циркон, гранат, апатит, епидот, цоизит и бетафит.

Во поглед на хемискиот состав тие одговараат на алкалните гранити. Калискиот фелдспат е претставен со микроклин, развиен во вид на ситни зрна и порфиробласти. Застапеноста, големината и идиоморфизмот на порфиробластите директно зависи од близината на телата со порфироидниот гранодиорит. Во приконтактните делови микроклинот е мошне застапен со крупни и идиоморфно развиени кристали, додека со оддалечувањето од контактот, кристалите се поретки, ситни и имаат окцеста форма. Плагиокласите се присутни со интензивно сосиритизирана зона на албит и олигокласи.

Мусковитските шкрилци се јавуваат во ободната амфиболска зона, ретко во пироксенско-биотитските шкрилци. Дебелината на овие карпи не поминува 0.6 метри, а по протегање се прати до 40 метри. Често брзо исклинуваат, понекогаш и на 1 метар. Најзначајни минерали се кварц и мусковит а од фелдспатите се јавува албит. Содржината на мусковитот е променлива, додека биотитот се јавува доста ретко. Од второстепените минерали се јавуваат циркон, епидот, цоизит, аланит, сфен, рутил, бетафит, гранат и апатит. Мусковитските шкрилци се лискунски тип настанати со метасоматоза и регенерација на поедини прослојќи на некогашните шкрилци.

Амфиболитите и пироксенските шкрилци се јавуваат релативно остро издвоено во вид на издолжени траки внатре во гнајсната серија. Амфиболитите се темнозелени карпи со присуство на розова нијанса, која доаѓа како резултат на присуството на гранат. Изградени се од амфибол, гранат, пироксен, епидот и во помали количини кварц, плагиоклас, рутил и сфен.

Во рамките на амфиболската зона можат да се издвојат две зони и тоа:

- **пироксенско биотитска,**
- **крупнозрнести амфиболити.**

Во рамките на **пироксенско - биотитската зона** се издвојуваат неколку типови на шкрилци и тоа: биотитско-пироксенски шкрилци со гранат, пироксенско-биотитски шкрилци со амфибол без гранати и пироксенско-амфиболски шкрилци без биотит. Во овие карпи како главни минерали се јавуваат: аугит, егирин-аугит, биотит или амфибол. Во целина земено амфиболот, кварцот и фелдспатот се јавуваат во мали и променливи количини. Од второстепените минерали се јавуваат сфен, епидот, циркон, апатит и метални минерали.

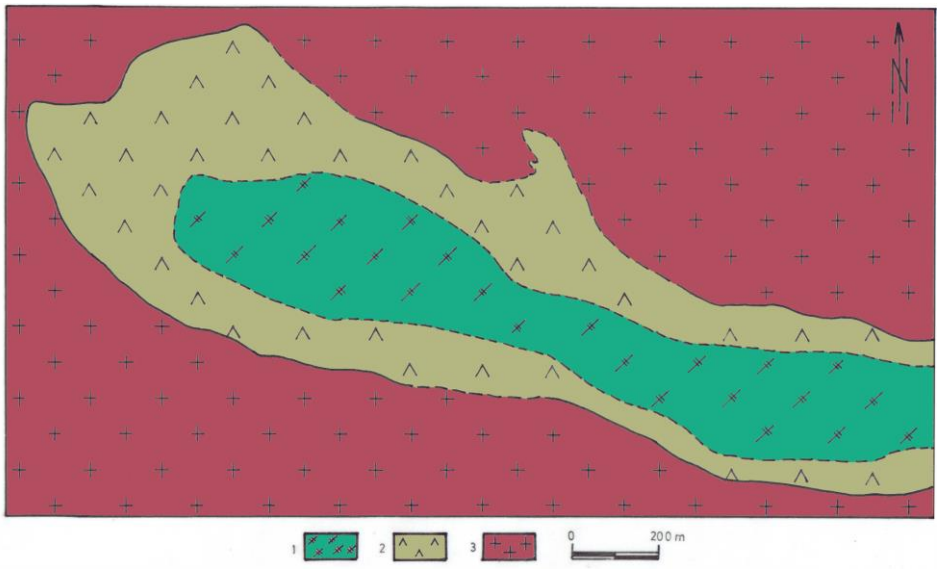
Овие карпи се јавуваат во различни делови на амфиболитските маси. Истите се одликуваат со зголемено присутво на пироксен, мусковит и кварц, како и одсуство на рудни минерали и знатно намалено присуство на гранати.

Освен амфиболитите и пироксенските шкрилци во оваа маса се јавуваат и партии на еклогити.

Крупнозрнестите амфиболити се масивни ретко шкрилести карпи, со темнозелена боја. Застапени се нормални амфиболити кои со зголемување на содржината на гранатот поминуваат во амфиболити со гранат, а со зголемување на содржината на апатитот во амфиболити со апатит. Актинолитско-тремолитските шкрилци се поретки и се јавуваат во

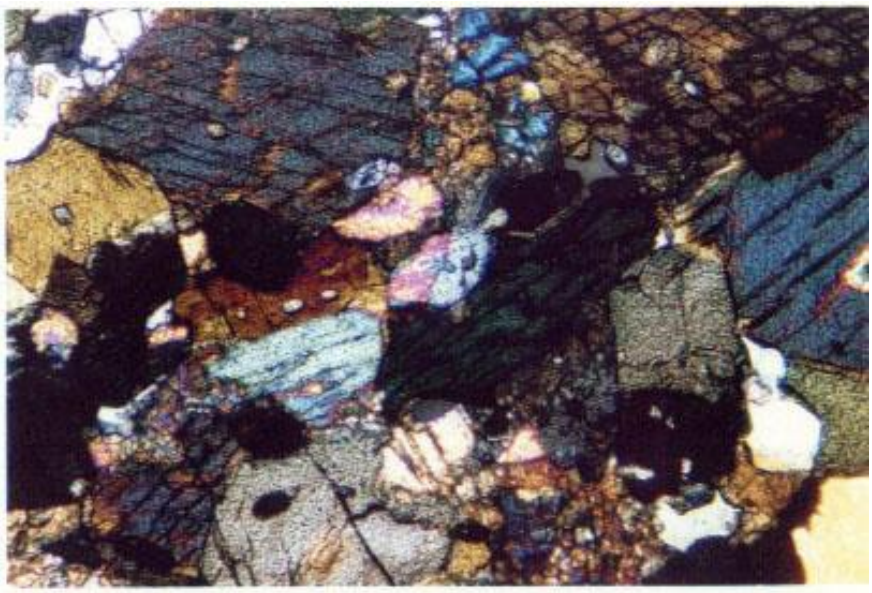
вид на прослојќи во крупнозрнестите амфиболити и во пироксенско-биотитските шкрилци.

Во минералниот состав на амфиболитите како главни минерали се јавуваат амфибол, променливи количини на пироксен и гранат (*сл. 2)*. Содржината на кварцот и фелдспатот (албит - ретко микроклин) е многу променлива. Споредни минерали се јавуваат апатит, сфен, рутил, епидот и метални минерали. Амфиболско - пироксенските карпи делумно или во целина се од орто потекло. Со покасните метасоматски процеси тие помалку или повеќе се метасоматски променети и регенерирани.



Сл. 1. Шематска геолошка карта на рудната појава Пештани (Манчев, 1981)
1. Биотит-пироксенски шкрилци, 2. амфиболит со епидот и гранати, 3. гнајсеви.

Во рамките на амфиболитите се констатирани и рудни минерали претставени со циркон, бетафит, аланит, пиротин, магнетит, илменит, пентландит, пирит, сфалерит, галенит, халкопирит, марказит и лимонит.



Сл. 2. *Микрофотографија на епидот - гранатски амфиболит од рудната појава Пештани (вкрстени николи), Зг. 12.5х.*

Испитувањата на амфиболските карпи покажува дека во нив може да се јават зголемени концентрации на ниобиум и цирконium, но секогаш во близина на контактот со околните лискунски гнајсеви.

ПРЕГЛЕД НА ПОЗНАЧАЈНИТЕ МИНЕРАЛИ

Врз основа на досегашните испитувања, на кои се надоврзуваат и испитувањата извршени од наша страна, во рамките на рудната појава Пештани се констатирани поголем број на рудни минерали од кои поголем дел имаат само минералошко значење.

Од целиот простор на рудната појава Пештани - Прилепско изработени се неколку рудни препарати со цел да се одреди минералната парагенеза. При прегледот рудните препарати констатирана е следната минерална парегенеза: *гранат, рутил, сфен, илменит, пиротин, халкопирит, пирит, лимонит, ковелин, халкозин, магнетит, пентландит, самородно злато, циркон, титаномагнетит и мартит.* Корисните компоненти обично се јавуваат во импрегнации, или поголеми или помали агрегати.

Најзастапени рудни минерали се рутилот, илменитот и сфенот најчесто придружувани со магнетит, титаномагнетит, мартит, лимонит, хематит, пирит, пиротин, халкопирит, а сосема ретко и со халкозин, ковелин, пентландит и самородно злато.

Илменитот најчесто се јавува во вид на неправилни агрегати кои заедно со рутилот екстензивно ја импрегнираат основата нерудна маса (*сл. 3б*). Се одликува со хомогени површини, ретко во нив сретнуваме ситни издвојувања на хематит (структури на распад на цврст раствор). Често во илменитските зрна сретнуваме капковидни издвојувања на пиротин со различни димензии. Илменитот често настапува и во вид на кокардасти структури, т.е. имаме присуство на ореоли од рутил и сфен околу илменитот.

Рутилот е најзастапен руден минерал и во основа тој го сочинува железно-титанското оруднување. Настапува во вид на поголеми или зрна со средна големина и со неправилен облик. Многу често околу рутилот, сфенот прави ореоли-кокардаста структура, што укажува дек првобитно сме имале кристализација на илменит, потоа се повлекува Fe и се формира рутил, а на крајот се создава сфен, а железото потполно се повлекува (*сл. 3 в*).

Титаномагнетит и магнетит - Пред почетокот на кристализацијата на илменитот, рутилот и сфенот, се создаваат мали количини на титаномагнетит, кои остануваат како такви без одместување на компонентата $FeTiO_3$ од цврстиот раствор во посебна фаза.

Со ист ред на величина, како и титаномагнетитот е застапен и магнетитот кој е мартитизиран. Процесот на создавањето на железно-титанските минерали одел по една линија на повлекување на железото и зголемување на содржините на титанот во железно-титановите минерали.

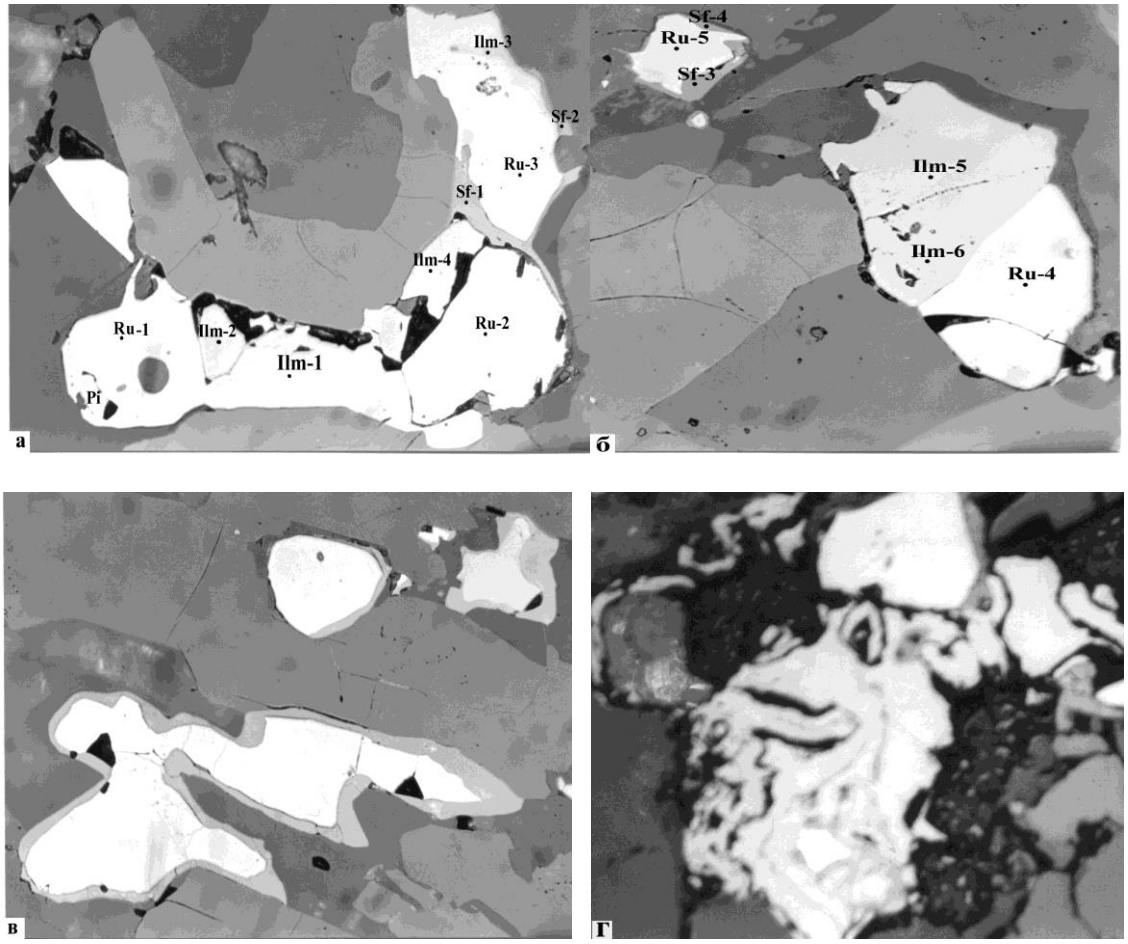
Хематитот е малку застапен и се јавува во вид на ситни идиоморфни игличести форми во рамките на петрогените минерали. Многу ретко сретнуваме ситни издвојувања на хематит во илменит. Некои магнетитски зрна се зафатени со слаба мартитизација која оди од периферијата кон средишните делови.

Пиритот е чест руден минерал, но се јавува во сосема мали количини. Често се сретнува како инклузии во магнетитот во вид на мали и неправилни зрна или пак е неравномерно распореден во основата амфиболитските карпи. Спрема начинот на појавувањето и односот кон другите минерали, пиритот веројатно претставува еден од најрано создадените минерали. Најчесто оди во парагенеза

со илменитот и магнетитот. Многу ретко го сретнуваме како свеж, најчесто е зафатен со процесот на заменување и негово поминување во лимонит. Кај некои пиритски зрна е извршено потполно заменување и при тоа се останати само формите на примарните пиритски зрна. Но се јавуваат и зрна на пирит кај кои процесот на заменувањето не е потполно завршен и при тоа во средишните делови сретнуваме реликти на примарните пиритски зрна.

Пиротинот количински е малку застапен и има големо значење за објаснувањето на генезата на овие комплексни оруднувања. Се појавува во вид на капковидни издвојувања во магнетитот, титаномагнетитот и илменитот или пак во рамките на петрогените минерали. Спрема начинот на кој се појавуваат и меѓусебните односи со главните рудни минерали, овие пиротински инклузии најверојатно се претставници на магматската сулфидна фаза која предходела на главното оруднување.

Халкопиритот е чест минерал, меѓутоа количински е малку застапен. Најчесто се јавува во алотриоморфни зрна и ретко како хипидиоморфен. Тој се јавува во асоцијација со пиритот или пиротинот, меѓутоа се појавуваат посебни халкопиритски зрна.



Сл. 3. *Микроморфолошки облици и начин на појавување на главните рудни минерали од рудната појава Пештани*

а) Хипидиоморфни зрна на рутил (бело), алотриоморфни зрна на илменит (сиво), пиротин вклопен во рутил (сиво бело) и сфен развиен по периферијата на рутилот (кафеаво); б) Крупно алотриоморфно зрно на илменит (сиво) и крупно алотриоморфно зрно на рутил (бело) и сфен развиен по периферијата на хипидиоморфно зрно на рутил (кафеаво); в) Кокардаста структура : Крупни и алотриоморфни зрна на рутил (бело) по периферијата развиен сфен (кафеаво); г) Халкопирит (бело) како реликт во лимонит (сиво), хипидиоморфни и алотриоморфни зрна на рутил (бело).

Лимонитот е најчест секундарен минерал кој ги заполнува поедини пукнатини и прслини во карпите или пак се јавува како псеудоморфози по пиритот (*сл. 3г*). Најчесто се јавува како алотриоморфно зрнест со различни големини, а понекогаш може да се појави и во субмикроскопски димензии.

Останатите рудни минерали во испитуваната рудна појава се јавуваат во сосема мали количини, големината на зрната е мала и нивното испитување бара поголем број на примероци и секако посовремени и пообемни лабораториски испитувања.

ТЕКСТУРИ И СТРУКТУРИ НА РУДИТЕ

Структурно-текстурните карактеристики на рудата во рамките на рудната појава Пештани се сосема малку проучени. Податоци за структурно-текстурните карактеристики можат да се најдат во работите на Иванов и Јашмаковски (1989) и Манчев (1981). Со нашите испитувања, воглавно рудномикроскопски е направен обид да се даде подетален опис на структурите и текстурите на рудата во рамките на спомнатата рудна појава. Врз основа на малиот број на прегледани рудни препарати можат да се издвојат следните текстури:

Импреганациона текстура - Корисните компоненти обично се јавуваат во импрегнации и тоа или во расеани самостојни алотриоморфни зрна (рутил, илменит, магнетит, пиротин, халкопирит, пирит) или пак во поголеми или помали агрегати на рутил+илменит, здружени, но не и прораснати.

Тракаста текстура се одликува со натрупување на титановите минерали настанати со брзо сменување на еутектикумот или со епигенетскиот метаморфизам за време на кој се создадени значајни количини на гранат и други метаморфни минерали на поранешните габроиди, а титановите минерали се притиснати и обогатени во посебни траки.

Кокардаста структура - Во повеќето случаи околу рутилот сфенот прави ореоли-кокардаста структура покажувајќи дека првобитно сме имале кристализација на илменит и со повлекувањето на железото се формирал рутилот, кој потоа е обиколен со сфен (*сл. 3 в*).

Реликтни структури се карактеризираат со присуство на остатоци на сулфиди, најчесто од пирит кој е заменуван од покасно создаваниот лимонит. Овој тип на структура најчесто настанува при супергени услови.

Структурата на заменување доведува до создавање на нов минерал или минерален агрегат кој го наследува обликот и градбата на заменетиот минерал, односно минерален агрегат.

Со *псеудоморфното заменување* понекогаш потполно се губи примарната текстура и структура на минералниот агрегат и минералното зрно, а понекогаш новонастанатиот минерал ги наследува структурно текстурните особини на постариот минерал. Како пример за структури на псеудоморфно заменување претставуваат заменувањата на притот со лимонит, кое се врши од периферните делови кон средината (*сл. 3г*). Границите помеѓу пиритот и новонастанатиот лимонит се доста искривени и назабени.

Корозиони структури - Во процесот на кристализацијата некои рано образувани минерали, се непостојани во новонастанатите физичко-хемиски услови, взаемно реагираат со рудните раствори, често се нагризуваат-кородираат, така да на

нивно место се образуваат нови минерали. Границите помеѓу минералните зрна тогаш се неравни "назабени".
Корозијата е карактеристична за магнетитот кој е заменуван со хематит (мартит) вдолж правците на цепливоста. Кај некои магнетитски зрна корозионото заменување е со поголем интензитет и во таквите случаи со формираат решеткасти структури.

ГЕНЕТСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Рудното тело има облик на издолжена трака долга околу 2.5 км. и широка 500 метри. Истото јасно се истакнува од околните карпи и има остра граница. Рудното тело е настанато во процесот на кристализационата диференцијација во рамките на интрузивните карпи од базичен и ултрабазичен состав (пироксенски габрови).
Во процесот на диференцијацијата и кристализацијата на магмата можно е да се издвојат неколку етапи. Во првата фаза доаѓа до одвојување на силикатните минерали од растопот, додека магнетитот, рутилот и илменитот се издвојуваат само како акцесорни минерали. Во процесот на кристализационата диференцијација доаѓа до создавање на остатокот на растопот обогатен со компоненти кои во предходната фаза на диференцијацијата на магмата не се издвоиле во вид на цврста фаза, односно рудните минерали на железото и титанот, делумно ванадиум и некои лесно испарливи елементи.
На издвојувањето на главните рудни минерали најверојатно и предходи многу слабо изразена ликвидно магматска сулфудна фаза претставена со пирит, пиротин и халкопирит и пентландит. Овде само реликтно и ретко се запазени ликвациони капки на пиротин-халкопирит-пентландит што зборува на рудиментно развиен процес на ликвација, но укажува на тоа дека наоѓалиштето е магматско, накнадно метаморфисано.
Помасивни акумулати на рутил и илменит, барем не во просторот кој ни беше достапен за проучување не се сретнуваат, односно титановите минерали се расеани-"импрегнирани" во амфиболитските карпи со местимично појавување на пегаста и тракаста текстура.
Натрупувањето на титановите минерали во тракасти текстури може да се објасни со брзото сменување на еутектикумот или со епигенетскиот метаморфизам за време на кои се создадени значајни количини на гранат и други метаморфни минерали на поранешните габроиди, а титановите минерали се притиснати и обогатени во посебни траки. Ова е чест случај кај титановите наоѓалишта во кои кристалестите комплекси претрпеле епигенетски метаморфизам.
Присуството на халкозинот и ковелинот како егзогени творевини кои се формирани околу халкопиритот во вид на ореоли, како и накнадно создадениот лимонит по сулфидите (пирит и халкопирит) во кој сретнуваат реликти од истите сулфидни минерали, укажува дека во некои делови имало големо присусво на сулфиди.
Од изнесениот карток преглед за постанокот на појавата на рутил и илменит Пештани може да се каже дека истата претставува продукт на кристализациона диференцијација не една базична магма на која и предходела многу слабо изразена ликвидно магматска сулфидна фаза. Појавата е зафатена со метаморфни промени кога имаме создавање на гранат и други метаморфни промени, додека титановите минерали се притиснати и обогатени во посебни траки. Исто така појавите се зафатени и со егзогени процеси и при тоа примарните сулфиди се трансформирани во секундарни минерали (халкозин, ковелин и лимонит).

ЗАКЛУЧОК

Теренот воглавно е изграден од амфиболски карпи, мусковитски и дволискунски гнајсеви и гранити во периферните делови на амфиболските карпи, мусковитски шкрилци, амфиболити и пироксенски шкрилци.

При прегледот рудните препарати констатирана е следната минерална парегенеза: гранат, рутил, сфен, илменит, пиротин, халкопирит, пирит, лимонит, ковелин, халкозин, магнетит, пентландит, самородно злато, циркон, титаномагнетит и мартит.

Илменитот покажува постојан хемиски состав и во него некои елементи покажуваат постојано концентрирање, некои елементи повремено се појавуваат, додека одредена група на елементи воопште не се концентрираат.

Се издвојат следните текстури и структури: импреганациона, тракаста, кокардаста структура, реликтна стриктура, структура на заменување, структура на псеудоморфно заменувања и корозиона структура.

Рудната појава Пештани претставува продукт на кристализациона диференцијација не една базична магма на која и предходела многу слабо изразена ликвидно магматска сулфидна фаза. Појавата е зафатена со метаморфни промени кога имаме создавање на гранат и други метаморфни промени, додека титановите минерали се притиснати и обогатени во посебни траки. Исто така појавите се зафатени и со егзогени процеси и при тоа примарните сулфиди се трансформирани во секундарни минерали (халкозин, ковелин и лимонит).

ЛИТЕРАТУРА

Ivanov, T., Markov., S., 1975: Potencijali titana i mogucnost njihovog koriscenja kao faktor dugorocnog razvoja privrede SFRJ - titan Jugoslavije. Savetovanje u Splitu.

Лазаров, П., Серафимовски, Т., 1997: Наоѓалишта и појави на енергетски суровини во Република Македонија. Унив. “Св. Кирил и Методиј”, Скопје, Пос. изд. бр. 6, Штип, 370 стр.

Манчев, Р., и др. 1981 : Извештај за проспекциските истражни работи на рутил од локалностите Пониква-Кочанско и Пештани Прилепско. Стр. фонд на Геолошки завод Скопје.

Markov, C., 1969: Istrazivanje lezista titana na teritoriji SO Prilep i njene blize okoline. Fond strucne dokumentacije Geoinstituta, Beograd.

Стојанов, Р., 1957: Геолошки и петрогафски састав Селечке Планина. ФСД ЗНЗ, Београд.

Spasovski, O., 1993: Metalogenija rudne zone Mitrasinci-Istocna Makedonija. Magistarska teza, Beograd.

Спасовски, О., 2001: Типогенетски карактеристики на титаномагнетите во Република Македонија. Докторска дисертација, Штип. Унив. “Св. Кирил и Методиј”, Скопје.

Зарић, П., 1977: Типоморфне металогенетске карактеристике магнетита Југославије. Докторска дисертација. РГФ Београд.

Чвилёва, Т. Н., Безсмертная, М. М., Спиридонов, М., и др. 1988: Справочник-определитель рудны в минералов в отраженном свете. Изд. "Недра", Москва, 504 стр.

INTERPOLATION AND EXTRAPOLATION MODELS OF GOLD DISTRIBUTION IN THE WATER-CATCHMENT BASINS OF STRUMA AND MESTA RIVERS BASED ON PAN-CONCENTRATED STREAM-SEDIMENT SAMPLES

Oleg Vitov

"Acad. Ivan Kostov" Central Laboratory of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences, Acad. G. Bonchev str., bl. 107, 1113 Sofia, Bulgaria; vitov@abv.bg

Abstract

The paper represents interpolation and extrapolation double Fourier series models of gold distribution in Bulgaria and Republic of Macedonia. The data are 34 405 pan-concentrated stream-sediment samples taken at a density of 2.7 samples/km^2 within the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers in the Bulgarian territory comprising Pernik, Kyustendil and Blaboevgrad administrative districts. The minerals, which correlate positively and negatively with gold, and those which do not correlate are determined. The frequency of gold in the taken stream-sediment samples is assumed to be a probability for discovering/finding of gold in the area studied and contour maps of probability for discovering of gold are compiled using double Fourier series. The interpolation double Fourier series model shows that the probability distribution for discovering of gold has a stripe pattern as the highest probabilities are concentrated in three stripes named after the towns falling into the stripes as follows: Trun-Radomir-Dren, Treklyano-Kyustendil and Yakoruda-Goce Delchev. All known gold deposits, occurrences and indications fall into these stripes, which points to a good effectiveness of the model applied. The extrapolation double Fourier series model is applied for the territory of Republic of Macedonia. The grid of the model is a square one of 35 km^2 in area for each square. The parameters of the model are verified statistically and it is ascertained that the model is consistent with the data. The major harmonics of probability distribution of gold having indexes (2,2) includes 35% of gold and points to gold prospects in Northeastern and Southwestern Macedonia. Other harmonics of probability distribution of gold having indexes (3,2) concentrates 18% of gold and allows us to prognosticate gold deposits in Central Macedonia. The stripe pattern of gold distribution in Western Bulgaria and in Macedonia is attributed to a pronounced anomaly of Moho boundary in Central Balkan Peninsula.

Key words: gold, probability maps for discovering of gold, stream-sediment samples, Bulgaria, Republic of Macedonia

INTRODUCTION

The purpose of present study is to point regularities of gold distribution in the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers comprising the territories of Pernik, Kyustendil and Blagoevgrad administrative districts in Bulgaria. These districts border with the territory of Republic of Macedonia, which allows us to make extrapolation model of gold distribution in the territory of Republic of Macedonia. The study presented herein is based on pan-concentrated stream-sediment samples and has a preliminary character. We hope it could help for future joint works of geologists from Bulgaria and Republic of Macedonia. In the present paper an attempt for synthesis of the pan-concentrated stream-sediment surveys carried out in a 50-year period (S. Tonev, 1947 – first pan-concentrated stream-sediment survey in the region of the town of Trun, unpublished data) is made thus presenting the labour of hundreds Bulgarian prospectors. The results of stream-sediment surveys are useful for metallogenic prognoses (Dimitrov et al., 1996; Georgiev, Vitov, 2007; Vitov, 1996) and are a layer of the metallogenic maps (Dimitrov et al., 1994). They also correspond to the results from geophysical (Boykova, 2005) and geochemical (Vitov, Yamakov, 1995) studies.

METHOD

The minerals are natural chemical compounds of definite composition, structure and properties (Kostov, 1973). Topographical mineralogy studies regularities of formation and distribution of minerals and mineral associations in geological systems of different scale and structural levels. The main method of topomineralogical study is mineralogical mapping as the oldest and most elaborated one is the stream-sediment surveying (Yushkin, 1982). Stream-sediment samples are a concentrate of heavy minerals taken from alluvial sediments (natural concentrate, Kiryazova, Iliev, 1974).

Stream-sediment data in known papers, monographs (Ozerov, 1959; Kiryazova, Iliev, 1974), guides (Icikson, 1953) and geological reports (National Geofund) are addressed to sampling points (presence of minerals and their concentrations) and are interpreted as points of halos of mechanical dispersion (an area of Earth surface on which a definite mineral or minerals is/are distributed). At work at big scale the stream-sediment indicative map is labour-consuming and not informative, what requires a modification of form of presentation by tapes (Bakalov, 1977; Sochneva, Prokopchuk, 1976) or by maps of equal concentrations (Aizenshtadt, Roseeva, 1984). For detailed stream-sediment dividing and compiling of prognoses for prospecting for mineral resources it is assumed that the mineral composition of stream-sediment samples is a combination of mineral composition of many recovering each other halos of mechanical dispersion from the water-catchment basin of the sampling point (Vitov, 1992; Vitov, 1994). It is followed from this that the mappable area in the stream-sediment surveying is the water-catchment basin of the sampling point. When we have a lot of samples and draw up the water-catchment basins of all sampling points the water-catchment basin of the explored territory falls into many elementary areas named feeding areas. The mineral composition of a sample at this presentation of stream-sediment data is a result of mixing of minerals from different sources in different quantities. The data from stream-sediment surveying are formalized with numbers of taken samples; table with number of samples containing each mineral found; table with data for the samples: number of geological report, number of sample, next number of sample along the river current, mineral composition of each sample with concentrations of the containing minerals, outline of the feeding area. If an ore mineral is found in a given sample, the feeding area of this sample attains first-order significance (first-order prognosis) for prospecting for ore body, while the feeding province (the rest part of the water-catchment basin of the sampling point) has secondary importance (second-order prognosis). The concentration of a given mineral as well as the prospectivity of a given territory designate by colouring and rastering. At work at bigger scale (1:100 000 and bigger, Vitov, 2005) the explored territory divides into equal in size squares and the ratio of the number of samples containing a given mineral to the number of all taken samples calculates for each square. This ratio is the frequency of occurrence and has a sense of probability of finding/discovering of a given mineral in a given square with a confidence interval calculated by the formulae of Vuchev (1969). The information formalized in this way allows one to calculate the enough number of samples for attaining an acceptable accuracy as well as the enough number of samples needed for finding of a given mineral in one sample at least (Corn and Corn, 1977). In this sense the probability of finding/discovering of a given mineral could be referred to the whole explored territory independently of its outline, and the needed and enough number of samples to prospect for a given mineral could be planned as well as one could compare two or more territories in respect to their prospectivity for a given mineral resource.

The multitudes of recovering each other halos of mechanical dispersion of different age and origin form a continuous plain of probabilities for finding of a given mineral as the calculated probabilities are an average assessment of the probability referred to the geometric centre of the squares. Data of coordinates and probability values of the centers of squares are used for drawing up contour maps (of equal probabilities) by a chosen method (triangle method, cartographic programs, etc). The anomalies of this probability mineralogical field could be interpreted as areas of destruction of ore bodies or areas of accumulation of a given source mineral (placer deposit). The continuity of mineralogical field allows one to compile a mathematical model of mineral distribution in the explored territory as a sum of even and uneven functions, in particular by decomposition of the “signal” in double Fourier series (Davis, 1977) but a problem there is: the stream-sediment maps are drawn up at different scales by different authors and cover different requirements. In some cases the quality of pan-concentrating and misses in the mineral identification of the samples has an impact on the quality of stream-sediment maps. As a result of these circumstances the assembly map for some minerals contains numerous blanks and artificial contrasts in next areas. The compiled double Fourier series models (Davis, 1977) in these cases are not preservative and need some corrections of the model parameters to be done using a coefficient equal to the ratio between the sum of probabilities according to the data and

the sum of probabilities according to the model for the same squares. For an evaluation of the corrected model a correlation coefficient between the probabilities calculated from the data (by squares) and the calculated probabilities from the model should be obtained as well as analysis of the differences between the real probabilities and model ones should be made. When the model is representative at chosen critical range, the coefficient of linear correlation is statistically significant and the residuals have Normal (Gauss) distribution. The presentation of data on probability of finding of minerals in double Fourier series arranged by amplitude, phase and length of wave (vectors) allows the probability for discovering of a given mineral in areas without stream-sediment sampling (interpolation) and in areas outside the sampled area (extrapolation) to be calculated. Vector diagram of the model points to preferable directions and periodicities in the distribution of minerals. These periodicities originates from the property of Earth crust to destroys into blocks accordingly to the depth of interaction – the Earth crust-scaled faults have intervals of about 40-70 km; the shallow faults have intervals of about 1-4 km, whereas the intervals between the cracks in the rocks are about meters and centimeters. The decomposition of the probability data on different minerals in double Fourier series shows quick decreasing – the first several members of the row comprise 60-90% of the total sum of probabilities, which points to predominantly tectonic reasons for the particular distribution of minerals. The separation of dominant members of the double Fourier series in a separate layer allows one to evaluate the distribution of a given mineral in per cent in a definite field of tectonic stress (metallogenic epoch). Having in mind that every next tectonic cycle redistribute the matter, concentrated in a definite pattern in the previous cycles, it follows that we have the most intensive concentrations in the youngest processes, while the older processes participates with smaller share in the total concentrating. This peculiarity allows us to separate halos of dispersion of one tectono-magmatic cycle as well as to trace out the evolution in the development of Earth crust in a given area. The mineral associations divided from stream-sediment samples are a product of mixing of minerals from different sources in different quantities. As we have calculated the probability of presence/absence of a given mineral in a given sample (from the basic statistics) so after multiplication of these probabilities we will have the probability for realization of a concrete mineral composition. The absolute value of logarithm of this probability becomes informational significance of the sample (Yushkin, 1977) and represents its mineral diversity. The samples having high value are combination of minerals, which are rarely met because of their low stability under supergene conditions or are product of specific ore-forming process. They appear indicator of close nearness to the source of ore minerals. Conversely – samples having low value comprise stable, often met minerals, which form the mineralogical background of the sampled area and point to a remoteness of the source. Mineral anomalies having high values are indicators of ore zones under erosion, while these ones of low values are areas of accumulation and formation of placer deposits. Double Fourier series by this parameter point to areas of expected ore regions, knots and zones. The correlation between the samples is investigated applying Bernoulli test (Tonkov, 1984) for evaluation of the observed cases of simultaneously occurring minerals. Multiplying the probability for discovering of the first mineral by the probability for discovering of the second mineral we obtain the probability for simultaneous findings of both if they are randomly met together in the samples. This probability is enough for estimation of the sum of probabilities for all possible cases and for evaluation of the position of observed number of simultaneous findings. At very small sum of probability (in our case probability smaller than 0.001) it is assumed that the minerals are negative indicators: the appearance of one mineral points to the absence of other mineral in the sample. Conversely – at probability bigger than 0.999 it is assumed that the minerals are mutually connected and the finding of one mineral supposes that the other mineral also presents in the sample. At small probabilities for discovering of a given mineral as well in the cases of constancy of the product of number of samples by the probability for discovering of minerals the border case of the distribution of Bernoulli, the distribution of Poisson, is applicable. The result of this study is represented by a circular diagram “every versus every” and by a graph of expected relations between the minerals at chosen critical range. The sense of these relations is

phenomenological but very often functional explanations could be made – stable mineral associations of ore minerals; minerals of their transformation in the zone of supergenesis; zonality of ore deposits; associations of ore minerals and rock-forming minerals; similar behavior during hydrodynamical transport in the rivers (density; size and shape of mineral grains). When we analyze a given mineral we investigate the group of minerals which correlate with it as a sub-multitude. The relations revealed and the graph of relations point to a definite minerogenesis and expected medium of ore formation.

DATA

The studied territory of 12 700 km^2 includes the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers within the Bulgarian territory. It is sampled with 34 405 pan-concentrated stream-sediment samples with a density of 2.7 samples/km^2. The unsampled area is about 2 600 km^2. The stream-sediment surveys were carried out by map sheets at 1:25 000 scale (10x10 km) as the results are saved in geological reports as maps and as data base (number of geological report, map sheet, number of sample, number of next sample, mineral composition and concentrations of minerals) in the National Geofund (Vitov, 1995; Vitov, 2001). The data in the National Geofund are accessible and are used according to Ordinance of Ministry Council №253/20.09.2004 (Darjaven vestnik No 58/2004). For the present study the whole territory is divided into 1 027 squares each of about 12 km^2 in area.

RESULTS

Interpolation prognosis for prospecting for gold deposits

In Pernik, Kyustendil and Blagoevgrad administrative regions 34 405 pan-concentrated stream-sediment samples were taken and 63 minerals were found in them, which realize 581 significant correlations (Poisson test, $\alpha<0.001$). 36 minerals found have an equal or greater frequency of occurrence in this area in comparison with the country, what points to abundance of outcrops of ore bodies. The samples containing cinnabar, columbite, scheelite, barite, minerals of lead and titanium as well as zircon, xenotime and apatite predominate. Gold has a frequency close to the average one for the country. Minerals which correlate with gold are minerals of base metals deposits, products of their alteration, and rock-forming minerals (Table 1). The relations between them are result of superimposing in time of many processes of redistribution of gold in the studied area (fig. 1). Each line on the circular diagram points to a statistically significant relation in both ends in presence of gold in the samples. The presence of low-temperature (cinnabar), middle-temperature (galena) and high-temperature minerals (scheelite) in correlation with gold point to polygenetic character of gold mineralizations. On the other side, the relationship scheelite-cinnabar is an indicator of significant presence of fluorine in the hydrothermal solutions. Minerals which do not correlate with gold are ilmenite and titanite pointing to non-prospectivity for gold of rocks containing these minerals (Table 2).

Table 1. Minerals which correlate with gold (found in 3 301 stream-sediment samples from 34 405 taken ones, $\alpha\leq0.001$).

№	Mineral	м	a	λ
1	Cinnabar	574	153	55,07
2	Galena	1818	438	174,43
3	Cerussite	608	184	58,33
4	Anglesite	93	32	8,92
5	Vanadinite	27	9	2,59
6	Wulfenite	404	108	38,76
7	Pyromorphite	523	158	50,18
8	Massicot	87	38	8,35
9	Lead	706	208	67,74
10	Cuprite	36	17	3,45
11	Copper	32	14	3,07
12	Bismutite	3071	383	294,65
13	Arsenopyrite	259	82	24,85
14	Scheelite	8459	1108	811,60
15	Barite	7286	1175	699,06
16	Cassiterite	75	32	7,20
17	Wolframite	159	45	15,25
18	Molybdenite	159	32	15,25
19	Pyrolusite	181	50	17,37
20	Pyrite	5035	683	483,00
21	Marcasite	419	110	40,20
22	Martite	357	58	34,25
23	Rutile	9444	1005	906,10
24	Leucoxene	1309	335	125,59
25	Anatase	2398	369	230,08
26	Monazite	10145	1076	973,36
27	Xenotime	2381	289	228,45
28	Zircon	9791	1158	939,49
29	Garnet	876	117	84,05
30	Epidote	320	61	30,70
31	Corundum	599	96	57,47

m – number of pan-concentrated stream-sediment samples containing the respective mineral, a – observed number of pan-concentrated stream-sediment samples with simultaneous finding of gold and the respective mineral, λ - expected number of pan-concentrated stream-sediment samples if both minerals (gold and the respective mineral) are independent.

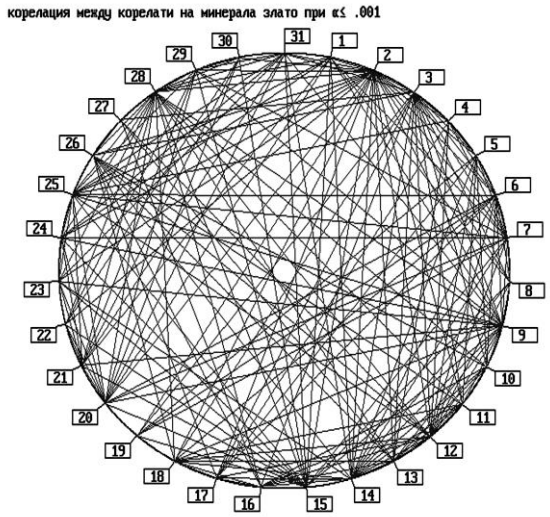


Fig. 1. Circular diagram of correlations between minerals indicating a presence of gold in the stream-sediment samples (numbers are the same as in Table 1).

Table 2. Minerals, which do not correlate with gold ($\alpha \leq 0.001$).

№	Минерал	м	а	λ
1	Илмените	7024	535	673,92
2	Титаните	10221	862	980,66

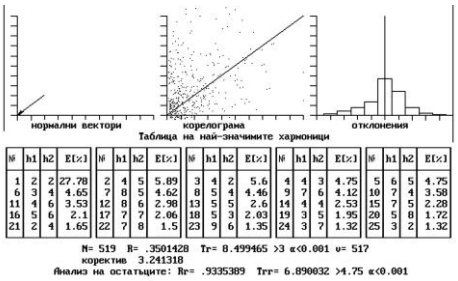


Fig. 2. Parameters of interpolation double Fourier series model of gold probability in the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers.

The drawn up contour map of probability for finding of gold in the stream-sediment samples (Fig. 3 - top) shows pronounced anomalies in three stripes named after the towns, which fall into the different stripes as follows: Trun-Radomir-Dren; Treklyano-Kyustendil and Yakoruda-Goce Delchev. The known gold deposits, occurrences and indications in the studied area are surrounded by halos of mechanical dispersion of gold but there are many halos without known sources of gold. Such anomalies of probability for finding of gold are observed in Osogovo base metals region, the region of the village of Teshevo, and in Ograzhden Mountain. To analyze these peculiarities an interpolation double Fourier series model of the probability for discovering of gold is compiled (Davis, 1977) (fig.2-bottom). The characteristics of model (statistically significant linear correlation between the model and the data; residuals of the difference between the model and data having average value equal to zero and Normal distribution) allow us to assume that gold is regularly distributed.

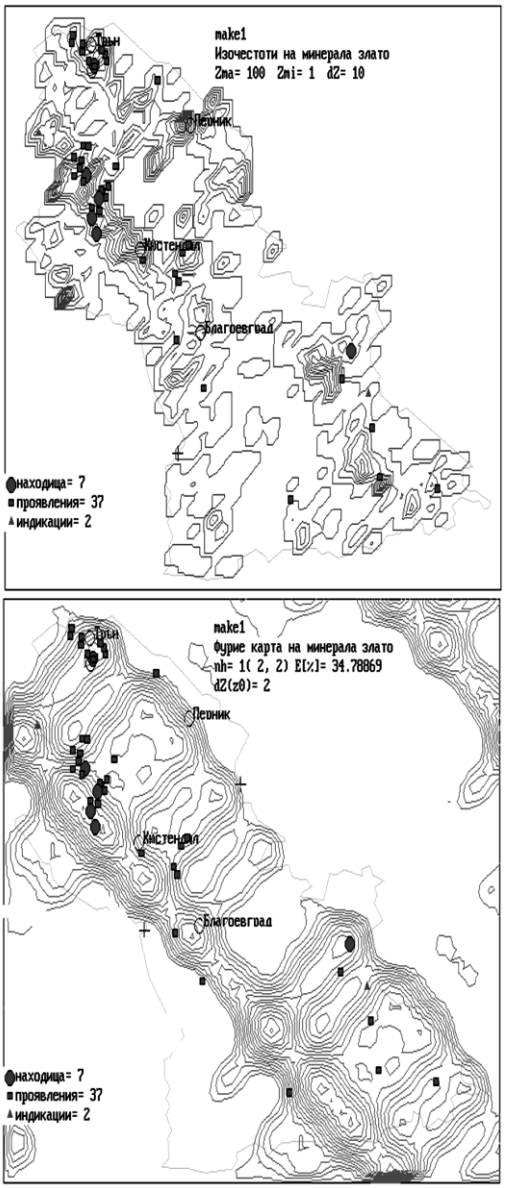


Fig. 3. Contour probability map for discovering of gold in the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers (top) and the most pronounced Fourier harmonics of gold probability distribution (bottom).

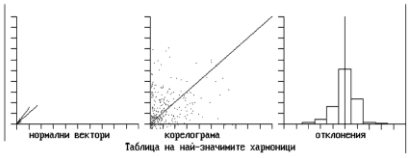
Double Fourier series modeling shows that 35% of gold is arranged in a stripe of 135° in strike and transversely (fig. 3 - bottom). All known deposits, occurrences and indications of gold fall into the prognosticated areas.

Extrapolation prognosis for prospecting for gold deposits within the territory of Republic of Macedonia

To prognosticate the gold distribution in Republic of Macedonia an extrapolation double Fourier series model based on data of gold distribution in the Pernik, Kyustendil and Blagoevgrad administrative districts is compiled (fig. 4, 5). The model operates with squares of about 35 km^2 in area as gold is "found" in 309 squares.

The model has significant linear correlation and Normal distribution of the residuals, which allows us to accept it as effective one. The effectiveness of the model is shown also after putting of the known gold deposits, occurrences and indications after Maznikov, 1997 – unpublished data and Bogoevskj, 1995 on the map of probability for discovering of gold in the stream-sediment samples and their consistency with the model distribution (fig. 5 - top).

Two systems of stripes of northwest-southeast direction are revealed. The first system having indexes (2,2) comprises the distribution of 35% of gold from the samples and is a prognosis for discovering of gold deposits in Northeastern and in Southwestern Macedonia (fig. 5-middle). The second system (3,2) comprises 18% of gold and is a prognosis for gold deposits in Central Macedonia (fig. 5-bottom). The rest harmonics have smaller intensity and are not considered herein.



№	h1	h2	E[z]	№	h1	h2	E[z]	№	h1	h2	E[z]	№	h1	h2	E[z]	№	h1	h2	E[z]
1	2	2	24.03	2	3	2	18.44	3	4	2	5.77	4	3	3	5.06	5	2	3	4.24
6	8	6	2.72	7	7	6	2.66	8	6	2	2.61	9	9	7	2.53	10	4	3	2.51
11	8	7	2.47	12	7	3	2.34	13	6	5	2.32	14	13	7	2.32	15	12	7	2.13
16	11	6	2.06	17	5	5	1.98	18	8	3	1.97	19	5	2	1.93	20	7	5	1.91
21	7	2	1.9	22	8	4	1.86	23	7	7	1.82	24	15	6	1.78	25	6	6	1.75

N= 309 R= .2900819 Tr= 5.311008 >3 α<0.001 υ= 307
коректив 3.222467
Анализ на остатъците: R= .9704002 Trr= 10.6311 >4.75 α<0.001

Fig. 4. Parameters of the extrapolation double Fourier series model of probability distribution of gold within the territory of Republic of Macedonia.

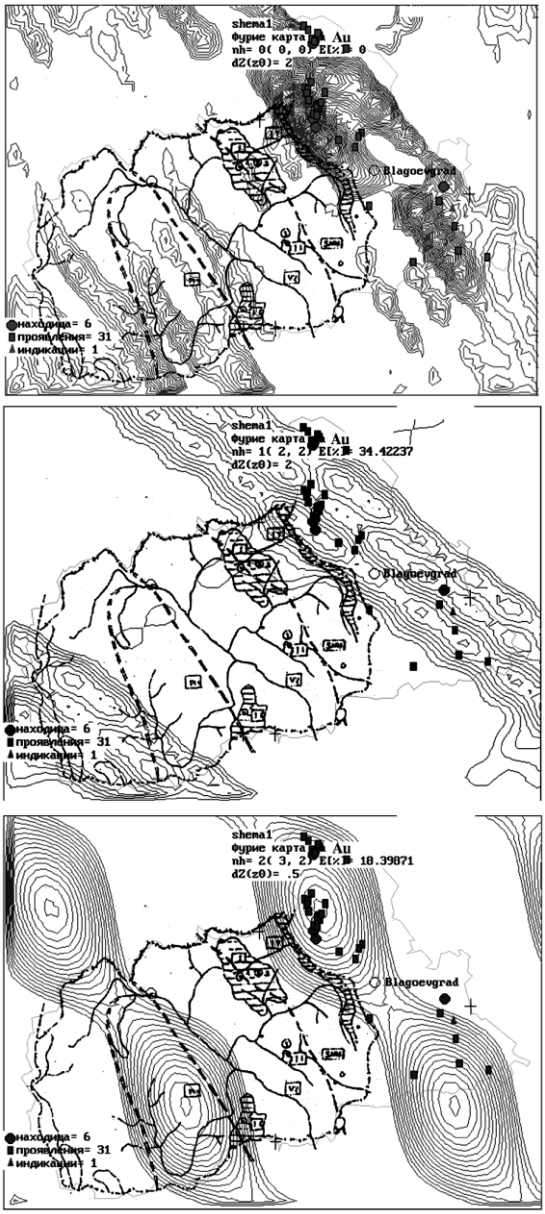


Fig. 5. Probability distribution of gold within the territory of Republic of Macedonia: double Fourier series model (top) and patterns of the most pronounced harmonics of the model: 2,2 in the middle and 3,2 in the bottom. Metallogenic dividing after Bogoevskj (1995).

DISSCUSION

Summarizings of data from the Osogovo region (Mankov et al., 1972), and from Kyustendil, Pernik and Blagoevgrad administrative districts (Vitov, 2005, 2006, 2007) showed the effectiveness of the methodics presented in this paper and the fitness of data for mineralogical dividing and pointing to prospects for mineral prospecting. The stream-sediment surveying of the area under study has good parameters for the chosen map scale. The ascertained sampling density of 2.7 stream-sediment samples/km^2 is acceptable for prospecting works (Icikson,

1953). On the other side, the increasing of sampling density near known ore regions, deposits and occurrences deform in some degree the real frequencies of minerals in the studied area. Considering that the knowing of minerals and mineral associations in the stream-sediment samples is fundamental for learning of mineral diversity it is follows that a new pan-concentrated stream-sediment survey should be designed and carried out in volume of about 40 000 stream-sediment samples with full mineral investigation. The mineral diversity of stream-sediment samples correlating with presence of gold shown in Table 1 as well as the circular diagram of correlations between minerals show the presence of low-temperature, middle- and high-temperature minerals, products of their transformation, and rock-forming minerals, all connected in complex system of relations, which are results of long-termed geological history of the area studied. Diagrams of such design are suitable for determination of indirect mineral indicators. The water-catchment basins of Struma and Mesta rivers within the Bulgarian territory lay in the Kraishtid structural zone and its neighbouring areas. Not discussing herein its structure-tectonic belonging it is ascertained that the probability for discovering of gold has highest values in the Trun-Radomir-Dren, Treklyano-Kyustendil-Vlahina planina and Yakoruda-Goce Delchev stripes as 34% of gold is arranged in two parallel stripes of 135° in strike and transverse smaller stripes of 45° in strike (fig. 3). The extrapolation model–a prognosis for gold deposits in Republic of Macedonia, based on pan-concentrated stream-sediment samples from the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers within Bulgaria (fig. 4, 5) shows a consistency between the data and the model as the model do not "discover" the gold deposits and occurrences in Southeastern Macedonia. A possible explanation of this fact is genetic and spatial peculiarities of these gold mineralizations different from those of the mineralizations in Kraishtides. An important result from Fourier modeling is the fact that when we use the same data but with different size of the grid (12 km^2 for the water-catchment basins of Struma and Mesta rivers and 35 km^2 for the aforesaid area plus the territory of Republic of Macedonia) the model without losing its consistency shows a presence of second system of gold distribution (3,2), which is an indication for older plan of tectono-magmatic distribution of gold at thinner Earth crust (smaller interval between the gold stripes) and other plan of tectonic stress. A possible explanation of this regularity is the anomaly of Moho boundary in the area studied– the stripes of gold coincide with a sharp change in the thickness of Earth crust (fig. 6). It could be supposed that due to the steep incline of the continental crust fragment in the area studied the thermal fluxes from the mantle and probably the released fluids have been focused in the steepest zones and formed mineralizations, magmatic bodies and products of interaction with the host rocks.

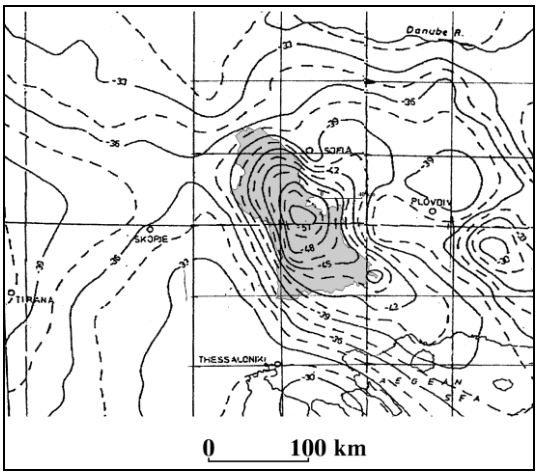


Fig. 6. Location of the studied area (in grey) on the map of Earth crust thickness (Boykova, 1999).

The strike of revealed gold distribution within the Western Bulgaria correspond to zones of Late Alpine activity (Batandjiev, 1989) and to fragments of Thracian ore network (Dragov et al., 1976). The ascertained regional regularities of gold distribution hold for the whole Bulgarian territory (Vitov, Georgiev, 1997) and probably correspond to similar stripes and processes in Dinarides (Serafimovski et al., 1995).

CONCLUSION

Gold in the pan-concentrated stream-sediment samples taken in the studied area is concentrated in stripes of 135° in strike (Trun-Radomir-Dren-Yakoruda-Goce Delchev-Dospat and Treklyano-Kyustendil-Vlahina planina and southeastward) and transverse stripes of 45° in strike, which are consistent with the morphology of Moho boundary there. In the intersections of both systems of stripes all known ore regions (Osogovo and Trun ones) and gold prospects (Dren, Treklyano, Yakoruda and Goce Delchev ones) are localized. Presence of gold mineralizations along the boundary of Republic of Macedonia with Albania as well as in Central Macedonia is prognosticated.

REFERENCES

Aizenshtadt, I. A., Roseeva, A. N. (1984) Experience in applying of maps of complex stream-sediment halos during the assessment of ore-bearing areas. VIEMS, Otech. Proizv. Opit 2: 1-13 (in Russian)

Bakalov, P. (1977) Estimation of quantitative contents based on data of mass investigation of stream-sediment samples. Review Bulg. Geol. Soc. 38, 3: 285-298 (in Bulgarian)

Batandjiev, I. (1989) Structural determination of young Alpine activation in Bulgaria. Review Bulg. Geol. Soc. 50, 1: 85-99 (in Bulgarian)

Berger, M. G. (1986) Terrigenous Mineralogy, Nedra, Moscow, 228 p (in Russian)

Bogoevskj, K. (1995) Some gold-bearing types of ore deposits and occurrences in the Republic of Macedonia. In: Metallogeny of Bulgaria, 23-24 November 1995, NTS, Sofia, pp 11-13

Boykova, A. 1999. Moho discontinuity in Central Balkan Peninsula in the light of the geostatistical structural analysis. – Physics of the Earth and Planetary Interiors 114: 49-58

Corn and Corn (1977) A Guide in Mathematics for Researchers and Engeneers, Nauka, Moscow, 832 p (translation from Eng.)

Davis, J. C. (1977) Statistics and Data Analysis in Geology, New York, 276 p

Dimitrov, R., Vardev, N., Vitov, O., Georgiev, V. (1996) Ore formations in Osogovo-Milevski region. Review Bulg. Geol. Soc. 57, 1: 35-46 (in Bulgarian)

Dragov, P., Yosifov, D., Vapcarov, I. (1976) Metallogenically active lineaments and knots within the Bulgarian territory. Geol. Balcanica 6, 3: 3-16 (in Bulgarian)

Georgiev, V., Vitov, O. (2007) Metallogenic and stream-sediment dividing of West Rhodopian Complex Dome. In: Proceedings of Geosciences 2007, Sofia, pp 112-114 (in Bulgarian)

Icikson, N., I. (1953) Stream-sediment sampling during the geological survey and reconnaissance prospecting, Gostgeoltexizdat, Moscow, 60 p (in Russian)

Kiryazova, L., Iliev, Z. (1974) Mineralogical analysis of pan-concentrated stream-sediment samples, Univ. izd. "Sv. Kliment Ohridski", Sofia, 188 p (in Bulgarian)

Kostov, I. (1973) Mineralogy, Sofia, 675 p (in Bulgarian)

Munkov, S., Marinova, R., Andreeva, L., Gorneva, Z., Gyurov, N., Brashnarova, D. (1976) Composition and sources of halos of mechanical dispersion of some minerals in Osogovo Mountain, Kyustendil district. Rudoobrazuvatelni procesi i mineralni nahodishta 5: 63-75 (in Bulgarian)

Ozerov, I. M. (1959) Stream-sediment survey and analysis of stream-sediment samples, Gostoptehizdat, Leningrad, 400 p (in Russian)

Serafimovski T., Jelemkovic, R. Aleksandrov, M. (1995) Major metallogenic units in the Besna kobila – Osogovo – Tassos metallogenic zone. In: Metallogeny of Bulgaria, 23-24 November 1995, NTS, Sofia, pp 90-91

Shilo, N. A. (1981) Bases of the learning of placer deposits, Nauka, Moscow, 384 p (in Russian)

Sochneva, E. G., Prokopchuk, B. I. (1976) Mineralogical analysis of heavy fractions of terrigenous sediments, Nedra, Moscow, 144 p (in Russian)

Tonkov, T. (1984) Probability theory and mathematical statistics, Tehnika, Sofia, 212 p (in Bulgarian)

Vitov, O. (1992) Methodics for compiling of prognostic stream-sediment maps. Ann. MGU, 38: 159-171 (in Bulgarian)

Vitov, O. (1994) Methodics for stream-sediment dividing. Ann MGU 40: 149-158 (in Bulgarian)

Vitov, O. (1994) Stream-sediment prognosis for prospecting for tungsten-molybdenum occurrences in the region westward of Struma river – Kyustendil district. Review Bulg. Geol. Soc. 55, 3: 121-131 (in Bulgarian)

Vitov, O. (1995) Mineralogical map of Bulgaria based on pan-concentrated stream-sediment samples (project). Geologia i mineralni resursi, 4: 6-11 (in Bulgarian)

Vitov, O. (1997) Mineralogical dividing and prognosis for prospecting for mineral resources in the region westward of Struma river – Kyustendil district. PhD Thesis, Sofia, 36 p.

Vitov, O. (2001) Degree of mineralogical knowledge of Bulgaria based on pan-concentrated stream-sediment samples.

Geologia i mineralni resursi, 9: 19-22 (in Bulgarian)
Vitov, O. (2002) Stream-sediment prognosis for prospecting for gold deposits in Bulgaria. Geologia i mineralni resursi, 4: 41-44 (in Bulgarian)
Vitov, O. (2005) Mineralogical map of Bulgaria based on pan-concentrated stream-sediment samples. In: Yubileen sbornik "10 godini CLMC pri BAN", Akad. izd. "Marin Drinov", Sofia, pp 51-58 (in Bulgarian)
Vitov, O. (2005) Mineralogical knowledge and dividing of Kyustendil administrative district, Bulgaria based on pan-concentrated stream-sediment samples. In: Proceedings of Geosciences 2005, Sofia, pp 187-181 (in Bulgarian)
Vitov, O. (2006) Mineralogical knowledge and dividing of Pernik administrative district, Bulgaria based on pan-concentrated stream-sediment samples. In: Proceedings of Geosciences 2006, Sofia, pp 243-246 (in Bulgarian)
Vitov, O. (2007) Mineralogical knowledge and dividing of Blagoevgrad administrative district, Bulgaria based on pan-concentrated stream-sediment samples. In: Proceedings of Geosciences 2007, Sofia, pp 109-111 (in Bulgarian)
Vitov, O., Georgiev, V. (2005) Peculiarities of gold distribution in pan-concentrated stream-sediment samples from Eastern Rhodopes. Ann. Univ. Sofia 97: 97-106 (in Bulgarian)
Vitov, O., Yamakov, V. (1996) Fourier model and synthesis of geochemical works carried out in Kyustendil district. Geologia i mineralni resursi 4: 25-29 (in Bulgarian)
Vuchev, V. (1969) Sampling and volume of the samples for the study of the petrographic composition and the roundness of psephites. Bull. Geol. Inst. - series Stratigraphy and Lithology 18: 223-230 (in Russian)
Yushkin, N. P. (1982) Topographical Mineralogy, Nedra, Moscow, 288 p (in Russian)
Yushkin, N. P. (1977) Theory and methods of Mineralogy, Nauka, Leningrad, 384 p (in Russian)

THE STRUCTURAL-METALLOGENIC MAPS OF UNIQUE ORE DISTRICTS

Alexander V. Volkov, Todor Serafimovski, Goran Tasev and Hilmar N. Thomson

[1]Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry of the Russian Academy of Science (IGEM). Moscow 119017, Staromonetny per., 35, E-mail: alexandr@igem.ru
[2]Faculty of Mining, Geology and Polytechnics, Goce Delcev 89, 2000 Stip, Macedonia; seraft@rgf.ukim.edu.mk

Abstract

The structural-metallogenic maps are traditionally made as a result of studying of tectonics and metallogeny of large regions. In laboratory of metallogeny of ore areas IGEM of the Russian Academy of Science complex methods of revealing of geological structures of the new type being basic at forecast-metallogenic construction in 1 : 50 000, 1 : 200 000, 1 : 500 000 and 1 : 1 000 000 scales are developed. The majority endogenous deposits were formed in conditions of an orogenic mode. Long time the orogenesis was compared with folds. However rather recently it was proved, that folded structures and mountain building are divided in time and not necessarily follow one by one. Earlier at structural-metallogenic researches the basic attention addressed on the analysis facieses and thicknesses of sedimentary sequences. Such approach became insufficient for revealing the positive structural forms developing in orogenic conditions. At drawing up structural-metallogenic maps of orogenic areas, first of all, it is necessary to allocate potentially ore-bearing structures, characteristic for the periods of tectonic-magmatic activization and productive mineralization.

Key words: structural-metallogenic map, ore district, gold

INTRODUCTION

As a result of studying ore districts in the orogenic areas it was established, that important ore supervised role play mainly arch raisings, intrusive-dome structures and through zones of deeps breaks (Fig.1). All these structures the basic for drawing up structural-metallogenic maps are. However it is necessary to note, that it is enough frequently they have the latent character and on geological maps are shown in the veiled form and until recently were not object of regular studying.

First of all, are studied arch raisings, the size in cross section from 100 kms and more? Are preliminary made the paleo-tectonic circuits describing the periods of their occurrence. For these purpose features of accommodation of orogenic and magmatic formations, metamorphic orioles, geophysical and geochemical anomalies are analyzed. In a nuclear part of arch raisings are usually naked alaskite granites which it is consecutive to periphery are replaced by granodiorites and diorites, then small intrusive and dykes suites. The perimeter of arch is usually fixed by the imposed hollows with typical orogenic formations. Borders of arch and their internal structures usually find the reflection in anomalies of gravitational and magnetic fields, and also in geochemical anomalies of streams-sediments of various chemical elements.

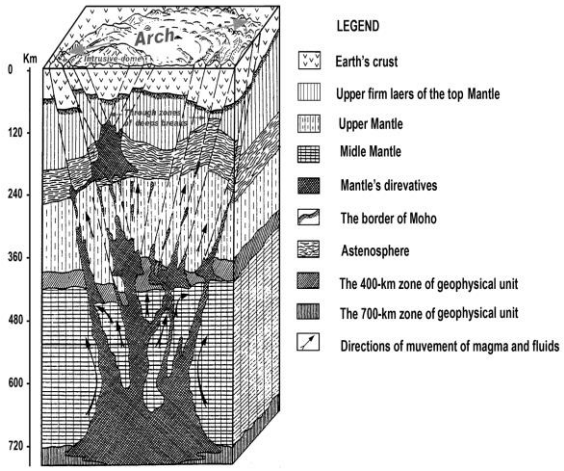


Fig.1. Genetic model of orogenic archied structure (modify after V.V. Soloviev, 1978).

METHODS OF MAP CONSTRUCTURE

As the important methods of revealing the arch raisings serve the morph-structural analysis and interpretation of space pictures. Methods of studying of a modern relief become very effective if in result of the

paleo-reconstructions of the inherited development of arch raisings proves to be true. With the help interpretations tectonic elements of a modern relief the radial and concentric systems of dispositions being the main indicators of vaults are allocated. Besides for this purpose interpretations geochemical, and the geophysical data also are used (Fig.2).

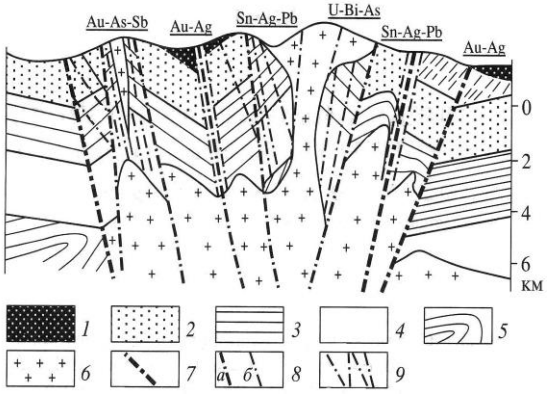


Fig. 2. Example. The Geological schematic section of the Maisk intrusive-dome structure of satellite type of the Central Chuckotka mineral district (drawn according to geological-geophysical and geochemical data's, Volkov, Sidorov, 2001).
1 - Relicts of volcanic covers; 2 - Upper Triassic flysch sandstone-aleurolite deposits; 3 - Middle Triassic terrigenous aleurolite members; 4 - Lower Triassic greenschist members; 5 - Paleozoic terrigenous-carbonate basement rocks; 6 - granitoids; 7 - boundaries of the tectono-magmatic activization (metallogenic) zone; 8 - deep-seated faults of the tectono-magmatic activization zone; 9- ore-localizing faults zones.

At the second stage elements of a map are allocated important in forecast-matallogenic relation: intrusive-dome structures of various types (the size in a diameter from first tens up to 100 kms) and "through" zones of breaks, as systems of geological and tectonic anomalies (Fig.3). Intrusive-dome structures are allocated with the same methods, as arc raisings. They are characterized by the radial-concentric forms of a relief created by complex combinations of new tectonic raisings and hollows, fixing intrusive-dome structures and depressions.
As indicators of through zones of breaks the magmatic bodies and necks, grouped in linear belts, circuits of ring structures and thermal-metamorphic domes, linear chains of anomalies of magnetic fields, gravitational steps, geochemical anomalous, serve facieses changes and differences of layers, flexor bends of the stratified thicknesses, not consent layering of thicknesses, to anomaly on streams-sediments, linear zones of sulphidization and carbonaceous metosomatites. In space pictures they are shown by linear anomalies of photo-tone and zones of a condensation of fine linear faults. Comparison of the linear zones planned on a complex of attributes, concurrences which enable to relate them to type "through" allow establishing.
Thus, the circuit of arc-clumpy tectonics - a basis structural-metallogenic maps is made (Fig.3).

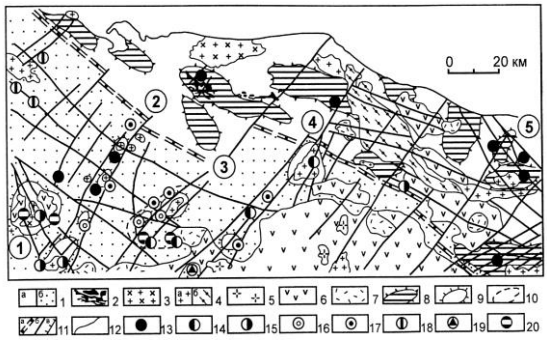


Fig. 3. Example. The structural-metallogenic map of the Central Chukotka minerals district (Volkov, 1995).
1 – Mesozoic terrigenous sediments (a), Paleozoic terrigenous-carbonaceous sediments (b); 2 – Triassic dykes and sills of gabbro-diabases; 3 – Cretaceous granodiorites ; 4 - Cretaceous granites (a), granito-gneisses (b); 5 – Upper Cretaceous syenites, rhyolite-porphyries; 6 - Cretaceous andesite formation; 7 - Upper Cretaceous ignimbrite formation; 8 - nucleus of Paleozoic tectonic raisings; 9 - intrusive-dome structures and separate domes; 10 – Maisk intrusive-dome structures of satellite type; 11 - breaks: a - Kuvet deep break, b - slip-shifts, c - thrust; 12 - geological and geographical borders; 13 - 20 - deposits and occurrences: 13 – Au-quartz, 14 – Au-intrusive-related, 15 – Au-Ag-epithermal, 16 – Au-sulphidic disseminated, 17 – Sn-Ag-sulphidic, 18 - Sn-silicate, 19 – Cu-Mo-porphyry, 20 - Hg; *Figures in circles* – metallogenic zones: 1 - Palian; 2 -Karpung, 3 - Maisk; 4 - Matenvunay; 5 - Ruveem.

At the third stage it will be spent the special metallogenic analysis which is supplemented with ore-formations constructions that allows allocating ore complexes and series, associates in space and time with the certain types of vaults, intrusive-dome structures and "through" zones of breaks (Fig.3). Except for

that, the nature of metallogenic specializations of tectonic structures and heritage of mineralization are especially studied.

Each of higher the listed structure plays different metallogenic role. The main type of orogenic structures - arch raisings, defines position and an internal structure specialized metallogenic belts or zones and ore areas which have the arc, ring or sectored form. The arch raisings of various ranks supervise different groups of ore complexes. The intrusive-dome structures located on crossing of systems of breaks frequently supervise position of ore units and fields, sometimes large and superlarge deposits (Fig.3). The through zones of breaks play an ore localization role. Crossing various metallogenic zones on various depths, they are accompanied by the largest deposits, with complex mineralization a geochemical spectrum which has the inherited character.

THE EXAMPLE OF STRUCTURAL-METALLOGENIC MAP OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA

In recent years, a Russian-Macedonian scientific team has carried out a comprehensive study of the Alsar deposit in southern Macedonia in line with a bilateral agreement between the University of Skopje, Macedonia, and the Institute of Geology of Ore Deposits, Petrology, Mineralogy, and Geochemistry, Russian Academy of Sciences (IGEM RAS).

A complex method of forecasting based on compilation of structural-metallogenic maps was elaborated by Tomson et al. (1992) at the Laboratory of Metallogeny of Ore Districts, IGEM RAS, and applied to the territory of the Former Yugoslav Republic of Macedonia. The interpretation of satellite images and morphostructural analysis were employed successfully for revealing the ore-concentrating structural features. The tectonic elements of the present-day topography were marked out and compared with the structural features that existed during the period of ore formation. The use of the present-day structural landforms of Macedonia for reconstruction of the tectonic elements of ore-bearing epochs became possible after substantiating their inherited evolution (Kochneva and Romich, 1981).

A considerable part of the study area (Fig. 4) belongs to the ancient Serbo-Macedonian and Pelagonian crystalline massifs separated by the Mesozoic Vardar Graben and to the reworked margins of these massifs: the West and East Macedonian margins, reactivated in the Caledonian-Hercynian time and in the Cenozoic, respectively.

The joint studies allowed us to establish that present-day Macedonia comprises fold-block systems, as well as superimposed and through-type structural features. A new structural base was elaborated, and ore-controlling structural features, including superimposed ring and grabenlike depressions, were outlined on the basis of interpretation of satellite images and morphostructural analysis. The Macedonian Arch, which embraces practically the whole country, was recognized together with daughter ring structures and through fault zones that have important ore-controlling implications (Kochneva et al., 1997; Tomson et al., 1998).

In the present-day topography, the Cenozoic arched structure, 250 x 300 km in size, is oval to rounded in plan view. Its central part is relatively subsided (down to 1000-1500 m) and filled with Upper Cretaceous, Paleocene, and Quaternary sediments. The marginal part of the Macedonian Arch is uplifted to a height of 2000-2800 m on average. The dislocations within the arch are emphasized by the arcuate and radial arrangement of the main tributaries of the Vardar River. The main structural features of the arch are reflected in the isometric zoning of the anomalous gravity field: the central maximum is encircled by ring zones of gravity minima.

The comparison of the present-day structural grain of the territory with geological and paleostructural data shows that the main features of the Macedonian Arch are traceable since the Caledonian time. The localization of geological units of different ages suggests that the marginal belt of the arch, with fields of volcanics and the largest ore deposits, is the most active and long-lived. Noteworthy is the widening of the marginal belt at the expense of daughter ring structures of the second rank, as is observed in the vicinity of the Kratovo-Zletovo, Taimishte, and Alsar deposits.

The Cenozoic reactivation involved mainly the eastern part of the Macedonian Arch

(Tomson et al., 1998) and is reflected in the formation of the NW-trending fault system oblique relative to the Vardar Zone and the NE-trending transverse fault zones that were active at the final stage. Three NW-trending systems that control graben-shaped troughs filled with Cenozoic sediments and one NE-trending fault zone have been outlined from interpretation of satellite images. Chains of local concentric central-type structures, many of which correspond to outcrops of Tertiary igneous rocks, are localized along the NW- and NE-trending zones. The northwestern system controls the Cenozoic metallogenic zones related to grabens (Fig.4). The meridional fracture zones are important for localization of economic deposits. Ore fields are commonly localized at the intersections of NW-trending fault zones with meridional fracture zones and transverse northeastern faults.

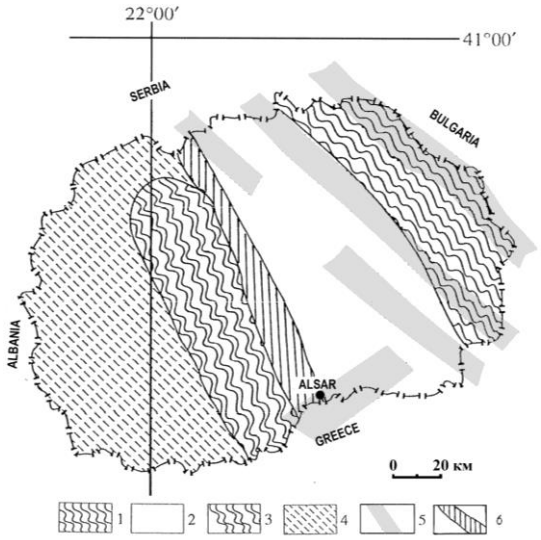


Fig. 4. Tectonic units of Macedonia.
1 - Serbo-Macedonian Massif; 2 - riftogenic Vardar Graben; 3 - Pelagonian Massif; 4 - West Macedonian region; 5 - Cenozoic metallogenic zones; 6 - Vardar metallogenic zone.

The special implication of meridional fracture zones for localization of large deposits has been demonstrated by many researchers. H.N. Tomson and M.I. Favorskaya traced such meridional ore-controlling systems throughout Europe. The active role of such systems in localization of ore deposits was pointed out in neighboring Bulgaria (Vaptsarov et al., 1986). It is notable that such intersections are the zones of maximal permeability and ascent of mantle material. All economic deposits of Macedonia:Kratovo-Zletovo, Sasa-Toranica, Buchim, Taimishte, Rzanovo, and Alsar are controlled by meridional zones.

The Oligocene-Miocene metallogenic zones traceable through metamorphic sequences of the Serbo-Macedonian Massif are composed largely of Cenozoic tuffaceous-sedimentary and volcanic rocks and intruded by granitoid bodies and intermediate dikes. In total, three metallogenic zones make up an ore belt that extends westward to Serbia and southeastward to Greece and Bulgaria (Fig. 4).

The specialization of metallogenic zones changes and the igneous complexes and ores become progressively younger from the southwest to the northeast. A distinct correlation between age and composition of ores is evident. The ore mineralization changes in this direction from high- to low-temperature and from relatively low-sulfide to polysulfide types. The change in the ore composition may be regarded as a result of ore matter differentiation in deep-seated chambers. Across the strike of metallogenic zones, the types of ore deposits change from magnetite skarn (Borov Dol) to porphyry copper (Buchim) and farther to copper-base metal (Kratovo-Zletovo) and base metal deposits proper (Sasa-Toranica). The age of igneous rocks in ore districts changes in the northeastern direction from 28.0-24.5 Ma (Borov Dol and Buchim) to 27.2-16.0 Ma (Kratovo-Zletovo) and 24-12 Ma (Sasa-Toranica). Thus, the progressive change in the composition of ore is a consequence of its rejuvenation and differentiation. These relationships suggest that close links exist between metallogenic zones.

A model of this system at a depth may be viewed as a low-angle common seismic focal zone inclined southwestward (Tomson et al., 1998). The hypothetical focal zone could have served as a feeding channel for injection of igneous material in the northeast direction. Each new portion of magma and associated ore matter experienced compositional differentiation at a certain level of the seismic focal zone. The hanging wall of the zone moved southeastward down its dip. Particular blocks were detached along impaired zones with formation of grabens. The deep faults that bound the grabens could have reached the magmatic channel of the seismic focal zone to provoke the eruption of igneous material and to stimulate the ore formation.

The Kozuf-Arid metallogenic zone of Pliocene mineralization, which extends along the Greek-Macedonian border, occupies a special position in southern Macedonia (Fig. 4). Volcanic structures and subvolcanic calc-alkaline intrusions are confined to NE-trending neotectonic faults. Igneous rocks are represented by calc-alkaline andesite and quartz latite. All subvolcanic intrusions of the Kozuf district are of the same age; intrusions at the Alsar deposit belong to the youngest phase, dated at 5.1-3.9 Ma (Boev, Serafimovski,1998). The Kozuf-Arid metallogenic zone is characterized by the development of complex Au-As-Sb-Tl mineralization.

It is known that metallogenic zones in orogenic domains of fold systems are linear and oriented in two directions: along the strike of sedimentary sequences and across the strike. The metallogenic zones conformable with folding control plutonic bodies and deposits of the early orogenic stage, while the transverse metallogenic zones are accompanied by the late orogenic mineralization and magmatism (Tomson and Polyakova, 2000).

Thus, the system of northwestern zones in the Macedonian Arch may be referred to the early orogenic structural features, whereas the transverse Kozuf-Arid Zone is related to the late orogenic stage.

TECTONIC SETTING OF THE ALSAR - CARLIN TYPE DEPOSIT

The Pliocene volcanic-plutonic complex of calc-alkaline rocks of the Kozuf-Arid Zone was formed on a basement of Precambrian gneisses, Triassic rocks (dominant), Jurassic ophiolites (gabbro-peridotite), and Cretaceous sequences.

The Precambrian albite gneiss with sporadic lenses of amphibolite forms the oldest rocks of the Kozuf-Arid Zone. Marble blocks are sporadically incorporated in gneiss. Paleozoic schist, phyllite, metasandstone, shale, and quartzite occur locally. The Triassic sequence occupies most of the area and is composed of two main facies: (1) marmorized limestone and dolomite and (2) mudstone and sandstone with sporadic dolerite and greenschist. The Jurassic sequence consists of limestone, sandstone, shale, quartzite, cherty shale, and a severely serpentinized dunite-harzburgite complex that hosts small podiform chromite bodies. Serpentinite is exposed as narrow tracts that have tectonic boundaries with adjacent rocks. Their emplacement is related to diapiric processes. The Cretaceous sediments are represented by Barremian-Albian conglomerate and Turonian limestone. The Upper Eocene sequence is composed of basal conglomerate overlain by flysch sediments (siltstone, clay, and sandstone with limestone interbeds). Pliocene sedimentary and pyroclastic rocks are widespread around the Alsar deposit. They are composed of conglomerate and clayey sandstone with calcareous clay interbeds. Volcanosedimentary and pyroclastic rocks and clayey sandstone occur in some Pliocene basins north of the Alsar deposit. Quaternary sediments form river terraces.

The Alsar deposit is located at the intersection of the Vardar and Kozuf-Arid metallogenic zones (Fig. 4) at the western flank of the Vardar Graben and the Pelagonian crystalline massif approximately 50 km southwest of the town of Kavadarsi and 3 km from the Greek--Macedonian border. The ore field is 21 km^2 in area.

The tectonic setting of the ore district and the Alsar deposit itself was deduced from the results of morphostructural analysis and interpretation of satellite images. First, the present-day structural grain of southern Macedonia was outlined. For this purpose, the traditional method of morphotectonic contour lines was used to generalize the topographic contour lines and drainage pattern. Structural features of different ranks were contoured from the analysis of present-day landforms of several orders.

The Alsar deposit is located in the upper reaches of the Rozdenska River (the right tributary of the Crna River). The streams in the Rozdenska River basin form a radial-centripetal pattern (Fig. 5). The branched radial rivers and creeks are surrounded by arcuate ridges up to 1500-1800 m in height with arcuate valleys along their outer framework. Such an orographic pattern fits an endogenic ring structure 18 x 15 km in size with a relatively subsided inner part and an elevated outer belt. This ring structure is located at the intersection of two extended diagonal through fault zones. The northwestern fault zone is an element of the Vardar Zone. Another (northeastern) fault zone was deduced from linear shade anomalies in satellite images. This fault zone

is emphasized by the rectilinear valley of the Bosavica River, by the present-day slope elements, and by a chain of dome-shaped structural features up to 10 km across. In addition, a system of very young NE-trending faults controls the Pliocene lava flows here. The Alsar ring structure is surrounded by a belt of daughter domes up to 5 km across. Each of these domes is comparable with associated ore-bearing central-type structures (Fig. 5). The three second-order domes located in Greece south of the Alsar ring structure are characterized by the most complex structure and are contrastingly expressed in the present-day topography. By analogy with other regions studied previously (Fig. 2, 3), such structures control large ore districts and deposits (Volkov and Sidorov, 2001). The tectonic position of the Alsar deposit is emphasized by the configuration of geochemical halos. An Fe-Ni halo extends along the Vardar Zone and an Sb-As-Tl-Pb-Zn-Cu halo corresponds to the young NE-trending fault system that crosses the Oligocene and Miocene metallogenic zones (Fig. 5). In the opinion of Jancovic (1993), the extended and wide meridional fracture zone radial relative to the center of the ring structure serves as a main ore-controlling tectonic line. We also traced a latitudinal fault zone as a fragment of an extended system interpreted in a satellite image.

The data obtained (Percival et al., 1990; Volkov et al.,2006) show that the gold mineralization at the Alsar deposit is similar to that observed at the Carlin-type deposits in the western United States. Similar characteristics include the Au-As-Sb-Tl-Hg geochemical assemblage; low Pb, Zn, Cu, and Ag contents in ore; widespread jasperoid and argillic metasomatic alterations of host siliciclastic--carbonate sedimentary rocks; and the spatial relations to fault zones. At the same time, the Alsar deposit differs from the Carlin-type deposits by the following features: (1) Pliocene age of mineralization, (2) expansion of mineralization over younger volcanics, (3) a high Tl grade in ore, and (4) localization of the ore field in a long-lived central-type magmatic structure (Fig.5). The results obtained and map can be used as an exploration model.

It is highly probable that zones of finely disseminated Au-bearing sulfides are hosted in pre-Tertiary sedimentary sequences of the Kozuf-Arid district. Such an ore material is a potentially effective transitional source for ore deposits (Volkov et al., 2004). In this case, the formation of gold mineralization at the Alsar deposit should be regarded as a result of regeneration and redeposition of Au-bearing zones of fine sulfide disseminations in the course of multiple tectono-magmatic reactivation of primary ore-bearing zones. This model is confirmed by the morphostructural data.

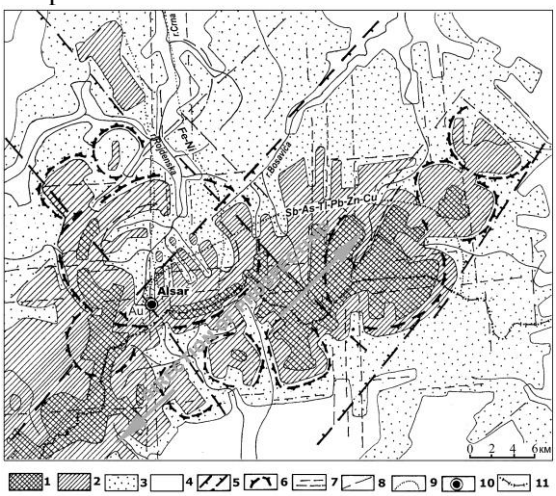


Fig.5. Example of structural-metallogenic map of the Kozuf-Aridea area and Alsar Carlin type deposit (South Macedonia).

Hypsometric levels: 1 - 1500-2000 m, 2 - 1000-1500 m, 3 - 500 -1000 m, 4 - are lower than 500 m; 5 - zones of diagonal dispositions; 6 - borders of ring structures;7 - deep orthogonal breaks; 8 - other breaks; 9 - geochemical anomalous; 10 – Au-As-Sb-Tl Alsar deposit.

CONCLUSION

Thus, on structural-metallogenic map of the structures of new type actively influencing formation of mineralization of various ore complexes that answers tasks of geological studying of potentials mining districts and forecasting of new deposits including non conventional types for these areas are shown. Overlapping of contours of arch raisings, intrusive-dome structures and "through" zones of breaks with metallogenic information allows to make forecasting and estimation of territory for prospecting of new deposits of the area.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 08-05-00135) and Program no. 2 of the Division of Earth Sciences, Russian

Academy of Sciences, "Basic Problems of Geology, Conditions of Formation, and Principles of Forecasting of Traditional and New Types of Large Deposits of Strategic Mineral Resources."

REFERENCES

Boev B. and Serafimovski T., 1996, General Genetic Model of the Alshar Deposit. Proceeding of the Annual Meeting on IGCP Project 356 (Sofia), 1: 75-84.

Jancovic S., 1993, Metallogenic Features of the Alsar Epithermal Sb-As-Tl-Au Deposit. N. Jb. Miner. Abh. November: 25-41.

Kochneva N. T. and Romich K., 1981, Structural Features of Present-Day Topography in Serbia and Macedonia. Metalliferous Orogenic Structural Features and Their Research Methods (Nauka, Moscow), 7-19.

Kochneva N., Stojanov R., and Boev B., 1997, A Neogene's Orogenic Tectonic of East Macedonia (with Use of Morphostructural Analysis). Proceeding of Symposium. Stip-Dojran, 119-123.

Percival T. J., Radtke A. S., Jancovic S. R., 1990, Gold Mineralization of the Carlin Type in the Alsar District, Macedonia, Yugoslavia. Proceeding of the Eight Quadrennial IAGOD Symposium (Ottawa), 637-646.

Sidorov A. A. and Tomson I. N., 2000, Ore Resource Potential of Black-Shale Sequences: Convergence of Alternative Concepts. Vest. Ross. Akad. Nauk 70 (8): 719-724.

Soloviev V.V. ,1978, Structures of Central type of territory of the USSR on geomorphologic data's. Leningrad, Nauka, 110 p.

Tomson H. N., Kravtsov V. S., Kochneva N. T., 1992, Metallogeny of Orogens. Nedra, Moscow 480 p.

Tomson H. N. and Polyakova O. P., 2000, Formation Succession and Direction Metallogenic Zone Migration with Reference to the Primorye Orogen, Dokl. Earth Sci. 375 (8): 1225-1228.

Tomson H. N., Serafimovski T., and Kochneva N. T., 1998, Cenozoic Metallogeny of Eastern Macedonia. Geol. Ore Deposits 40 (3): 175-183.

Vaptsarov K., Mishev N., Kochneva N. T., 1986, Tectonic Elements in Present-Day Topography of Southern Bulgaria and the Recognition of Superimposed Deep Structures. Geology of the Balkans (Sofia), 3-19.

Volkov A. V., Savva N. E., Sidorov A. A, Thomson H.N., 2004, Unique Ore Complexes in the Northwestern Sector of the Pacific Ore Belt. Dokl. Earth. Sci. 399A (9): 1185-1188.

Volkov A. V., 1995, Gold deposits of Central Chukhotka. Geol. Ore Deposits, 37 (6): 482-499.

Volkov A. V. and Sidorov A. A., 2001, Unique Gold-Ore district in Chukchi Peninsula (SVKNII, Magadan) 180 p.

Volkov A. V., Serafimovski T., Kochneva N. T., Tasev G., Tomson H. N. , 2006, The structural-metallogenic map of the Alsar district of Macedonia. Proceedings XVIII-th Congress of Carpathian-Balkan Geological Association. Belgrade: Sava Centar. Proceedings. 1: 648-650.

Volkov A. V., Serafimovski T., Kochneva N. T., Tomson H. N., and Tasev G., 2006, The Alsar Epithermal Au-As-Sb-Tl Deposit, Southern Macedonia. Geol. Ore Deposits, 48 (3): 205-224.

TYPES OF GOLD DEPOSITS IN MACEDONIA

[1]Todor Serafimovski, [2]Alexander Volkov, [1]Goran Tasev,

[1]Faculty of Mining, Geology and Polytiechnics, Goce Delcev 89, 2000 Stip, Macedonia; seraft@rgf.ukim.edu.mk
[2]Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry of the Russian Academy of Science (IGEM). Moscow 119017, Staromonetny per., 35, E-mail: alexandr@igem.ru

Abstract

In Macedonia the potential of discovery of new large gold deposits is very high. The systems of three metallogenic zones, mainly of the Cu-Pb-Zn-Au-Ag ores, composes belt that starts on northwest from Serbia and ends to southeast in Greece and Bulgaria. In this belt the major gold occurrences were discovered. To rather perspective industrial types of Macedonian deposits concern: gold-silver epithermal and gold bearing copper-porphyry classes and Carlin type (gold-sulfide disseminated). Except for those gold deposits of other types here can be revealed: gold - quartz in sedimentary rocks, intrusive-related, placers, gossans and crust weathering type.

Key words: gold, silver, deposit, type, discovery

INTRODUCTION

The territory of the Macedonia is in a central part of the Cu-Pb-Zn-Au-Ag belt. Gold in this region was produced since the Alexander the Great's time. Now gold and silver is extracted as by-product from Cu-porphyry Bucim deposit only. During the last years in the Bulgaria, Greece (next to Macedonia countries) and Romania were discovered new deposits of epithermal Au-Ag-high-sulfidation type and some of its have started production. In territory of Macedonia also were revealed potentially perspective Au-Ag-ore fields and occurrences.

In Macedonia three distinct classes of major gold ore deposits are (Table 1): 1) Carlin type; 2) gold-silver epithermal; 3) gold bearing porphyry-copper. Except for those gold deposits of other types here can be discovered: 1) gold-quartz in sedimentary rocks; 2) intrusive-related, 3) placers; 4) gossans and crust weathering type.

The significant part, researched territory concerns to ancient Serbo-Macedonian and Pelagonian cratonic terrains divided by Vardar mesozoic graben and their advanced surburbs: Western-Macedonian, made active in Caledonian-Gercinian time, and East, made active in Cenozoic. Teamwork allowed us to establish, that in modern shape of Macedonia could be found reflections of both: folded-clumpy systems and structures of the imposed and through type. On a basis of interpretation of space pictures and results of the morphostructural analysis the new structural bases were offered and are allocated the gold fields controlling structures to which number it is possible to attribute imposed ring and graben's similar constructions. First of all, the Macedonian arch practically covering whole country was allocated, affiliated ring structures and the through zones of breaks having important the ore-controlling value are planned (Kochneva et al., 1997, Thompson et al., 1998).

The metallogenic zones, traced among metamorphic rocks of the Serbo-Macedonian terrain, are combined, basically, Cenozoic volcanic-sedimentary and volcanic sequences and are broken through by Tertiary (28-12 million years) granitoids bodies and dikes of average structure. The systems of three metallogenic zones compose an ore belt that can be traced from northwest in Serbia to the southeast in Greece and Bulgaria. In this belt the major gold occurrences of Au-Ag and Au-bearing Cu-porphyry types were discovered. Valleys of the rivers in this part of the Macedonian arch are quite perspective on discovering of industrial placers of gold.

Special position in the south of Macedonia occupies the Kozuf-Aridea metallogenic zone of Pliocene mineralizations, extended along Macedonian-Greek border. Volcanic structures and subvolcanic intrusions of calc-alkaline

structure are dated to newtectonic breaks of a SW-NE direction. Metallogeny of the Kozuf-Aridea zones differs development complex Au-As-Sb-Tl mineralization.

THE CARLIN TYPE

The Alsar deposit of the Carlin type (Percival, et al., 1990) is located in the Kozuf-Aridea metallogenic zone. Ore mineralization is related to the Pliocene volcano-intrusive complex, which developed after tectono-magmatic processes in the unstable Vardar zone and the strong crystalline mass of the Pelagonian massif during the formation of the Kozuf-Kilkis transverse structure during Miocene - Pliocene (Boev, Serafimovski, 1996).

Table 1. Major gold and gold-bearing deposits and occurrences of Macedonia

Name of the locality	Host rock(s)	Morphol. of the ore bodies	Main minerals	Content of Au (g/t)	Gold related with	Genetic type	Degree of exploration
Bucim , deposit	andesite, gneiss, mica-schists	stockworkimpregnat.	pyrite, chalcopyrite, magnetite, hematite	0.4	chalcopyrite	Cu-porphyry deposit	in detail
Borov Dol deposit	andesite, gneiss, latite	elipsoid (horn like)	magnetite, hematite, arsenopyrite, chalkopyrite	0.25	chalcopyrite	Cu-porphyry deposit	in detail
Plavica, deposit	ignimbrite, tuffs, dacite-andezite	veins, stockwork-impregnat.	pyrite, chalkopyrite, enargi-te, galena, sphalerite	0.1-1.8	pyrite, enargite and secondary quartzites	Au-Agh/sulfidation	in detail
Borovik , occurence	biotititc andesite and tuffs	impregnat. in a tuffaceous serie	pyrite, sphalerite, chalkopyrite	0.1-1.5	silicified zones	Au-Agh/sulfidation	prospecting
Alsar deposit	dolomite, marbles, latite tuff	mineralized br-eccia, lens and veins	stibnite, pyrite, arsenic, thallium,	0.3-3.7	silicified zones and dolomitites	Carlin Au-type	in detail
Ilovica occurence	tuffs, dacite-andezite	Impregnat stockwork	pyrite, chalcopyrite,	0.1 - 1.45	Quartz veinlets	Cu-porphyry	prospecting
Crn-Vrv occurence	Andesite, tuffs, monzonite	Impregnat stockwork	opal, barit, pyrite, chalcopyrite,	< 0.1 - 0.1	Quartz veinlets secondary quartzites	Au-Agh/sulfidation	prospecting
Dudica occurence	tuffs, dacite-andezite	Impregnat stockwork	pyrite, chalkopyrite, enargi-te, galena, sphalerite	0.1-0.5	Quartz veinlets	Au-Agh/sulfidation	prospecting

Mineralization includes Cu, Pb-Zn, and Au in the central parts (Alsar and Smrdliva Voda) and Sb, As, Tl. Au, and Ba (Alsar). The Kozuf volcano-intrusive complex which is present as intermediary to acidic igneous rocks developed in a basement composed of Triassic sediments, Jurassic ophiolite formations (gabbro-peridotitic) and Cretaceous carbonates and clastic sediments. Magmatic activity took place during the Miocene - Pliocene (6.5 to 1.8 m.y.). Possible gold reserves were analyzed, but first detailed data was obtained during 1989 and 1990 (Percival et al. 1990). Results from recent and ongoing field studies demonstrate that arsenic-antimony ores and stibnite beairing jasperoids in the Alsar district of southern Macedonia are part of a widespread zone of gold mineralization of the Carlin-type. Gold mineralization occurs in Mesozoic dolomite, in jasperoids along faults and an unconformity between the pre-Tertiary and Tertiary age rocks, and as micro-quartz veinlets, disseminations and silica replacement bodies in Tertiary tuffaceous dolomite and overlying Tertiary tuffs. Important features at Alsar, which are also characteristic of Carlin-type gold deposits in the western United States, include mineralization hosted in sedimentary rocks, spatial relationship to regional structures, structural and lithologic ore controls, chemical association among Au-As-Sb-Tl-Hg, sulfide and sulfosalt minerals of As-Sb-Tl-Hg, low content of base metals (Cu, Pb, Zn, Mo), presence of jasperoids, argillic alteration of rocks above ore and lateral to jasperoids, and gold in micron to submicron particles.

THE GOLD-SILVER EPITHERMAL TYPE

The Kratovo-Zletovo volcanic area is characterized by various specific features with regard to their structural and geological composition as well as different types of polymetallic mineralization styles (Serafimovski, Rakic, 1998). The central parts consist of several old volcanic apparatuses hosting large masses of secondary quartzites. These specific, commonly quartz alunite, rocks are related to significant gold mineralization styles accompanied by Cu, Mo, Fe, Sb, Bi, Hg, etc. The largest masses of secondary quartzites, the most intensely hydrothermally altered rocks and extensive occurrences of polymetallic mineralization are found in the central parts of Mts. Plavica and Crn Vrv not far from Kratovo (Table 2). The secondary quarztites are metasomatic occurrences, a product of later stages of hydrothermal activity, whose SiO2 contents amount to over 98% (most commonly 93 to 98%), with regard to the significant gold contents, particularly in Plavica. Notably, the gold contents in Crn Vrv range from 5 to 467 ppb, and those in Plavica from 0.186 to 5.67 ppm. Gold found in both sites is related to the secondary quartzites.The correlation relationships between gold and accompanying elements in Crn Vrv indicated pronounced correlation relationships with Au-Cu, Au-Mo, Au-Fe, particularly between Fe and Cu (the coefficient of 0.9562) as well as Fe-Mo. In Plavica pronounced correlation relationships are established between Au-Cu, Au-Sb, As-Hg, As-Sb etc., indicating to a possible connection with an epithermal mineralization system that corresponds to standard models of acido-sulphatic types of gold related to silicified zones within the central parts of old volcanic apparatuses. Plavica is part of these complex volcanic apparatuses.

The results obtained for Crn Vrv lead to the assumption that they are marginal parts of the Plavica mineralization system. The increased contents found in some elements indicate that it is a small fault structure probably connected with the Plavica mineralization structures. It should also be mentioned that definite conclusions require precise terrain and laboratory investigation.

Except for mentioned above, within the limits of this belt in territory of Macedonia the numerous badly investigated displays of auric secondary quartzite are revealed (Borovic, ect.).

THE AU-BEARING CU-PORPHYRY TYPE

The Bucim deposit spatial location and conditions of development are very similar to the Gerakario deposit in Greece and can be correlated with other porphyry deposits in the Lece - Chalkidi zone (Serafimovski et al.,1996) which are not in close paragenetic-genetic relationship with the small subvolcanic- volcanic intrusions of the Tertiary calc-alkaline magmas such as the

Tulare, Borov Dol, Vathi, Pontokerasia and several other deposits (Table 2).

Table 2. General features of the porphyry copper deposits in the Lece-Chalkidiki zone

Deposit	**Kiseljak**	**Bucim**	**Borov Dol**	**Vathi**	**Pontokerasia**	**Skouries**
Host rock	Andesite	Gneiss/ andesite	Andesite	Brecciated rhyodacite	Rhyodacite/ Granosyenite	Granodiorite Porphyry
Absolute age, my	12-23	25-28	24-28	30	32	29.6
Horizontal projection	0.24 km-[1]	0.25 km'	0.15 km'	150x700m	300x400 m 200x400m	100x200 m
Vertical extent	300-500 m	250 m	300 m	500 m	300 m	700 m
Association of minerals	Cy,Py,Mgt,Mo, Au,T,Ga,Sp,E,B i	Cy,Py,Mgt,Au, He,B,Bi,E,Ga, Sp,Te,Ag,Pd	Cy,Py,Mgt,He, Mo,Au,B,Sp	Cy,Py,B,E,Ga,S p, Mgt,He	Cy,Py:Stockwor k diss,Ga,Sp,Vein	Cy,Py,B,Au,Mg t Sp,Ga,T
Main Constituents of ore	0.3 % Cu 0.3 ppm Au 1.0 ppm Ag 23 ppm Mo 4-10%pyrite	0.3 % Cu 0.6 ppm Au 1.1 ppmAg 13 ppm Mo l-4%pyrite Traces:Pd,Se,T	0.3 % Cu 0.25 ppm Au 150 ppm Ag 24 ppm Mo 2 % pyrite	0.3 % Cu 0.15 ppm Au 0.35 ppm Ag 20 ppm Mo	0.3 % Cu 0.3 ppm Au 0.35 ppm Ag 20 ppm Mo	0.5 % Cu 0.7 ppm Au 2.5ppm Ag Traces: Pd,Te,Pt

Only Bucim is in the process of exploitation. Its annual production amounts to 4 000 000 tonnes of ore with mean content of about 0.3 % Cu and 0.35 ppm Au. In terms of its output and ore reserves determined (approximately 100 m.t.) it is a small porphyry deposits. It should also be mentioned that this is a characteristic of all porphyry deposits determined in the bordering area of the Lece - Chalkidi metallogenic zone. The basic characteristic in the Bucim copper deposit is the relationship between porphyry mineralization to Tertiary subvolcanic intrusions of latitic and latitic-andesitic composition (24 to 27 m.y.). Primary copper mineralization is located around magmatic cross-cuts. Its development was preceded by intensive hydrothermal alterations of surrounding rocks. According to data of laser spectral microanalysis of chalcopyrite, local concentration of gold amounts from 0.01 g/t to 300 g/t and over. Here, gold is rather unequally distributed. Gold is chalcopyrites is found in two structural varieties: as thin inclusions of native gold with particle size of 0.1 mkm rarely several mkm; as intergrowths in crystal structures of atomic and fine dispersed gold with inclusion sizes of 0.01 mkm and even thinner. Pyrites also developed in several stages. Gold content in analyzed pyrite monomineral fractions varies from 0.01 to 52.1 g/t Au. Based on data of laser spectral microanalysis local gold concentrations in pyrites range from 0.01 g/t to 350 g/t.The Borov Dol porphyry copper deposit (Table 2) is situated in the southern part of the Bucim ore district, or zone. The porphyry copper mineralization in the Borov Dol deposit was formed in the shape of a ring round the andesitic neck which cuts across the volcanic of the older phase (Tudzarov, Serafimovski, 1995). The typical hydtotlhernial alterations are present as K-metasomatosis, hydrobiotitization, sericitization, silification etc. The bell shaped ore body has the same form as the andesitic neck going to depth. The ore mineralization is of stockwork-impregnated type in which 70% is impregnated and 30% is of stockwoik type. In this primary copper mineralization the essential ore mineral is chalkopyrite always accompanied by pyrite, molybdenite, magnetite, native gold, bomite, and rarely enargite, galena, tennantite etc.

The conclusion. In Macedonia the potential of discovery of new large gold deposits in considered above metallogenic belts is very high. To rather perspective industrial types of deposits concern: gold-silver and gold bearing copper-porphyry classes and Carlin

type (gold-sulfide disseminated) in sedimentary rocks. The special attention deserves the largest stockworc objects. All above-mentioned mineral deposits are dominated by disseminated (veinlet-disseminated) mineralizations. The processes of post-accretionary mineralization were important in formation of large polychronal mineral deposits. The distribution of same of epithermal lodes reflects a specific pattern of occurrence of polychronal gold and gold-bearing deposits. The problem of «roots» of epithermal mineralization, their connection with copper-porphyry deposits is not enough investigated. Among deposits the world class objects till now is not discovery. Potential of a new stockworck structural type of epithermal deposits is huge and deserves statement of special research works.

References

Boev, B., Serafimovski, T., General Genetic Model of the Alshar Deposit // UNESCO-IGCP N 356, Proceed. Ann. Meeting. Sofia. 1996.V.1. pp.75-84.

Kochneva N., Stojanov R., Boev B. A Neogene's orogenic tectonic of East Macedonia. (With use of morphostructural analysis) // Proceeding of Symposium. Stip-Dojran. 1997. pp. 119-123.

Percival, T. J., Radtke, A. S., Jancovic S.R. et al., Gold mineralization of the Carlin type in the Alsar District, Macedonia, Yugoslavia; Proceeding of the Eight Quadrennial IAGOD Symposium, program with Abstracts, Ottawa, Canada,1990, pp. 637-646.

Serafimovski T., Cifliganes V., Jancovic S et al. Genetic model of the Buchim porphyry copper deposit, Republic of Macedonia // Plate tectonic aspects of the Alpine metallogeny in the Carpatho-Balkan region. Proceeding of the annual meeting. Sofia, 1996. V. 1. pp. 63-73.

Serafimovski T., Rakic S. The secondary quartzites hosting gold mineralization in the Crn Vrn – Plavica Area// Geologica Macedonka, 1998, N 12, pp. 9-21.

Thomson Hi., Serafimovski T., Kochneva N. Cenozoic metallogeny of the East part of Macedonia // Geology of ores Deposits.1998. т. 40. с 195-204.

Tudzarov N., Serafimovski T., Geotectonic setting and metallogenic features of the Borov Dol porphyry copper deposit//Geologica Macedonia, 1995, N 9, pp.89-96.

FLUID INCLUSIONS IN QUARTZ FROM THE BUCHIM CU-PORPHYRY DEPOSIT, EASTERN MACEDONIA

Ladislav A. Palinkaš[1], Sabina Strmić Palinkaš[1], Vladimir Bermanec[1], Todor Serafimovski[2] and Ivana Vincetić[1]

[1] Faculty of Sciences, Geology department, University of Zagreb, Horvatovac bb, Zagreb
[2] Faculty of Mining and Geology, Geological department, Štip

Abstract
The Buchim porphyry Cu deposit was formed from high temperature hydrothermal fluids, introduced with injections of subvolcanic-volcanic intrusions of the Tertiary calc-alkaline magma within Precambrian gneisses. Fluid inclusion data obtained on quartz indicate that pyrite-chalcopyrite stockwork mineralization within gneiss was deposited by Na-Ca-chloride, moderate saline, hydrothermal fluid at 405 to 445°C.

Key words: Fluid inclusions, Buchim Cu-porphyry deposit, Lece-Chalkidiki zone, Eastern Macedonia

INTRODUCTION

The Buchim copper deposit belongs to the small porphyry deposits within the Lece-Chalkidik zone, related to the subvolcanic-volcanic intrusions of the Tertiary calc-alkaline magma. The intensive investigation and exploration prior and during exploitation (sulphur, oxygen, carbon isotopes, radiogenic strontium isotopes, K/Ar dating, mineralogy, petrology, geochemical mapping, etc.) gave comprehensive data, but did not revealed characteristic zoning of alteration and metals around the volcanic plug (Serafimovski et al., 1996). Particular hamper is lack of fluid inclusion data (beside Blečić, 1974, homogenization temperatures) in order to reconstruct PTX of the fluids and paleotemperature profiles, which might be utilized in more efficient exploration. The paper is a first report on the chemistry of the fluid in quartz associated with the sulphide and oxide minerals in the disseminated style of the porphyry ore mineralization, taken from the gneiss host rocks. The tiny quartz crystals (1 mm in size) have been enough good objects for the fluid inclusion study demonstrating the ability of the method as a tool in the mine exploration activity.

GEOLOGICAL SETTING

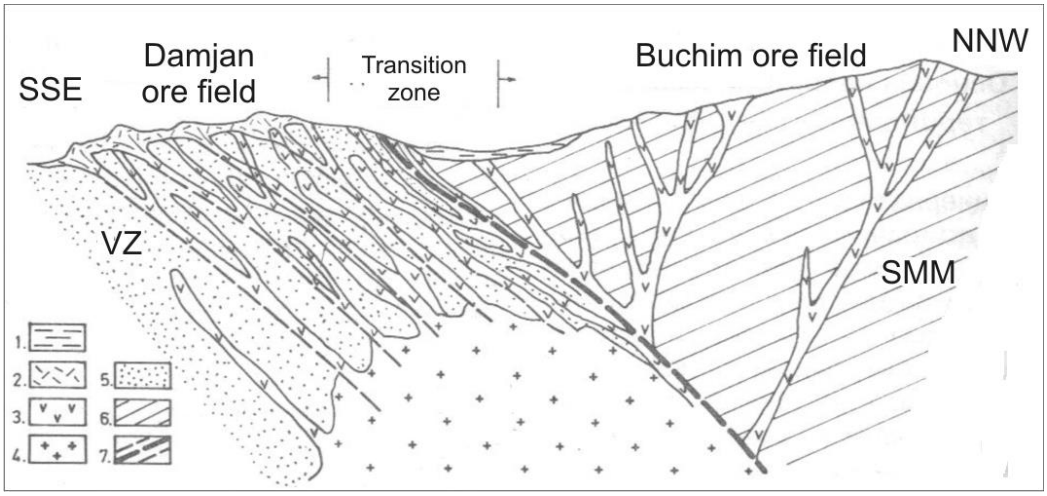


Fig. 1. Distribution of magmatic complexes in the Bučim-Damjan-Borov Dol ore district, schematically only (after Serafimovski 1990).
1. Pliocene-Quarternary sediments, 2. Volcanics, 3.Subvolcanics, 4.Granitoids, 5. The rocks of Vardar zone (VZ), ultramafics, granitoids, Cretaceous and Paleogene sediments, 6. The rocks of Serbo-Macedonian massif (SMM), gneisses, mica-schists, amphiboles, 7. Faults.

The Serbo-Macedonian (SM) metallogenetic province, generally oriented NNW-SSE, and situated between Dinarides-Hellenides and Carpatho-Balkanides, is characterized by polymetallic ore deposits (Pb, Zn, Cu, Mo, As, Sb, etc.). The province is subdivided into several meta-

llogenetic zones and districts, spatially, genetically and timely related to the Tertiary intermediate to acid extrusive-intrusive magmatism.
A lower rank unit of the SM is the Lece-Chalkidiki metallogenetic zone, developed between ensialic, rigid Serbo-Macedonian massif on the east and the Vardar suture zone on the west (Janković, 1967), extending in length more than 500 km, with average width of 30 to 35 km, from Lece (Serbia), to Chalkidiki (Greece) and continuously through Aegean sea to Ismir and Western Anatolia. Serbo-Macedonian massif and Vardar zone, as geologically contrasting geotectonic units, were amalgamated together during Lower Cretaceous time, forming a possible subduction zone between African and Euroasian continental blocks (Janković, 1986; Karamata et al., 1986, Serafimovski et al., 1995).
Buchim-Damjan-Borov Dol ore district is interpreted as a distinctive metallogenetic unit within Lece-Chalkidiki zone on the basis of tectonic and structural controls. The metallogeny of the unit is linked with the Tertiary intermediary calc-alkaline magmatism, represented by subvolcanic-volcanic facies of andesites, latites, quartzlatites, trachytes, trachyrhyolites, etc. (Serafimovski, 1993). The mineralization of Fe, Cu, Au, Pb and Zn is genetically and spatially controlled by fault structures with NW-SE, NNW-SSE, NE-SW strikes, and at places at their junctions and intersections. The volcanic activity commenced at the end of Oligocene, while the ore forming process took place during Miocene. Absolute age of the volcanic rocks in the Buchim area is 25±1 Ma, obtained by K/Ar dating, (Janković et al., 1980; Ivanov, 1982). Stojanov and Serafimovski dated the latites in the same area by K/Ar method and got a spectrum of values from 28 to 24.7 Ma (1987, Project; Cretaceous and Post-Cretaceous magmatism in the Dinarides and Caucasus).

Mineralization is represented by iron skarns, porphyry copper-gold deposits, accompanied locally by vein-type Pb-Zn-Ba mineralizations. Mineralization is restricted to the three ore fields: Buchim, Damjan and Borov Dol with distinct lateral zoning.
Buchim ore field is in the northern part of the ore district, sitting on the Serbo-Macedonian massif, hosted by Precambrian and early Paleozoic metamorphic, crystalline rocks (gneisses, amphibolites, marbles). It is controlled by the lower order fault system striking NNW-SSE, and NEE-SW, intruded by alkali, intermediary latitic and trachyrhyolitic magma, as dykes and minor intrusion (Fig.1). The metamorphic and igneous rocks host porphyry style mineralization. The ring-like shape of the Cu-porphyry mineralization is incorporated within the both host rocks, or within magmatic member itself (Vršnik ore body) (Fig.2).

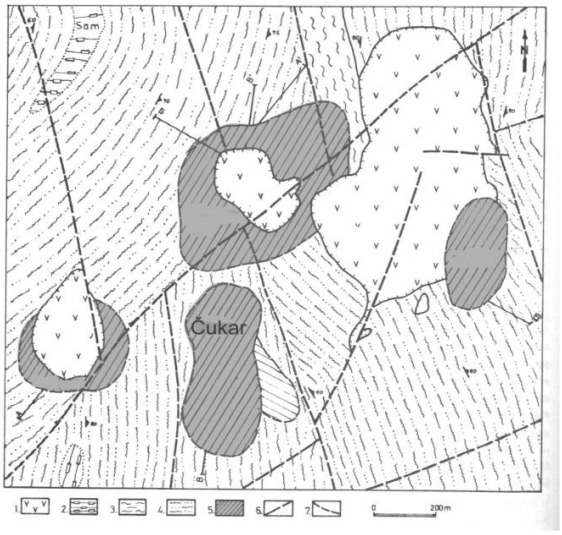


Fig.2. Geological map of the Bučim deposit (after Ivanov, 1982): 1. Andesite and latite, 2. Amphibolite, 3. Mica schist, 4. Gneiss, 5. Copper ore body, 6. Fault, 7.Contour of orebody.

MINERALIZATION

The investigation of the Buchim-Damjan-Borov Dol ore field dates as early as the beginning of the XX century, performed by numerous researchers. The latest contributions based upon plate tectonics and applying modern analytical techniques and genetical models were given by Blečić (1983), Ivanov (1982), Serafimovski (1990, 1993), Janković et al. (1980), Čifliganec (1986, 1987), Serafimovski (1993), ect.
Copper ore is represented by three types of mineralization: (i) the primary, hypogene, in the ore bodies, Central Del and Vršnik, (ii) the secondary, supergene (oxidation-cementation zone), in the Čukar ore body and (iii) the composite of the both types, in the Vršnik ore body. The production, however, is quantitatively leaned on the hypogene sulphide mineralization primarily.
The average chemical composition of the Buchim ore is: 0.43 % Cu, 0.42 g/t Au, o.8 g/t Ag, 30g/t Mo, 2.74 % Fe, 1.05 % S, 30 ppm Ni,

25 ppm Co, 50 ppm Cr, 0.5 % Ti, 60 ppm V, 15 ppm Sn, 1120 ppm As.

The quartz-sulphide veins, the object of the study, have been sampled in the Central Del ore body, which was formed around the intruded latite dyke into the Precambrian schists. Ore mineralization is located in the cone-like ring, following the shape of the volcanic body, classified as conformable porphyry ore body (Krivcov, 1983; Čifliganec, 1987). Diameter of the ore body, including the latite dyke is app. 500 m, and mineralization is along the 250 m vertical interval. The highest concentrations are at the very contact dyke-gneiss, and the ore grade decreases laterally, but not vertically for the Cu, Ag, and Mo. Gold concentration vertically diminishes gradually (Čifliganec, 1987). The sampling site was in the lower part of the ore body Fig.3.

The primary ore parageneses includes the major ore mineral chalcopyrite, followed by pyrite, magnetite, hematite, cubanite, valleriite, native gold, bornite, pyrrhotite, molibenite, bismuth-selenium minerals, Au (electrum and petzite) and U mineral (uraninite), etc.

The principle ore parageneses can be subdivided into the following types (Serafimovski ,1990):

High temperature oxide ore paragenesis; magnetite, titanomagnetite, rutile, specularite, sphene. High temperature sulphide mineralization; pyrrhotite, pyrite-I, chalcopyrite-I, native gold. Mesothermal sulphide ore paragenesis; chalcopyrite-II, pyrite-II, molibdenite, cubanite, valleriite, native gold, bismuthinite, fridrichite, galenobismutite, emplectite, laitakarite, Mesothermal-epithermal sulphide paragenesis; luzonite, tetrahedrite, galena, sphalerite, chalcopyrite-III, pyrite-III, enargite, bornite, chalcocite. Mesothermal-epithermal oxide paragenesis; hematite, martite. Low temperature, petrogenetic paragenesis; quartz, calcite, calcedone. Supergene paragenesis; limonite, tenorite, native copper, malachite, azurite, chalcocite, covellite, bornite. The alteration products are pyrophilite, sericite, hydrobiotite, adular, and quartz. Alteration processes predated and dated the ore forming processes from high to low temperatures

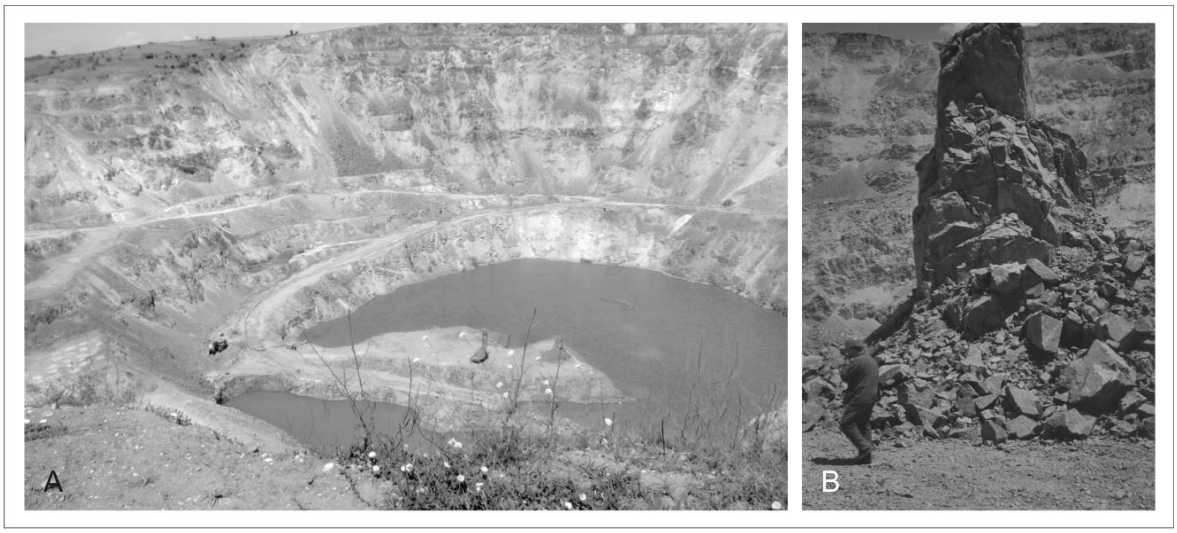


Fig. 3. Buchim open pit mine; the central part accommodates the andesite-latite dyke, which penetrated Precambrian schists. Mineralization is the richest at the very contact dyke-schist following the fracture system induced by dyke intrusion, and afterwards developed by high pressure of fluids during a late stage of magma crystallization.

MATERIALS AND METHODS

A total of six hand-picked mineralized rocks were collected from the Central Del ore body. Petrographical characteristics of the host rocks were determined in thin-sections using Prolux transmitted polarized light microscope equipped with Olympus C-8080 wide zoom digital camera. To examine ore minerals microscopy in reflected light was carried out using Zeiss Axioplan microscope associated with Olympus C-5060 wide zoom digital camera. The textural features and semi-quantitative analyses of the carbon-coated samples were examined by Tescan Scanning Electron Microscope (SEM) linked with INCA 250 analyzing system and Oxford detectors. The analytical conditions consisted of an acceleration voltage of 20 kV, a beam current of 10 nA, a beam diameter of 3–40 μm and

counting time of 200 seconds. Microthermometric measurements were performed on the both-side, ~0.5 mm thick, transparent mineral wafers. Measurements were carried out at Linkam THMS 600 stage mounted on an Olympus BX 51 microscope using 10x and 50x Olympus long-working distance objective lenses for visible light. Two synthetic fluid inclusion standards (SYN FLINC; pure H2O, mixed H2O-CO2) were used to calibrate equipment. The precision of the system was ±2.0°C for homogenization temperature, and ±0.2°C in the temperature range between –60 and +10°C.

RESULTS

Petrography of the host rocks and mineralization

The samples of the ore-bearing andesites-latite have porphyritic texture and consist of plagioclase, quartz, biotite and amphibole. Plagioclase phenocrysts are often subhedral to tabular with incipient sericite and carbonate alteration. The matrix of the porphyries has a composition similar to the phenocrysts and possesses a micro-subhedral texture; a mosaic texture sometimes occurs. Apatite in the form of tabular crystals is much more common than other accessory minerals.

Mineral assemblage of gneiss is represented by quartz and plagioclase extensively altered to sericite. Biotite and chlorite are the major mafic minerals. A limited amount of hornblende is found as well.

Within andesites-latite the mineralization occurs in the form of disseminations, stockworks and veinlets. Gneiss carries veinlets and disseminated ore minerals. Reflected light-microscope studies revealed pyrite and chalcopyrite as the main ore minerals while bornite, magnetite, hematite, sulphosalts and galena occur in lesser quantities (Fig. 4).

The results of SEM studies on mineralized samples are compiled in Figure 5. The most common ore minerals, pyrite and chalcopyrite, are identified by SEM-energy dispersive spectral analysis as well. In addition, SEM-EDS examinations suggest that Ti-oxide associates Cu-mineralization hosted by andesite-latite. Titanite, magnetite and Fe-Ti-oxides are estimated as accessory minerals hosted by gneiss.

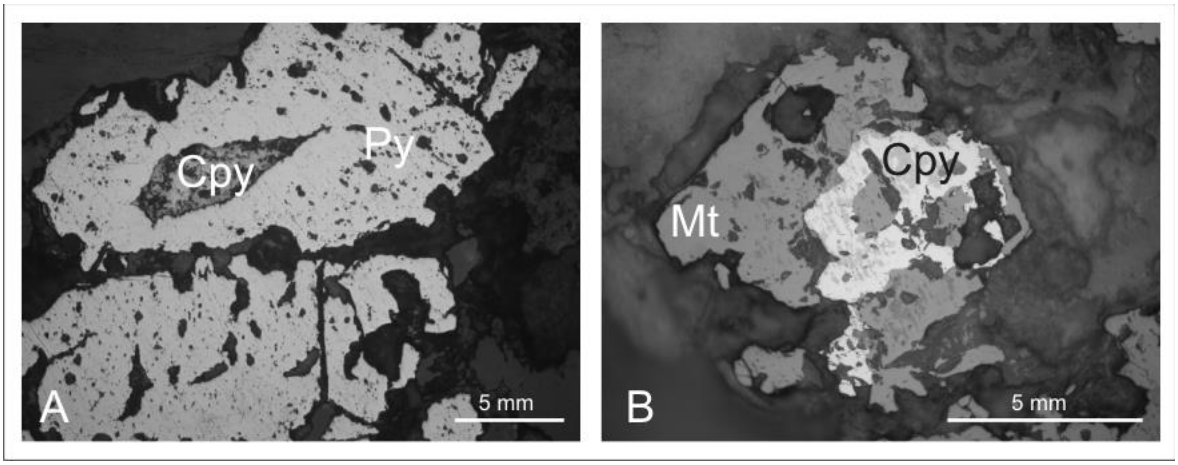


Fig. 4. A. Coarse crystals of pyrite (Py) carry abundant inclusions of chalcopyrite (Cpy); B. The association of chalcopyrite, pyrite and magnetite (Mt) hosted by Precambrian gneiss.

Fluid inclusion studies

Fluid inclusion (FI) studies were focused on quartz crystals intimately associated with pyrite-chalcopyrite stockwork mineralization in gneiss. Based upon their petrographic features two major types of inclusion are distinguished: 1) Primary, two-phase, FIs with the degree of filling (F) between 0.7 and 0.8 and 2) Secondary FIs situated along healed fractures. Microthermometric analyses were performed exclusively on primary fluid inclusions.

Eutectic temperature in the range between -50 and -58°C suggests Ca-Na-chloride system. Hydrohalite melting temperature in the interval from -27.5 to -30.5°C corresponds to $NaCl/(NaCl+CaCl_2)$ ratio between 27.8 and 45.3%. Salinity in the range from 13.8 to 17.3 wt.% NaCl equ. is estimated from final melting temperature of ice between -9.8 and -13.3°C. Homogenization to liquid phase occurred in the narrow temperature interval between 405 and 445°C.

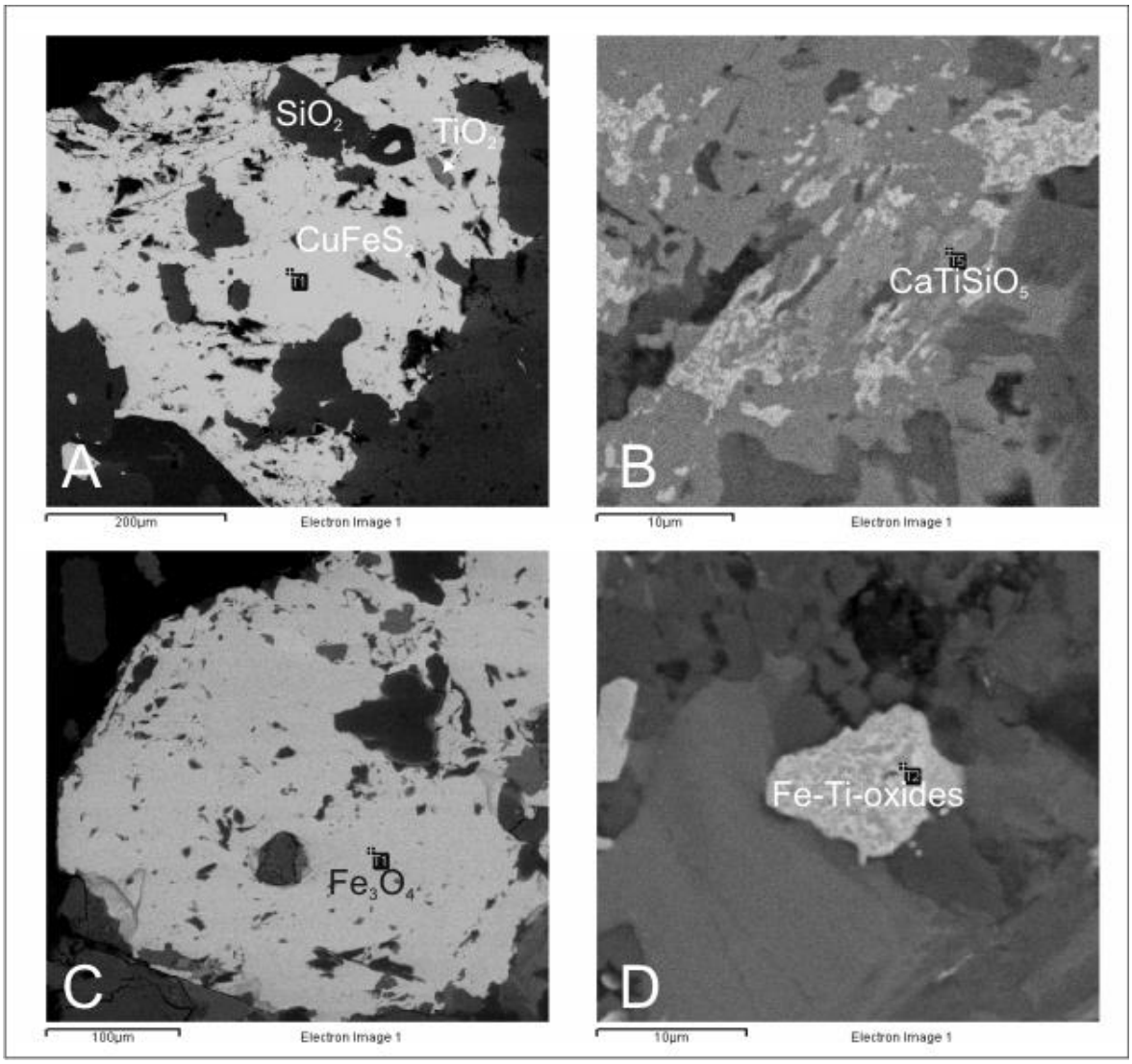


Fig. 5. Scanning electron microphotographs of: A. chalcopyrite-TiO_2-quartz assemblage hosted by andesite-latite; B) Titanite; C) Magnetite and D) Fe-Ti-oxides within Precambrian gneisses.

DISCUSSION

The porphyry systems generally occur at convergent plate margins and in rift-related settings. At convergent margins porphyry deposits form above subduction zones at continental margins and at intra-oceanic island arc. The peculiarity of the Buchim copper porphyry deposit and other small occurances along the Lece-Chalkidiki zone, at the contact of the Vardar suture zone and Serbo-Macedonian ensialic block, is their link with the igneous rocks of crustal origin in post-collisional setting. The Buchim Cu-porphyry can be classified as a hypoabissal (Nielsen, 1976). The most appropriate model applied in the Buchim andisite-latite stock, surrounded by Cu mineralization and poorly defined alteration zones, is diorite-syenite model of Hollister (1978).

The fluids in the porphyry deposits have a complex history. They develop from the genuine magmatic fluids developed by immiscibility between melt and highly saline water phase, and with gradual contribution of the surface waters (meteoric, sea, lacustrine, etc.). It gives a wide range of salinity and composition from 750 to 180 °C.

The homogenization temperatures (Th) determined by (Blečić, 1974, data also presented in Serafimovski, 1996) fit fairly well into the general fluid distributions in porphyries, and were successively applied in temperature discrimination of the mineral parageneses. The recorded magmatic-hydrothermal phase goes from 580 to 430°C, with three phase inclusions, V+L+S, (solid phase halite or some daughter mineral) and V+L (vapor rich) ones.

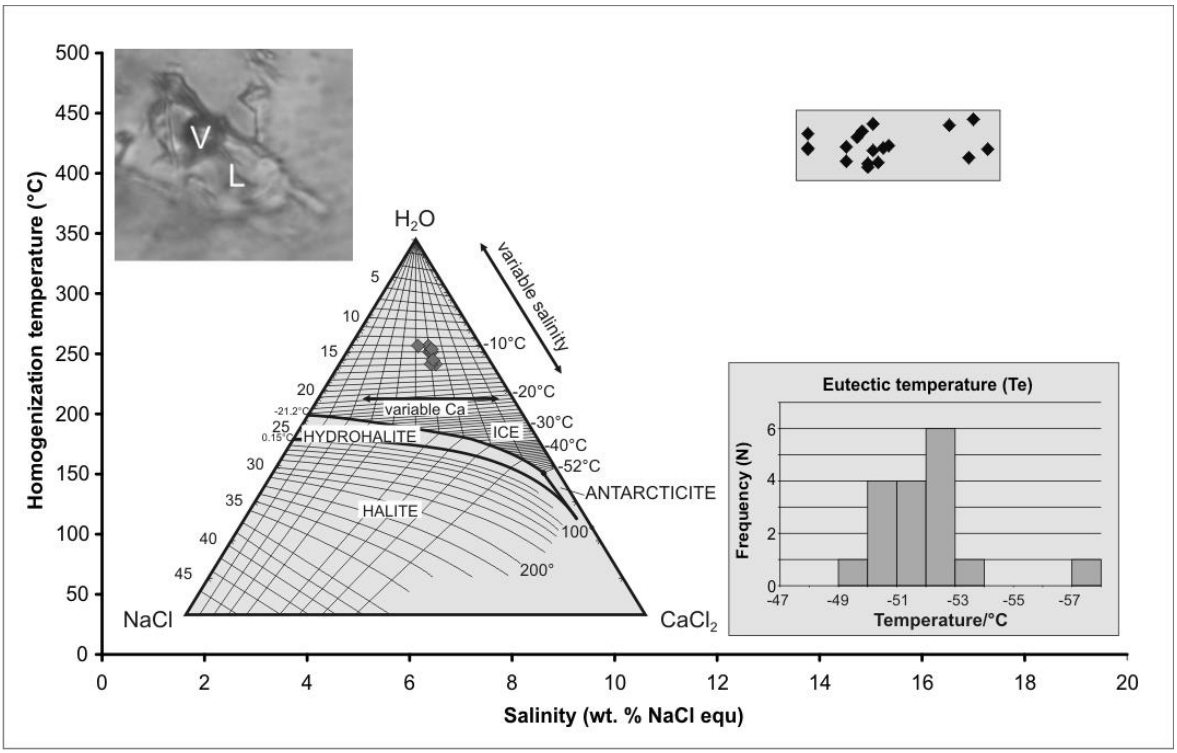


Fig. 6. Salinity vs. homogenization temperatures of two-phase fluid inclusions from quartz associated with pyrite-chalcopyrite mineralization hosted by Precambrian gneisses suggests the deposition from moderate saline and high temperature fluid. Phase diagram for the ternary system NaCl–$CaCl_2$–H_2O indicates variability in total salinity and Ca/Na ratio.

The hydrothermal phase itself is represented by (L+V) inclusions and Th between 430 and 180°C. The pitfall of high temperature data is the missing of temperature regarding disappearance the last coexisting phase. The 1 mm euhedral quartz crystals, which served as the object of the study, were separated from the tiny vugs in the highly chloritized gneiss, (probably amphibolite precursor). The open-vugs were filled with chalcopyrite, pyrite, magnetite, hematite, Fe/Ti oxides and accessory sulfosalts and galena. The temperature of homogenization (Th, 405-445 °C) into liquid phase and the moderate fluid inclusions salinity (14-17 wt.% NaCl equ.) suggest high temperature hydrothermal genesis of the studied ore sample.

The fluid inclusion study might give efficient tool in the exploration activity and determination of the extent and shape of the paleogeothermal field.

REFERENCES

Blečić, N. (1974) Izvještaj o izvršenim termobarohemiskim ispitivanjima na bazi inkluzija rudnih rastvora u mineralnoj paragenezi Bučima. Str. Fond na PRMB, Bučim, Radoviš.

Blečić, N. (1983) Izvori rudnih komponenti hidrotermalnih ležišta (uporedna analiza genetskih modela na primeru rudnog ležišta Zletovo. (In Serbian), The source of ore components in the hydrothermal deposits, comparative analysis of genetical models on the example of ore deposit Zletovo, Dissertation, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology.

Čifliganec, V. (1986) Načini pojavljivanja zlata u porfirskom rudištu bakra Bučim. (with English abstract, Gold appearance in the copper porphyry deposit Buchim). XI Kongres geologa Jugoslavije, Tara.

Čifliganec, V. (1987) Metalogenetske karakteristike ležišta bakra Bučim u Srpsko-Makedonskoj metalogenetskoj provinciji (In Serbian), Metallogenetic characteristics of the Buchim copper deposit in the Serbo-Macedonian metallogenic province. Dissertation, Univ. Belgrade, Faculty of Mining and Geology.

Hollister, VF. (1978) Geology of the porphyry copper deposits of the western

hemisphere. Am.Ins.Metall. Pet.Eng. 219 pp.

Ivanov, T. (1982) Metalogenetska studija na rudniot reon Bučim-Damjan-Borov Dol. Str. Fond na Bučim. Str. Fond (in Macedonian, Metallogenetic study of Buchim-Damjan-Borov Dol ore field; Prof. papers).

Janković, S. (1967) Metalogenetske epohe i rudne oblasti u Jugoslaviji (In Serbian, Metallogenetic epochs and ore districts in Yugoslavia. Zbornik radova RGF, Belgrade.

Janković, S., Petković, M., Tomson, IN., Kravcev, V. (1980) Porphyry Copper deposits in the Serbo-Macedonian province, southeastern Europe. In: Janković, S. and Sillitoe, R.H., SGA-Special publ. 1, UNESCO-IGCP Projects 169 and 60.

Janković, S. (1986) Genetic types of Alpine ore deposits and tectonics in the NE Mediterranean and Southwest Asia. In: Petraschek, W.E., and Janković, S. (eds.), Geotectonic evolution and Metallogeny of the Mediterranean Area and Western Asia.-Őesterr. Akad.Wiss. Erdwiss.Komm. Bd.8., Vienna, 23-25.

Krivcov, A.I., (1983) Geologicheskie osnovi prognozirovanija i poiskov medno-porfirovih mestorozhdenij. "Nedra", Moscow.

Karamata, S., (1986) Tektonika ploča u područjima tetijskog tipa sa primenom na terene Jugoslavije. Zbornik radova X. Kong. geol. Jug., Budva, 544-566 (with English abstract; Plate tectonic modeling in Tethys-type realms-application on Yugoslav area).

Nielsen, R.L. (1976) Recent development in the study of porphyry copper geology: review: In: Sutherland Brown A. (eds) Porphyry deposits of the Canadian Cordillera. Can.Inst.Min.Metall. Spec. Vol. 15: 487-500.

Serafimovski, T. (1990) Metalogenija na zonata Lece-Chalkidiki. Dissertation, (Unpublished, with short English abstract, Metallogeny of Lece-Chalkidiki zone), University of "Kiril and Metodij" Skopje, Faculty of Mining and Geology, Štip.

Serafimovski, T. (1993) Strukturno-metalogenetski karakteristiki na zonata Lece-Halkidiki: Tipovi na naogališta i reonizacija. (in Macedonian with Abstract: Structural-metallogenic Features of the Lece-Chalkidiki Zone: Types and Mineral deposits and Distribution). Special Issue, 2, 328, Skopje, Faculty of Mining and Geology, Štip.

Serafimovski, T., Janković, S., Čifliganec, V. (1995) Alpine metallogeny and plate tectonics in the SW flank of the Carpatho-Balkanides. In: Serafimovski, T. (ed.): ABSTRACT, Alpine metallogeny and plate tectonics in the SW flank of the Carpatho-Balkanides. 1-17, UNESCO-IGCP 356, Faculty of Mining and Geology, Štip.

Serafimovski, T., Čifliganec, V., Janković, S., Boev, B. (1996) Genetic Model of the Buchim Porphyry Copper Deposit, Republic of Macedonia. In: Popov. P. (eds) Plate tectonic aspects of the Alpine metallogeny in the Carpatho-Balkan Region, Proccedings of the Annual Meeting-Sofia, UNESCO-IGCP Project 356, Vol1, 63-74.

МОРФОСТРУКТУРНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА РУДНАТА ОБЛАСТ БУКОВИК-КАДИИЦА, Р. МАКЕДОНИЈА

Горан Тасев[1], Тодор Серафимовски[1], Александар Волков[2] и Нина Кочнева[2]

[1]Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет "Гоце Делчев"-Штип
[2]ИГЕМ-РАН Москва, Русија

Абстракт

Од поодамна е познато дека структурите на современиот рељеф на Источна Македонија ги рефлектираат тектонските форми на Неогениот период како и дека активните рудоносни процеси се случувале во тој период. Заради потребите на дефинирање на морфоструктурните карактеристики на рудната област Буковик-Кадиица беше спроведена анализа врз база на морфоструктурниот метод, а базирана врз најсовремените сознанија и податоци. После интензивните теренски и кабинетски проучувања беше заклучено дека прстенестите, лаковидни и линеаментни структури, со правец на протегање северозапад-југоисток, ја имаат главната улога на контролни фактори при формирањето на полиметаличните минерализации во областа. Главниот рудоносен јазел е формиран на пресекот металогенетска зона Сурдулица-Осогово-Тасос и напречната структура на неа, која допира се до металогенетската зона Кожуф-Аридеа.

Клучни зборови: морфоструктури, рудна област, Буковик-Кадиица

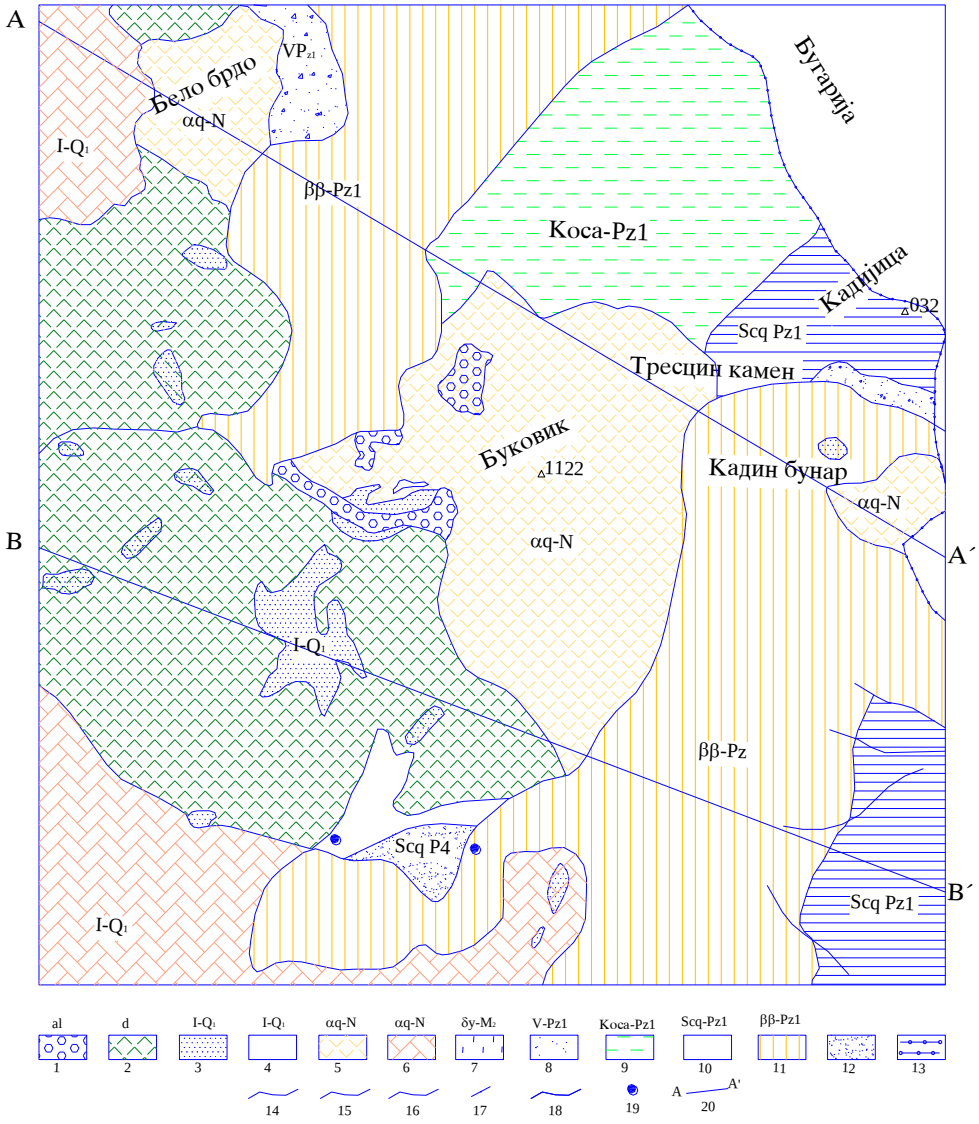
ВОВЕД

Деталните истражувања на полиметаличната Cu-Mo-Au минерализација Буковик-Кадица, Источна Македонија во периодот 2002 година до денес овозможи подетални проучувања и на морфоструктурните карактеристики на областа. По извршените теренски активности, обезбедувањето на подлогите, сателитските снимки и неопходната документација беше пристапено кон морфоструктурна анализа на просторот од интерес

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Геолошките истражувања на областа Буковик-Кадиица (Богоевски, 1964; Стојановиќ, 1969; Ковачевиќ и др., 1973; Стојанов и Александров, 1990; Ѓузелковски, 1960) потврдиле дека станува збор за комплексен геолошки склоп. Од геолошки и структурен аспект областа Буковик-Кадиица и припаѓа на Српско-Македонската маса. Според литолошко-структурните карактеристики на застапените стени се издвоени следните геолошки формации (Сл. 1):

Рифеј-камбриските стени им припаѓаат на ниско метаморфните творби претставени како формација на метадијабази и зелени шкрилци (дијабаз-филитоиден комплекс-Власина комплекс). Во овие стенски комплекси се постојат: *Кварц-серицит-хлоритски шкрилци,* во источниот дел на Буковик и Пехчевска Река со добро развиена шкриљавост; *Епидот-хлорит-амфиболските шкрилци,* со сивозелен до филитичен изглед и шкрилеста структура, застапени на големи површини и честопати пробиени со габрометадијабазите и терциерните вулкански стени. *Метагабродијабазите* настанале како резултат на Рифеј-камбриската магматска активност и се претставени со два типа базични стени и тоа габрови и дијабази. Истите се пробиени со терциерните вулкански стени.



Сл. 1. Геолошка карта на наоѓалиштето Буковик-Кадиица

1. Речен нанос-алувиум (al); 2. Падински нанос-делувиум (d); 3. Квартерни наслаги-црница, суглини и др. (Q2-3);4. Езерски квартерни наслаги-хромитско дацитски бречи-наоѓалишта на железо (I-Q1); 5. Дацити хидротермално изменети (αq-N); 6. Дацити делумно хидротермално изменети (αq-N); 7. Гранодиорити (δy-M2); 8. Габро (V-Pz1); 9. Хлоритско-серицитски шкрилци (Коса-Pz1); 10. Серицитско-кварцни шкрилци (Scq-Pz1); 11. Дијабази, метадијабази (ββ-Pz1); 12. Интензивна пиритизација; 13. Реликти на примарните наоѓалишта на пирит; 14. Утврдена граница; 15. Претпоставена граница; 16. Граница на активен контакт на магматско тело; 17. Елементи на фолијација; 18. Нормален расед; 19. Појави на Pb-Zn; 20. Профилска линија.

Во рамките на ***Старо Палеозојскиот комплекс*** одредени се амфиболските габрови и гранитоидни карпи. Амфиболските габрови имаат остри граници како во однос на гранитите (гранодиоритите) така и во однос на зелените шкрилци. Гранитоидни стени од оваа област во геолошката литература се познати под заедничкиот назив вДелчевски гранитиг.

Во поголем дел гранитоидите во ова подрачје ја пробиваат Рифеј-камбриската зелена серија. Преку нив трансгресивно лежат тријаски песочници и конгломерати, еоценски флиш и неогени творевини.

Пермските седименти лежат трансгресивно преку метагабродијабазите и гранодиоритите. По боја се изразито црвени, жолтеникави до сиви, а фацијалното сменување по хоризонтала и по вертикала им дава шарен изглед. Претставени се од песоци и глинци.

Тријаските творби се представени со маси на долен и среден тријас.

Долен тријас, е претставен со конгломерати и песочници а *среден тријас* е конкордантен со долен тријас, но на повеќе места среден тријас лежи директно на подлогата, како преку гранитите, така и преку палеогените седименти и укажува на тектонските односи со напред споменатите геолошки творби.

Палеогени творби се представени со граноеоценски седименти кои по своите литолошки карактеристики и суперпозицијата на слоевите се издвојуваат следните фации: *Фација на сиви конгломерати (*конгломерати, бречи, песоци, глини и лапорци) *Флишна фација (*различни литолошки членови на жолти песоци со ретки прослојци на алевролитски глини и микроконгломерати со ритмичко сменување).

Терциерните вулкански карши во Делчевско-Пехчевскиот ров присутни се вулкански стени со кварцлатитски состав. Вулканските стени ги пробиваат стените од зелениот комплекс. Веројатно вулканската активност започнала во горен еоцен (35-27 Ма, Стојанов ет ал., 1995) со оглед на тоа дека во горните делови на горен еоцен се констатирани седименти од туфови и туфни песочници. На Буковик покрај вулканските стени се јавува и вулканска бреча. Вулканските стени имаат светло сива, сивосина, сивозеленкаста и многу ретко бледорозова боја. Структурата на овие стени е холокристалесто порфирска.

Плиоценските седименти ги зафаќаат западниот и северозападниот дел на просторот и лежат транзгресивно преку постарите формации. По потекло тое се езерски седименти, а во нив се издвоени две фации: фација на глини, суглини и песоци и чакалесто песоклива фација која е помлада од фација на глини, суглини и песоци.

Квартерните наслаги се со големо пространство, особено, околу Пехчево и село Црник, а исто така и вдолж речните текови. Издвоени се повеќе генетски типови, према составот и начинот на појавување: *Барско-езерски творевини (*представени со чакали, бречи, песоци и глини со жолтеникава и изразито црвена боја) и *Лимонитски и кварцлатитски бречи (*кварцлатитски бречи, со лимонит или без него).

Пролувијалните творби се претставени од слабо обработени и необработени парчиња на магматски, метаморфни стени придружени со чакали, суглини и песоци.

Алувијалите творби се претставени со чакали и песоци, кои водат потекло од стените низ кои течат водите од сливовите на овие реки.

МОРФОСТРУКТУРА НА РУДНАТА ОБЛАСТ
Буковик-КАДИИЦА

Развојот на Неогениот магматизам и рудоформирање во Македонија се поврзува со тектонска зона која има североисточно протегање (Jankovic and Serafimovski, 1997). Оваа зона е следена од Србија низ Македонија и Грција, а проследена е со систем на лонгитудинални пукнатини. Исто така долж оваа зона во границите на Српско-Македонскиот масив се забележуваат и лаковидни закривени структури, чиј развој се поврзува со Неогената активација. Линеарните системи на пукнатини и закривените структури се од голема вредност при сфаќањето на сместувањето на една руда.

Овој појас одреден во источните делови на Македонија, се состои од три металогенетски зони, од кои во секоја се забележуваат системи на пукнатини, грабенски вдлабнатини, ланци на прстенасти структури. Секоја металогенетска зона се разликува според специфичностите на минерализацијата. Кон североисток се појавува директна

промена на минерализационите типови од високо-температурни кон ниско-температурни и од малку сулфидни кон полисулфидни.

Рудната област Кадиица-Буковик се наоѓа во границите на најисточната зона Сурдулица-Осогово-Тасос (Александров, 1992) и се карактеризира со полиметалична минерализација. Во рамките на оваа металогенетска зона се лоцирани системи на рудни тела и вкрстени дајкови на кварц-латити кои имаат апсолутна старост помеѓу 24-12 милиони години. Во оваа зона се лоцирани некои рудни области, а со детални анализи уште порано се одредени основните структури на Осоговската полиметалична рудна област, при што беше покажано, дека основните наоѓалишта се лоцирани во границите на структурите на доми кои се вкрстуваат и на пресекувањето на пукнатините на северозападниот систем на меридијански и северо-источни пукнатини (Serafimovski et al., 1997; Jankovic and Serafimovski, 1997; Thompson et al., 1998). Сите структурни елементи се лоцирани на база на морфоструктурната анализа и интерпретацијата на сателитски снимки.

Уште порано е докажано, дека современите форми во границите на македонија имале долг и непрекинат развој, кој дозволува употреба на тектонските елементи на рељефот при откривањето на контролните структури на оруднувањето (Tomson et al., 1998a/b).

Со помошта на структурно-геоморфолошката анализа по аналогија со Осогово беше истражувана и рудната област Кадиица-Буковик. за откривање на тектонските елементи на современиот рељеф беа користени порано развиени методологии, помеѓу кои генерализација на хоризонтали, проучување на речната мрежа, интерпретација на сателитски снимки. Анализата на рељефот беше извршена на врз база на топографска карта со размер 1:100 000 и материјали за далечинска проспекција од различни размери. Така на пример покрај останатите материјали беа користени сателитски снимки (Earth Sat) во опсег на резолуции од 15 до 50 m (со чекор 5 m) и површина на покривање во опсег од 7.5 *x* 7.5 km до 25 *x* 25 km (со чекор од 2.5 km). исто така беше извршено и детално проучување на претходни фондовски материјали поврзани со областа од интерес.

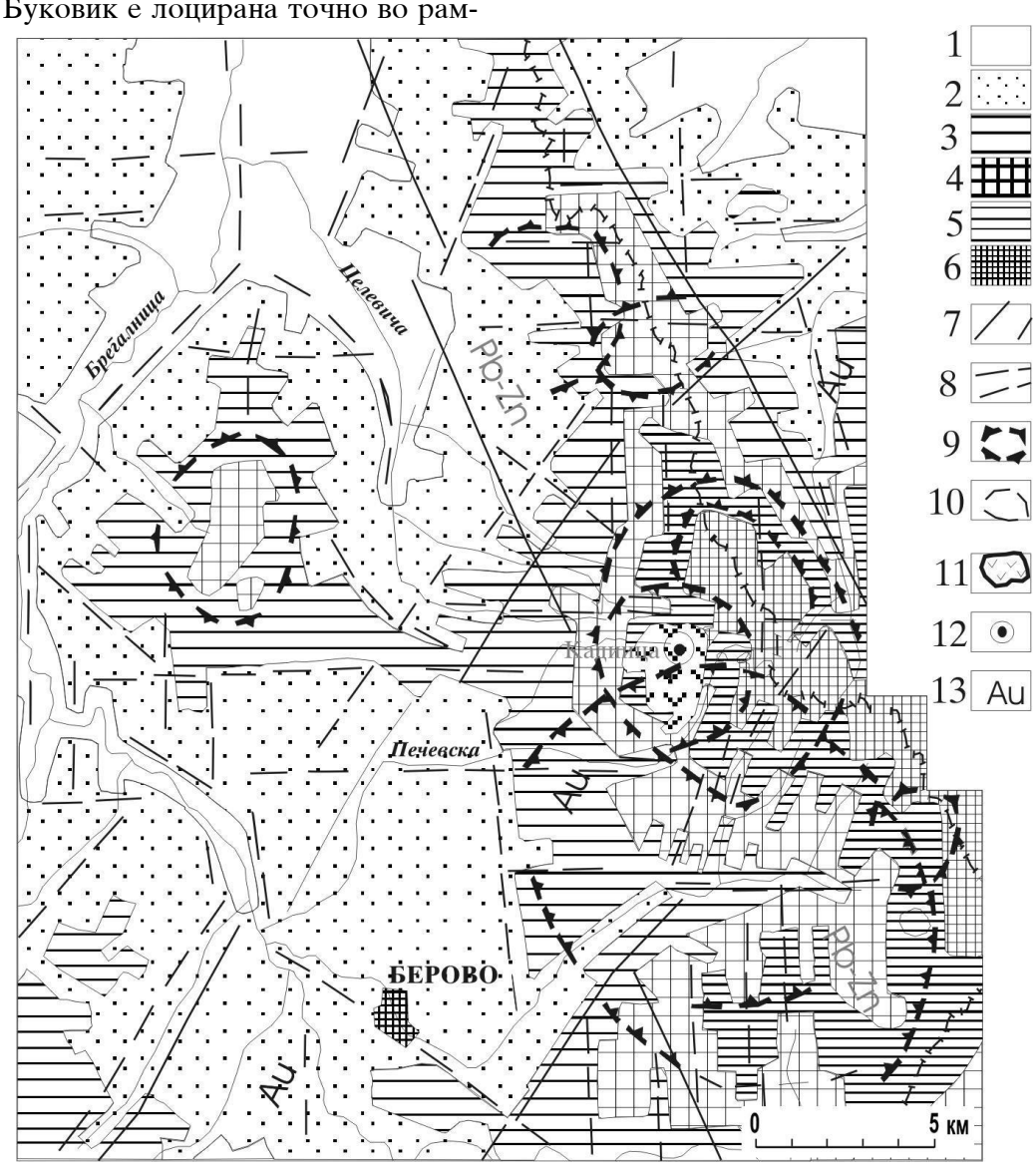
Истражуваната област е лоцирана во горните делови на Брегалница, Пехчевска река и Целевица. Во оваа област водените струи формираат два система: *центрифугален*, во горниот дел на Брегалница и *центрипетален* во границите на планината Кадиица. Северниот дел од областа е од средно планински карактер и е издигнат до висина од 1700-1900 m, јужниот дел е релативно спуштен 1000-1300 m, раздвоен со широка долина со слободно протегање и бројни водени токови кои течат во главниот тек.

Од север и исток спуштениот дел од областа е опкружен со издигнат лак, чија висина се менува од 1600 до 1700 m. Радијалната и радијално-центрифугалната форма на водените-токови кои се издигнати, и спуштениот дел овозможува да се лоцираат две вкрстени овални структури: јужна со големина 11 на 8 км, северна 7.5 на 6 км. високите коти, проучувањето на ерозијата, алувијалната акумулација, идентифицираат падински развој со карактеристични форми на долини и падини на јужната овална структура и спротивно, издигање на северната овална структура (Слика 2).

Пресекувањето на лоцираните овални форми е комплицирано со прстенаста структура со дијаметар 3.5 km. централниот дел на оваа структура се совпаѓа со независно издигнатиот буковик, издигнат до висина од 1700 m. Големата маса е одредена дека е најиздигнатиот дел од Буковичката структура на Плиоценски вулкански карпи. околу издигнатиот дел е лоцирана депресија во прстенаст појас, кој е нагласен со највисоките делови на долините на реките Целевица, Пехчевска-Ракочевица. Од исток на надворешната страна на структурата е ограничена се еден лак кој се издига до висина од 1700-1900 m.

Лоцираната група на прстенасти структури е лоцирана на пресекот на две металогенетски зони: полиметалична Сурдулица-Осогово-Тасос и Кожуф-Аридеа (во која е и наоѓалиштето алшар) со придружната Плиоценска минерализација.

Областа на пресекот е повисока од споменатите зони и има сложена градба. Според тоа, прстенестата структура Буковик е лоцирана точно во рамките на пресекот на ортогоналните системи на пукнатините откриени на линеарните тектонски елементи на современиот рељеф. Диспозициите на меридијанскиот правец се претставени во форма на поиспукани зони откриени со сателитски снимки, а на топографската карта се прикажани како фини линеарни елементи во рељефот.



СЛ. 2. Морфоструктурна карта на област Буковик-Кадиица

1-6. Хипсометриски нивои (во m): 1-Пониско од 800; 2. 800-1000; 3. 1000-1200; 4. 1200-1500; 5. 1500-1700; 6. Повеќе од 1700; 7. Металогенетски зони, структури, појави на топографските и сателитските снимки; 8. Праволиниски дислокации; 9. Граници на концентрични структури; 10. Концентрични дислокации; 11. Појави на плиоценски вулканити; 12. Наоѓалиште Буковик-Кадиица; 13. Специјализација на металогенетски зони.

Тие елементи се директно подложни на напречните системи. станува збор за нагласени со тектонски Зарамнувања, свиоци на големи реки,

современи грабенски вдлабнатини. Како што веке беше кажано, вообичаено е да ортогоналните системи се простираат по правец и честопати се поврзани преку зоните на разломи. Освен горе споменатото, во границите на областа Буковик-Кадиица лоцирана е линеарната зона од Градишка до Кадан-Бунар, која се наоѓа во самиот агол на правецот на напоредната металогенетска зона Кожуф-Аридеа. Станува збор за длабоко еродирана зона, дефинирана со споени ректилиниеарни долини, што може да биде индикатор за длабоки зони со најголема пермеабилност на површината.

ЗАКЛУЧОК

Врз база на деталните теренски и кабинетски проучубвања на фактичката состојба на теренот, сателитските снимки, металогенетските карактеристики, стручна литература и др., беше заклучено дека морфоструктурни параметри на областа Буковик-Кадиица се карактеризираат структурите со два генерални правци и тоа: северозапад-југоисток и североисток-југозапад. исто така, овие проучувања покажаа дека главните места на минерализациите се поклопуваат со самите центри на јазлите на пресечување на главните структури.

ЛИТЕРАТУРА

Jankovic, S., Serafimovski, T., 1997: Specific Features of Mineralization Related to Different Tectonic Enviroments in the Serbo-Macedonian Metallogenic Province. Symposium-Annual Meeting, Proceeding-Abstract, 285-286, Dojran.

Серафимовски, Т., 1990: Металогенија на зоната Лече-Халкидик Докторска дисертација, 380 п, Штип

Serafimovski, T., Tomson, I. N., Kocneva, N. T., 1997: Alpine orogenic structures and metallogeny in the Serbo-Macedonian massif and the Vardar zone of the territory of Macedonia. Symposium-Annual Meeting, Proceeding 113-117, Dojran.

Стојановиќ М., 1969: Геолошка градба на поширокото подрачје на Буковиќ (Пехчево), со осврт на геолошко-минералошки и генетски карактеристики на наоѓалиштата на лимонитски бречи. Трудови на гелошки завод на Р. Македонија.

Ковачевиќ М., Ракичевиќ Т., Арсовски М., 1973: Толкувач за листот Делчево, Гелошки завод на Р. Македонија - Скопје.

Стојанов Р., Александров М., 1990: Терциерниот вулканизам во Сасо - Тораничката зона. - *XII Конгрес на геолозите на Југославија* - Охрид.

Богоевски К., 1964: Металогенија везана за терцијарни магматизам у области Осогово-Бесна Кобила. Докторска дисертација-Београд.

Ѓузелковски Д., 1960: Геолошка градба на теренот Делчево-Пехчево (планина Влаина). Трудови на геолошки завод на Р. Македонија - Скопље.

Александров М., 1992: Металогенетски карактеристики на полиметаличното рудно поле САСА-Источна Македонија. Докторска дисертација. Штип.

Stojanov, R., Hadzi Petrusev, B. and Aleksandrov, M., 1995: Dacitic-rhyolitic volcanic products at the Bukovik-Kadijca (Pehcevo District) and the related porphyry-copper mineralization. Geologica Balcanica, 25. 5-6, Sofia, p. 83-90.

Томсон, И. Н., Серафимовски, Т., Кочнева, Н., 1998а: Кајнозојскаја металогенија восточној Македонији. Геологија Рудних Месторождениј, 1998, Том 40, Н. 3, 195-204, Москва.

Tomson, I. N., T. Serafimovski, and N. T. Kochneva, 1998b. Cenozoic Metallogeny of Eastern Macedonia. Geol. Rudn. Mestorozhd. 40 (3), 195-204 and Geol. Ore Deposits 40 (3), 175-183.

МИНЕРАЛНИТЕ СУРОВИНИ ВО КРАТОВСКО - ЗЛЕТОВСКАТА ОБЛАСТ

Игнат Ефремов
ИММ - Злетово - Пробиштип, Македонија

Абстракт

Долгогодишните истражувања низ подолгиот временски период, овозможија издвојување на повеќе видови на минерални суровини од металични, неметалични и енергетски карактер.

Степенот на сознанија е многу унеедначен, од причина за актуелноста и економските потреби, големината на наоѓалиштата и појавите, географско-комуникациските особености и заинтересираноста на субјектите.Во тој поглед поголемо внимание е посветувано на полиметаличните олово, цинкови, бакарни и сребрени оруднувања, додека на останатите злато, уран, сулфур, туфови кварцити , јаглен, битуминозни шкрилци, бентонати и други суровини тоа било симболично.

Во моментот, цел на овој труд е да го прикаже постоењето на минералните суровини за кои во иднина ќе предизвика интерес за нивно истражување и експлоатација.

ВИДОВИ И ТИПОВИ НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Се издвојуваат следниве типови на минерални суровини:

1. Полиминерални минерални суровини со вулканско потекло
2. Благородни метали
3. Неметалични минерални суровини од магматско, вулканско и седиментно потекло и енергетски минерални суровини

1. Полиметаличнi рудни наогалишта и појави

Кратовско-Злетовската област во минатото е истражувана на поширок простор од околу 1500 km^2, со променлив интензитет и со нерамномерна застапеност, со кое се добивани и различни степени на сознанија за поедини делови од просторот и различни минерални суровини поголемо внимание е посветувано на полиметаличните, каде се постигнати и завидни резултати со кои ова област е меѓу позначајните во Европа и светот.

Истражувањата и експлоатацијата се вршени на повеќе локалитети при кои се откриени олово-цинкови и бакарни наоѓалишта и појави за кои во иднина постои интерес за нивно доистражување и отварање на нови рудници.

Меѓу позначајните перспективни наоѓалишта особено внимание во идно концесиско работење се издвојуваат:

1.1 Олово - цинково наоѓалиште "Близанци"

Ова наоѓалиште се наоѓа северно од концесијата на ИММ-Злетово, на кое во досегашното истражување со детални истражни работи се утврдени неколку рудни структури , меѓусебно паралелни со протегање од неколку стотици метри до 1 км со дебелина од 0.8 до 1.5 метри со содржина на олово и цинк преку 5% и рудни резерви преку 200 000 тони. Со сеуште мал степен на истраженост. Рудната минерализација е: галенит, сфалерит, халкопирит, пирит со придружните минерали (барит, калцит, кварц и сидерит).

Рудното наоѓалиште е во вулканскиот комплекс на дацито-андезити и нивните туфови.

1.2 Олово-цинково наоѓалиште "Шлегово"

Се наоѓа на северо западните делови од Плавичката калдера каде е утврдено присуство на повеќе рудни локалитети меѓу кои : Трњак, Борчиња, Таламбас, Шлегово, Приковци, Жгури и др.

Низ приказот на наоѓалиштето "Шлегово"воглавно ќе бидат прикажани и сличностите со другите локалитети, бидејќи се работи за рудни структури со ист или сличен тип.

Рудното наоѓалиште "Шлегово"е истражувано со длабинско дупчење од површина на теренот по мрежа 100×50, при кое се откриени две структури со масивно импрегнациско оруднување на околу 1 км ' со дебелина од 0,6 до 1.5 м '

и содржина на метали од Pb = 2.50 и Zn = 1.70 %, околу 80 gr/t Ag.

Рудните резерви се пресметани и проценети на 2 000 000 тони со можност на нивно зголемување.

1.3 Олово - цинково лежиште "Јамиште"

Се наоѓа во југо источниот дел на Кратовско - Злетовската облааст, во Осоговскиот комплекс на стени на самиот контакт помеѓу две големи ѓео тектонски единици изградени од стари метаморфни стени и млади вулканити од дацитски карактер.

Оруднувањата се сместени во геотектонските здробени зони во вид на жично импрегнациони оруднувања на галенит , свалерит, халкопирит и др.со продуктивна дебелина од 1,5m и 6% Pb + Zn., со зголемена содржина на сребро и кадмиум.

Постои варијабилност по протегање и пад на рудните тела , но обликот е жичесто-импрегнационен тип. Истражувањата се вршени со чести преќини поради лошите пристапни услови , кои во моментот се подобрени.

На теренот се присутни многу остатоци од старо рударење, што укажува дека на овој простор можат да се откријат поголеми количини на олово-цинкова руда.

1.4 Олово-цинково оруднување "Турско Рудари"

Се наоѓа во ЈИ делови на таканаречената Рајчанска калдера , каде во минатото се вршени проспекциски истражувања и проверувани со плитко длабинско дупчење . Минерализацијата е во рудни жици со чести сочивасти тела и нивно исклинување, слични на штокверк создадени во вулкански бречи. Дебелината на рудните тела варира од 0.5-1.5 m со многу променлива содржина од 1 - 15 % или просечно околу 5% Pb + Zn.

Малиот обем на истражни работи дал соодветни правци за поголема перспективност.

1.5 Рудни појави "Бајловци"

Со регионалните геолошки истражувања и изведениот мал обем на проспекциони работи во СЗ делови од Кратовско-Злетовската област во реонот на село Бајловци откриени се неколку рудни појави и минерализации на полиметали кои не се истражувани .

Лошите комуникации и слабата етничка средина, не предизвикале поголем интерес за нивно доистражување.

1.6 Рудно наоѓалиште на бакар "Златица"

Во пределод СЗ од олово-цинковото наоѓалиште "Злетово"се наоѓаат рудните структури со зголемена содржина на бакар и злато "Златица"

Централниот дел на Плавичката калдера е подолго време истражувана со длабински дупчења од површина по детална мрежа, изработени се неколку руднички поткопи, при што се утврдени околу 50 000 000 тони руда со околу 0.2% Cu и 0.2gr/t Au.

Ова наоѓалиште е во составот на компанијата "Силекс" од Кратово.

1.7 Рудни појави на бакар "Припор"- Кочани

Овие минерализации се концентрирани просторот од браната Градче и источно од градот Кочани , каде се откриени минерализации од бакар во стените на шкрилестиот комплекс.

Поголеми истражувања не се вршени , но земајќи го во предвид просторот истите заслужуваат да бидат истражувани.

2 БЛАГОРОДНИ МЕТАЛИ

2.1 Маричански рид, Доганџиски камен, Боровиќ

Во рамките на Плавичката калдера во завршните фази на вулканизацијата се создадени повеќе кварцитни издолжени форми во кои е откриено зголемено присуство на благородни метали Au и Ag.

Досега во рамките на постојаните проспекциски истражувања истите се карактеризираат како вероватни потенцијални оруднувања на овој вид метали.

3 НЕМЕТАЛИЧНИ МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

На поширокиот простор од Кратовско-Злетовската област се откриени и дел од нив во активна состојба повеќе видови на неметали кои имаат особено значење за нивно понатамошно економско валоризирање.

3.1 Рудно наоѓалиште и појави на самороден сулфур Плешенци и ТурскоРудари

Во завршната фумаронска фаза во страничните и плитки басени во седиментите создадени од туфозен материјал, вршени се есхалации на сулфурни пареи и истите се интерститификувани во облик на штокверк.

Вакви оруднувања се истражувани во две локации:

а) Плешенци:каде со длабинско дупчење од површината издупчени се седум дупчотини со длабочина од 350м. по мрежа 200*100 при кое е откриено рудно тело со димензии 300*150*6=3 000 000 тони сулфур со просечна содржина од 7%сулфур.

б) Т.Рудари: При истражување на други минерални суровини , најдени се прослојци од гипс и сулфур во две дупчотини. Истите не се истражуани и постои реална можност за проширување на количините , бидејќи во тој дел минува главната раседна структура вдолж која се појавите на геотермија.

3.2 Рудни наогалишта на кварцит и опализирани стени (Црн врв , Плавица , Стрмош и Раткова скала)

Овие минерални суровини се предмет на експлоатација на постојните компании и за нив нема детално да прикажуваме. Воопшто сите располагаат со доволно резерви за долгогодишно работење.

Постојат помали локалитети надвор од концесиските простори кои заслужуваат да бидат истражувани : Ратавица, Кундино, Јуручки камен и
Лесново.

3.3 Украсен камен -габро Шталковица

Во последно време се издадени концесии за детално истражување и експлоатација на габро на просторот на Шталковица и Пантелеј.

Габрото е со темно зеленикава боја, многу цврсто зрнаста структура , со огромни количини .

Истражувањата се многу мали , барат да се утврдат и другите карактеристики како и степенот на искористување на блоковите.

Постои интерес за повеќе простори и како суровина бара посебен третман.

4. ЕНЕРГЕТСКИ СУРОВИНИ

На овој простор особено внимание преставуваат:

4.1. Битуминозните шкрилци "Плешенци"

На просторот од повеќе од 10 km^2 е вршено длабинско дупчење при кое е утврдено присуство на пакет суровини со дебелина околу 90 м, резерви 150 мил. тони со 7% масленост и калорична вредност околу 1100 kkal/kg. Испитувањата за технолошкиот процес не се дефинитивни , со што постои можност за нивна примена и во други дејности.

4.2 Рудно наогалиште на Уран "Злетовска Река"

Во периодот 1960-65 година во СИ делови на областа изведувани се истражувања на нуклеарни суровини .

Од податоците со кои се располага , особено е значајно ова наоѓалиште во кое на површина од преку 2 km^2 , на контактот на метаморфниот комплекс и младите вулкански здробени тектонски зони е одложена уранска минерализација во зона со силни измени.

Минерализацијата е составена од : прашкаста пехблеида , аштунит и др. во облик ситни скрами чија продуктивна дебелина е преку 1 метар.

Ширината на оруднувањето во зоната е 10м и пресметани резерви од 700 000 тони со 0.1 U_3O_8.

Напоменуваме дека овие истраги се изведувани во строго доверлив карактер за потребите на тогашната армија на Југославија.

ЗАКЛУЧОК

1.Вулканската активност овозможила создавање на повеќе видови и типови на оруднување

2. Досегашните истражувања се база за идните активности , при кое концесионерите имаат одредени представа за идните испитувања

3. Ниското сознание е одраз на недоволните вложувања во истражувањето на сите постојани минерални оруднувања

4. Изготвувањето на програма за истражување и нејно реализирање преку издавање на концесии

5. Потенцијалот на областа влева сигурност во идните вложувања.

РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО НА РУДНОТО ТЕЛО “ВРШНИК”-РУДНИК “БУЧИМ”

Филев Кирчо и Костадинов Горги
ДПТУ "БУЧИМ" ДООЕЛ-Радовиш

Апстракт

Резултатите од истражувањето на рудното тело "Вршник" кое во состав во рудното наогалиште Бучим. Со директно проучување на главната концепција на истражување на рудникот Бучим. Со помош на комплексните геолошки истражувања кои во фазата на деталните истражувања е применето истражувачки дупки по мрежа 100 x 100 и погустување на мрежата 100 x 50, 50 x 50, 50 x 33 m., добиени се следните резултати : 12,894,550 тони руда со 0,341% Cu и 0,21 g/t Au. Од вкупните количини 5,000,000 тони е оксидна руда а останатите количини се сулфидна руда.

Вовед

Како основни и почетни податоци за геолошката градба на наогалиштето Бучим потекнуваат од J.Цвиић(1906). Овие податоци се од големо значење за понатамошните согледувања на регионалните геолошки истражувања.

Геолошките истражувања започнале 1955год. од страна на рудници за олово и цинк (Злетово). Во 1966год. се продолжило со длабинско истражно дупчење од страна на геолошки завод од Скопје. Поинтезивни геолошки истражувачки работи започнале 1966 година и тоа главно со длабинско истражно дупчење. Со пресметката на рудните резерви на наогалиштето Бучим извршена 1972 год., од страна на геолошки завод од Скопје издвоени се четири рудни тела: Централно рудно тело, Чукар, Вршник, Бунарџик. Во покасниот период секое рудно тело е третирано посебно .

Геолошки карактеристики

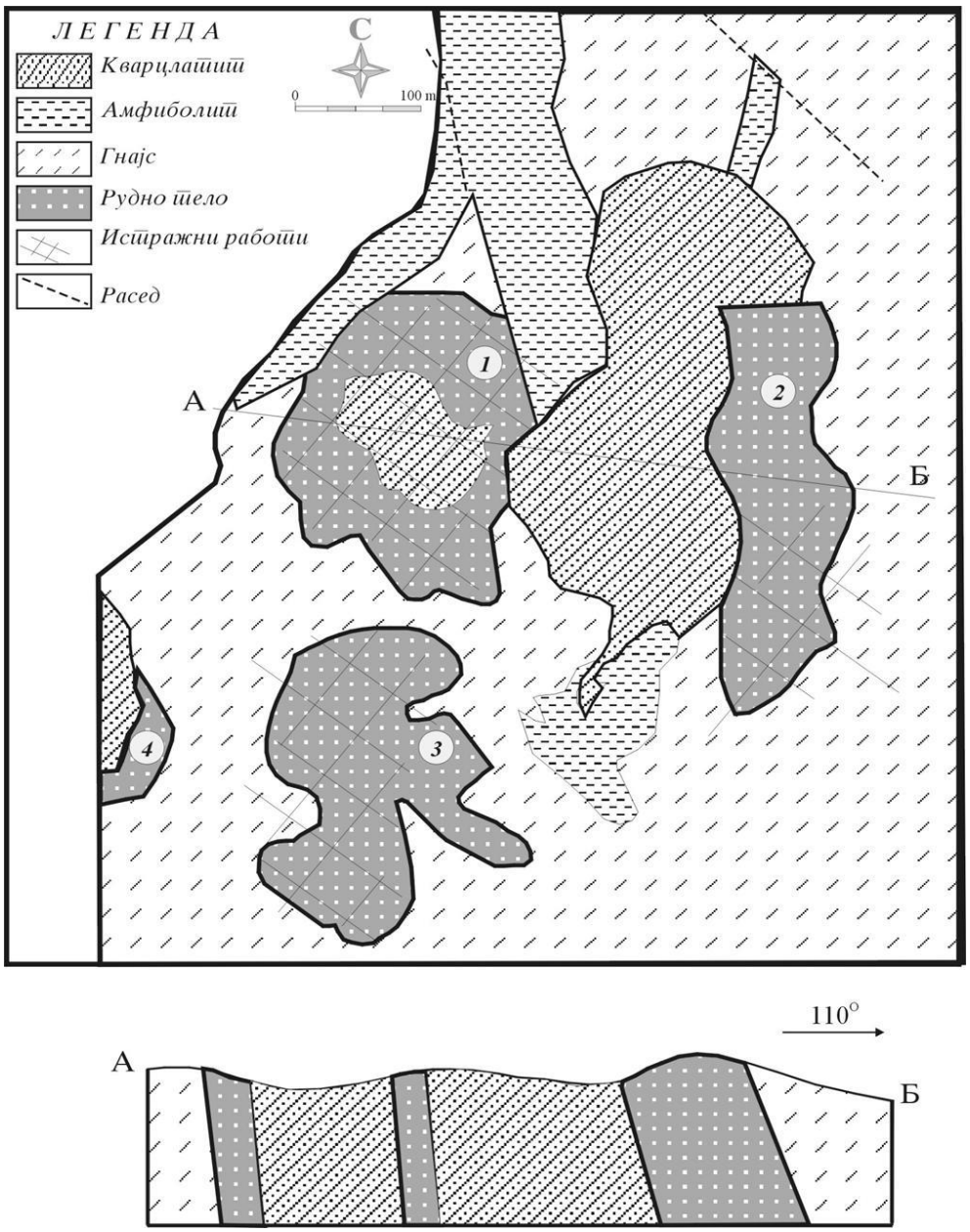
Рудното тело “Вршник” како составен дел на наогалиштето “Бучим” изградено е од стени како и самото наогалиште “Бучим”.

Во рудното тело “Вршник” е недоволно разјаснето дали се работи за една или две фази на адезит. Мислењето на повеке геолози е дека андезитниот пробој на “Вршник” е проширен со мали и стерилни андезитски апофизи, што условува нерамномерно орудување. Андезитскиот пробој во рудното тело Вршник е најголемо во однос на другите пробои во лежиштето и изнесува 0,5 км². Во југоисточните делови на рудното тело “Вршник” имаме појава на серпентенити но истите се со мали димензии(1-10м) кои што најчесто се појавуваат по должина на раседните зони.

Рудното тело “Вршник” е изградено од прекамбриски метаморфни карпи(разни варианти на гнајсеви, палеозојски магматски карпи (амфиболити и серпентити, метагаброви и габропорфирити) терцијарни ефузивни карпи од редот на андезити и трахиандезити (слика 1).

Орудувањето во рудното тело “Вршник” е во вид на штокверк, односно мали жички со пирит, халкопирит и кварц, ретко импрегнации од пирит халкопирит.

Минерализацијата е сместена во прекамбриските карпи за секундарно оруднување и во андезите на примарното орудњување.



Сл. 1. *Геолошка карта и профил на наоѓалиштето Бучим (Чифлиганец, 1987; модификувал Тасев, 2003)*

1. Рудно тело Централен Дел; 2. Рудно тело Вршник; 3. Рудно тело Чукар; 4. Рудно тело Бунарџик

Геолошко-истражувачки работи

Широко застапени геолошки истражувања:

-Површинско-геолошко картирање 1: 2500(основна геолошка карта) 1:10000(детална геолошка карта) 1:2500(детална геолошка карта).

-Геолошки испитувања со примена на електрични методи, геохемиска проспекција како регионална така и детална.

Врз основа на сите овие испитувања и добиените резултати дозволуваат понатамошно истражување со длабинско истражно дупчење.

Истражувачките работи во рудното тело "Вршник" до 1970 година се вршени со длабинско дупчење по мрежа 100х100 м и со јамски истражни работи по истата мрежа.

Во 1980/81 година со цел да се зголеми степенот на сигурност е извршено погустување на мрежата на дупчење на 100х33м.

Во периодот 1984/85 година е извршено погустување на мрежата на дупчење на 50х50м односно 50х33м. Целта на тоа истражување било да се опфатат подлабоките делови на рудното тело "Вршник", бидејќи претходните дупчотини се плитки и тоа 60-100м.

Во 1990 година се издупчени 940м(16 дупчотини) со длабочина до 90м ,односно програма да се проверат технолошките карактеристики на рудата во лабораториски обем.

Рудата од рудното тело "Вршник" е испитувана од технолошки аспект во неколку наврати:

-Лабораториски испитувања во 1972 година.

-Полуиндустриски испитувања врз основа на кои рудата е предвидена за експлоатација. Материјалот за овие испитувања е земен од јамските истражни работи на ниво 650м ,а испитувањата се извршени во институтот во Бор, Рударски институт од Белград и Мскее.Резултатите од овие испитувања зборуваат за искористување од 52-86 % додека композитната проба анализирана од Мскее даде резултати од 75 % флотациско искористување на бакар.

Со испитувањето на формираните проби од 1990 година се испитувани технолошките особини на рудата во лаботаториски обем и тоа е извршено само на првите две етажни блока-675/660 и 660/645 од страна на "Рударски Институт Земун" како резултат од технолошките испитувања на етажниот блок 675/660, има најголемо присуство на оксиден бакар(45%),а искористувањето на бакарот се движи од 5,32-14,96 % за оксиден бакар и 26,42-40,23% за сулфиден бакар и 16-23% за вкупен бакар на етажниот блок 660/645 (искористувањето на сулфидниот бакар 71%,на оксидниот 3%, а на вкупниот 74% како на овој етажен блок се присутни 30% оксиди на бакар).

Од ова се гледа дека добиените резултати од лабораториските испитувања од 74% се поклопуваат со полуиндустриските испитувања (75%), ниво 650.

Врз основа на овие добиени резултати во рудното тело "Вршник" се увидени неколку типови на орудување.

Типови на орудување во рудното тело "Вршник"

Орудувањето во рудното тело "Вршник" е од штокверно-импрегнационен тип депонитано во вулканските карпи во источниот периферен дел.

Оксидационо-цементационата зона е потполно развиена со преодна зона кој во подлабоките делови поминува во примарна зона со примарна минерализација.

Орудувањето е од примарен, секундарен и комбиниран тип. Главен руден минерал на бакарот е халкозинот кој се јавува во вид на тенки превлаки (микрофилмови) во реликните остатоци на пиритот и халкопиритот присутни се чести потиснувања од халкозинот врз халкопиритот, како и во самостојни превлаки, додека ковелинот се јавува во ситни зони. Халопиритот се јавува во жиличасто-импрегнациони концентрации.

Рудните жици се јавуваат во повеќе комбинации: халкопиритски, халкопиритски-пиритски и кварцни-халкопиритски-пиритски жици со дебелина 0,5-10 мм.

Златото се јавува како самородно , а и како составен дел на другите елементи и тоа во телуридите (каловерит,кренерит) но најчесто е вклопен во халкопиритот.

Среброто се јавува како примеси во кренеритот, калаверитот и стефанитот, а магнетитит е главен минерал во оксидната зона.

Според погоре наведените податоци се гледа дека орудувањето во рудното тело “Вршник” е поделено на зони:

1.Оксидна зона (зона на оксидација) :

а)Подзона на оксидна руда

б)Подзона на излужување на рудата

в)Подзона на богати оксидни руди

2.Цементациона зона или зона на секундарно сулфидно обогатување

3.Зона на примарна руда

Добиените резултати во рудното тело “Вршник”, посебно од истражувањето со длабинско истражно дупчење по мрежа 50x50м и 50x33 м овозможува категоризација на резервите.

Со пресметка на содржините и количините во рудното тело “Вршник” се утврдени резерви од Б и Ц1 категорија.

1.Пресметка со полигона метода (метода на блокови) како главна

2.Пресметка со вертикални паралелни профили како компаративна.

Со синтензирање на добиените резултати утврдени се следните количини на руда и тоа на степен геолошки резерви.(табела 1)

Табела 1

Кат	Q t	Cu %	Au g/t	Ag g/t	Fe3O4 %	Бакар t	Злато kg	Сребро kg	Магнет t
Б	5.514.592	0.345	0.24	1.15	1.32	19.025	1.323	6.341	72.792
Ц1	7.379.959	0.291	0.18	0.94	1.16	21.457	1.328	6.937	85.607
Б+Ц1	12.894.550	0.341	0.21	1.03	1.23	40.500	2.641	13.278	158.399

Вкупните резерви од 12 900 000 т се пресметани на ниво 330м и тоа врз основа на една длабока дупчотина (ID-31 A)-345м на длабочина и тоа под етажен блок 525/510. Орудувањето на оваа дупчотина е од поголем интерес за понатамошните геолошки истражувања на подлабоките делови на рудното тело “Вршник”.

Со синтеза на резултатите заклучуваме дека во рудното тело “Вршник” може да се врши посебна експлоатација на оксидна руда и формирање на одлагалишта за лужење со комбинирана метода (хемиско и бактеријално излужување).

Со експлоатација на оксидната руда со процесот на лужење (извлекување на бакарот) од масата ќе се зголеми и рентабилноста на рудното тело “Вршник”.

Количините и содржините на оксидната руда (табела 2).

Табела 2

Елементи	Руда (t)	Содржина на Cu %	Cu во рудата (t)
Богата оксидна руда за лужење	3,250,000	0,361	11,170
Сиромашна оксидна руда за лужење	1,800,000	0,132	2,380
Вкупна руда за лужење	5,05,000	0,28	14,100

Заклучок

Со спроведената методологија на истражувањето на рудното тело Вршник заокружени се резерви во вкупен обем од 12,894,550 тони руда од кои 5,000,000 тони оксидна руда и околу 8,000,000 тони сулфидна руда.

Врз основа на овие постигнати резултати и здобиеното искуство од истражувањето ние си земаме за право да констатираме и да предложиме дека:

1.Доистражување на рудното тело “Вршник” во подлабоките деловии зголемување на резарвите врз основа на расположливите резултати.

2. Експлоатација на примарна руда без машање со оксидна и формирање на меѓуетажи за порационално, економично и целосно искористување на минералната суровина.

СЛЕДЕЊЕ НА РУДНИЧКО-ГЕОЛОШКИТЕ ПАРАМЕТРИ ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЈАТА ВО РУДНИКОТ БУЧИМ

Кирчо Филев, Мите Митев, Ѓорѓи Тодоровски

ДПТУ "БУЧИМ" ДООЕЛ-Радовиш

Абстракт

Во рамките на трудот е представено следењето на рудничко-геолошките параметри при експлоатацијата на минералната сировина од порфирското наогалиште Бучим,во склопот на единствениот површински откоп на рудните тела Централен дел и Чукар-II.

Како конкретен пример ја представуваме на истите добиени при експлоатацијата во рудникот Бучим,со цел да се привлече внимание и критички однос за надградување на освоената методологија.

ВОВЕД

Рудникот Бучим со редовна експлоатација отпочнува во 1979год.со откопување на секундарното сулфурно оруднување од рудното тело Чукар-I . Во 1981год. експлоатацијата продолжува на примарното оруднување на рудното тело “Централен дел”,Да во 1994год.во примарна експлоатација се вклучува и рудното тело “Чукар-II”..

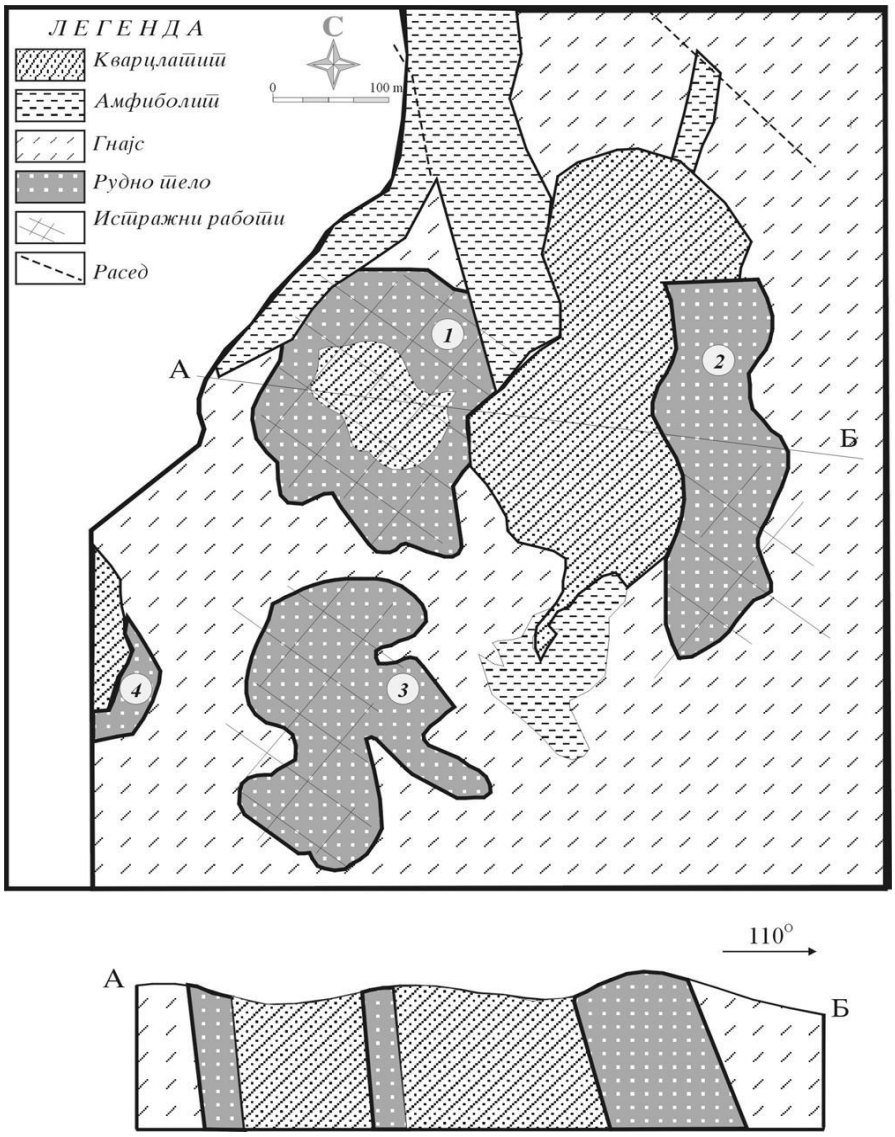
Тоа е единственото порфирско наогалиште во зоната Лече-Халкидик кое активно се експлоатира.

Во 2003год. сопствениците на рудникот прогласуват стопирање на производството и во почетокот на 2005 год. рудникот беше реприватизиран и продаден на мегународен тендер и денес работи во состав на фирмата ”Славеј”од Русија.

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Порфирското наогалиште бучим ги завзема северните делови од рудниот реон Бучим-Дамјан-Боров дол, односно јужните делови на Бучимското рудно поле, просторно му припага на Бучимскиот блок, кој како помала структурна тектонска единица влегува во зоната на Лече-Халкидик во состав на Српско-Македонскиот масив на оваа подрачие.

Во геолошката градба на Бучимското наогалиште учествуваат главно прекамбриски метаморфни карпи (гнајсеви,микашисти и анфиболити) и терциерни вулкански карпи (латити и андезито-латити), Слика 1.



Сл. 1. *Геолошка карта и профил на наоѓалиштето Бучим (Чифлиганец, 1987; модификувал Тасев, 2003)*
2. Рудно тело Централен Дел; 2. Рудно тело Вршник; 3. Рудно тело Чукар; 4. Рудно тело Бунарџик

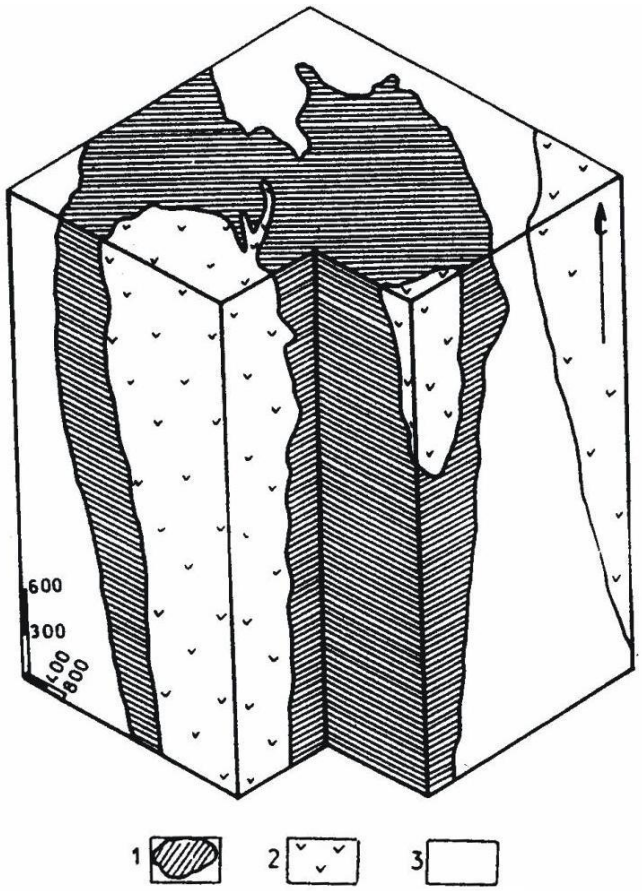
Најзастапени литолошки членови на наогалиштето се гнајсевите кои воедно представуваат и најповолна литолошка средина за одлагање на рудната минерализација.

Хидротермалните алтерации на околните карпи представуваат посебно обележије на Бучимското наогалиште. Како нај чест вид на измени се серицитизацијата , хлоритизацијата и силификацијата а како индикатори на порфирската бакарна минерализација се регистрирани калиската метасоматоза и необиотизација (Ѓорѓевик и др. 1974).

Врз основа на податоците од деталните геолошки истражувања во наоѓалиштето Бучим е утврдено присуство на порфирска бакарна минерализација од штокверкно-инпрегнациони тип на површина од 1.5-2 км^2 која е препратена со

истражни работи на длабочина од 300м. Истата е локализирана во четири рудни тела вЦентрален делг, вЧукарг Вршникг и Бунарцикг (Сл.1) Од кои спрема сегашниот степен на сознанија нај големо значење има рудното тело вЦентрален делги вЧукарг

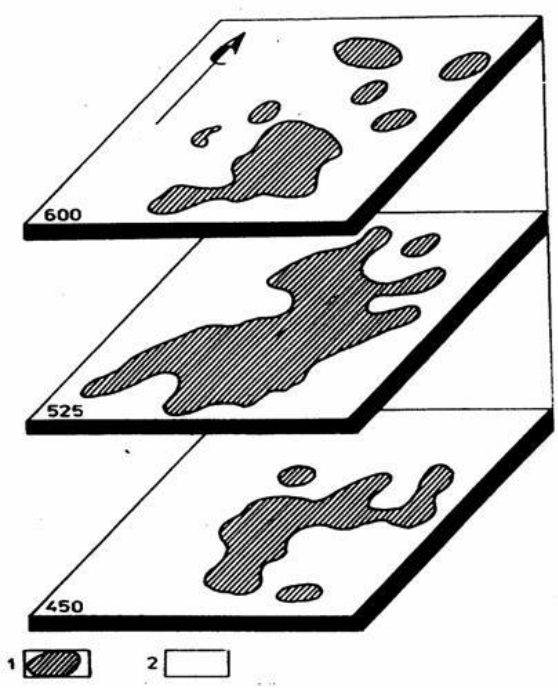
Рудното тело вЦентрален делге конформно на пробојот (штокот) , речиси изометрично во план и има облик на неправилен прстен кој има пречник од околу 600м (вклучувајки го и латитскиот шток) со вертикален интервал на оруднувањето од преку 250м. (Сл.2)



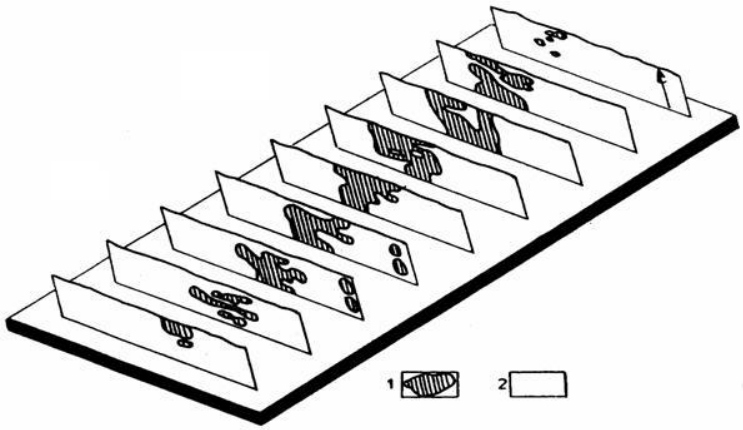
Сл. 2. Блок дијаграм на рудното тело Централен Дел (Тодоровски, 1995)

1. бакарно оруднување; 2. латит; 3. гнајс

Рудното тело Чукар-II е од штокверкно инпрегнационен тип каде што халкопиритското оруднување е депонирано во гнајсевите и наклонето кон порфирскиот интрузив , разгранет во дајкови и апофизи и има форма на клин и во хоризонтален пресек истегнат правоаголник со забести ограничувања со димензии 300x200 со вертикален интервал на оруднувањето од преку 200m. (Сл.3,4)



Сл. 3. Блок дијаграм со прикажување на плановите на етажите на рудното тело Чукар II (Тодоровски, 1995)
1. Бакарно оруднување; 2. Гнајс



Сл. 4. Кулисни блок дијаграм на рудното тело Чукар II (Тодоровски, 1995)
1. Бакарно оруднување; 2. Гнајс

ОСНОВНИ ЕЛЕМЕНТИ НА МЕТОЛОГИЈАТА-ПЛАНИРАЊЕ

На основа можностите и мобилноста на опремата и технолошкиот процес, отвореноста на копот, состојбата со резервите на минералната суровина и раскривката како и научните и стручни сознанија од геолошки аспект, земајќи ги во обзир и цените на металите на светската берза како и понудата и побарувачката на истите планирана е експлоатација на 3 980 000тони руда и

3 990 000тони јаловина, односно 7 970 000тони. ископина.

1-Пресметка на резервите на минералната суровина,

2-Извештаите на експлоатираната минерална суровина од предходните години.

3-Конпаративна анализа на експлоатираната во однос на пресметаната минерална суровина.

4-Состојбата на резервите на минералната суровина.

5-Комплетните сознанија засновани на синтетизираните и интерпретираните геолошки,геохемиски, литолошки конпаративни податоци од деталните експлоатациони истражувања.

6-Остварените и планираните натурално вредносно синтетизирани показатели на геолошко-економската оцеан на минералната суровина.

Структурата на планираната:руда,јаловина,ископина и планираниот квалитет на рудата,по рудни тела дадена е во табела бр-1.

табела бр-1.

	Вкупно	Чукар-II	Централен дел
1	2	3	4
Руда (10^3t)	3 980	3 301	679
Јаловина (10^3t)	3 390	3 461	529
Ископина (10^3t)	7 970	6 762	1 208
Бакар (%)	0.21	0.207	0.223
Злато (g/t)	0.21	0.2	0.24

ОСТВАРУВАЊЕ

Планираните и откопаните маси на руда, јаловина,ископина како и квалитетот на рудата дадени се во (табела бр-2)

табела бр-2.

	Вкупно		Чукар-II		Централен дел	
1	2	3	4	5	6	7
	План.	Остват.	План.	Остват.	План.	Остват.
Руда (10^3t)	3 980	4 109	3 301	2 331	679	1 778
Јаловина (10^3t)	3 390	3 785	3 461	2 818	529	966
Ископина (10^3t)	7 970	7 894	6 762	5 149	1 208	2 744
Бакар (%)	0.21	0.223	0.207	0.211	0.223	0.239
Злато (g/t)	0.21	0.26	0.2	0.25	0.24	0.28

Споредувајки ги остварените со планираните квантитативно-квалитативните параметри на рудата количините имат одстапување од +3%,содржините +6% за бакарот и +24% за златото.

Во 2007год. експлоатацијата на руда се реализираше од рудните тела Централен дел и Чукар-II,од етажните блокови: 555/570 , 540/555 , 525/540, 510/525 , 495/510 , 480/495 и 465/480 .

Поголемиот дел на рудата е остварена од рудното тело “Чукар-II” Во количина од; 2 331 000тони.односно 57% со квалитет од 0.211% бакер и 0.25гр/т злато. Помалиот дел од рудата е откопана од рудното тело “Централен дел” во количина од 1 778 000тони. Односно 43% со квалитет од 0.239% бакер и 0.28 гр/т злато (табела бр-3 и 4).

табела бр-3.

Рудно тело "Чукар-II"

	Вкупно	555/570	540/555	525/540	510/525	495/510
1	2	3	4	5	6	7
Руда (10^3t)	2 331	144	273	425	742	746
Бакар (%)	0.211	0.211	0.207	0.207	0.207	0.218
Злато (g/t)	0.25	0.30	0.30	0.27	0.17	0.32

табела бр-4.

Рудно тело "Централен дел",

	Вкупно	525/540	510/525	495/510	465/480
1	2	3	4	5	6
Руда (10^3t)	1 778	149	241	714	1
Бакар (%)	0.239	0.185	0.194	0.23	0.176
Злато (g/t)	0.28	0.2	0.21	0.27	0.18

Во проектираните контури на рудното тело откопано е 2 048 000 тони руда односно 50% с квалитет од 0.232% бакер и 0.28 гр/т злато. Надвор од проектираните контури на рудните тела откопано е 2 061 000тони руда односно 50 % со квалитет од 0.214% бакер и 0.24гр/т злато. (табела бр-5).

табела бр-5.

	Вкупно	Рудно тело	Надв од Р.Т.
1	2	3	4
Руда (10^3t)	4 109	2 048	2 061
Бакар (%)	0.223	0.232	0.214
Злато (g/t)	0.26	0.28	0.24

Во склопот на производствениот процесс на коп, откопано е 3 785 000 тони јаловина со квалитет од 0.103% бакер во поголем дел од рудното тело "Чукар-II" во количина од 2 818 000 t односно 75% и 966 000 тони односно 25% од рудното тело Централен дел.

Коефициентот на разблажување на експлоатираната руда изнесува 5% за содржината на бакарот.

Во погонот флотација преработено е 4 024 940тони бакарна руда со средна содржина на бакарот од 0.211%, златото 0.22гр/т и среброто 0.74гр/т. Од истата е добиено 36 355тони бакарен концентрат со флотациско искористување од 88% за бакарот , 52% за златото и 38% за среброто. Квалитетот на концентратот изнесува 22% бакер , 14 гр/т злато и 33 гр/т сребро. Металите во концентратот изнесуваат 7329 тони бакар, 459 килограми злато и 1110 килограми сребро .

Во хидројаловиште "Тополница", депонирано е 3 910 381тони јаловина со средна содржина на бакарот од 0.025%.

ЗАКЛУЧОК

1-Како конкретен пример на следење на рудничко-геолошките параметри при експлоатацијата во рудникот Бучим земана е календарска 2007год.

2-Откопувањето на минералната суровина се одвиваше во паралелна експлоатација од рудните тела "Централен дел", Чукар

3-Во истата година планирана е експлоатација од 3 980 000 тони руда со квалитет од 0.21% и 0.21 гр/т злато.

4-Со експлоатацијата откопано е 4 109 000тони руда со квалитет од 0.223% бакер и 0.26 гр/т злато.

5-Коефициентот на разблажување на експлоатираната руда изнесува 5% за содржините на бакарот.

6-Во флотација преработено е 4 024 940 тони бакарна руда со средна содржина на бакарот од 0.211 %, злато 0.22 g/t и сребро 0.74 g/t. при што е добиено 36 355 тони бакарен концентрат со флотациско искористување од 885 за бакарот, 52% за златото и 38% за среброто.

7-Во хидројаловиште "Тополница", депонирано е 3 910 381тони јаловина со средна содржина на бакарот од 0.025%.

ЛИТЕРАТУРА

ДПТУ "Бучим" Дооел-Радовиш: фондовски материал.

Серафимовски Т., 1993 Структурно металогенетски карактеристики на зоната Лече-Халкидик: Типови на наогалиштаи реонизација, Штип.

Тодоровски Ѓ. 1996: Морфогенетска класификација на рудните тела во рудното наоѓалиште Бучим и геолошко-економски преглед на истото-семинарска работа. Рударско-геолошки факултет , Штип

Тодоровски Ѓ.,Филев К. , Митев М., 1996: Применета методологија на управување со квалитетот на минералната суровина во експлоатацијата на минералната суровина во експлоатацијата на порфирското наогалиште Бучим. II Југословенско советување о рудничкој геологји , Бор.

Чифлиганец В.,1987., Металогенетске карактеристике лежишта бакра Бучим у Српској-Македонској металогенетској провинцији. Докт. Дисертација Рударско-геолошки факултет, Београд.

ИНЖЕНЕРСКА ГЕОЛОГИЈА
И ГЕОТЕХНИКА

СОВРЕМЕНИ ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ ПРОЦЕСИ И ПОЈАВИ ВО ОКОЛИНАТА НА ОХРИДСКО ЕЗЕРО

[1]Ѓорги Димов и [1]Влатко Јованов

Факултет за рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија;
gorgi.dimov@ugd.edu.mk

Апстракт

Спрема распространетоста на современите геодинамички процеси на истражниот простор истиот генерално може да се подели на југоисточен и централен сложен терен и северозападен едноставен терен. Југоисточните делови на теренот ѓи опфаќаат западните ободни делови на Преспанската котлина и геодинамичките процеси во поголем дел се наоѓаат во плиоценски езерски седименти, изградени од нескаменети глиновито кластишни карпи. Централните делови на теренот ги опфаќаат ободните делови на Охридско-Струшката котлина најраспространети видови на овие појави се јаруги и вододерани, како производ на интензивна линеарна ерозија, а со нив тесно е поврзано површинското измивање.Во северо-западните делови припаѓаат терени од источноте падини на пл. Јабланица, долината на Јабланичка река кај село Јабланица и долината на Црн Дрим кај село Глобочица.Геодинамички процеси се јавуваат и во палеозојските шкрилци и пробои на вулкански карпи - перидотити со серпентинити

Клучни зборови: геодинамички процеси, јаруги, вододерани , свлечишта.

ВОВЕД

Геополитичката положба на истражуваниот регион и неговата туристичка вредност го става во редот на најистражуваните подрачја на територијата на Република Македонија од геолошки и инженерско геолошки аспект. Во втората половина на минатиот век на подрачјето на Листот Охрид изготвени се Елаборати од геомеханички и геолошки истражни работи за голем број на различни објекти (патишта, мостови, станбени блокови, хотели, далноводи и др.). Овие елаборати најчесто се изработувани од страна на тогашниот Геолошки завод – Скопје.

При изработката на мојата магистерска работа со наслов “Инженарско-геолошки карактеристики на околината на Охридско езеро,, имав можност да проучам поголем дел од горенаведените Елаборати. Дојдовме до заклучок дека во сите се споменуваат голем број на современи геодинамички процеси кои се случуваат во најразлични геолошки средини и причините за нивниот постанок се најразлични од природни до антропогени. Ако се земе во предвид фактот што поголем дел од Елаборатите се постари од 30 години, нашите очекувања дека истите процеси и појави се напреднати или се појавиле нови се потврдија со спроведување на теренски истражувања. Резултатите добиени од истражувањата ќе ги презентираме во овој труд а воедно приложуваме и прегледна карта на современите геодинамички процеси и појави како и зонирање на теренот спрема загрозеноста од истите.

ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ ПРОЦЕСИ И ПОЈАВИ

Спрема распространетоста на современите геодинамички процеси на истражниот простор истиот генерално може да се подели на **југоисточен и централен сложен терен и северозападен едноставен терен.**

Југоисточните делови на теренот ги опфаќаат западните ободни делови на Преспанската котлина, т.е. источните падини на Исток Планина и Галичица од Ресен, до село Стење.

Изградени се во основата од неврзани езерски чакали, песоци, глини, лапоровити глини и пролувијални наноси а во повисоките делови од врзани доброскаменети карпи од палеозојски филитични (кварц-серицитски) шкрилци а во кровината од седиментни карбонатни карпи.

Геодинамичките процеси во поголем дел се наоѓаат во плиоценски езерски седименти, изградени од нескаменети глиновито кластични карпи во помал обем и во комплекси на филитични шкрилци, препокриени со продукти од распаѓање на основните карпи што го чини материјалот доста хетероген.

Појавата на линеарна ерозија во подрачјето на селата Болно, Петрино, Евла и Лавци, претставени се со процеси на интензивно свлекување. Тука доминираат длабоки и кратки јаруги, со длабочина и до 20 метри, доста стрмно засечени во чакалесто–песокливи седименти. Сконцентрирани се на долинските страни на потоците и реките, кои се сливаат од Исток Планина.

Ситни јаружења се среќаваат и во горните делови на падините. Ерозијата е доста активна и делува на постојано проширување и продлабочување на појавите.

На обадот на котлините, кај поголемите водотеци(болска, петринска и источка река) се акумулира голема количина на пролувијален материјал на кој се наога еден дел од плантажните расадници, а еден помал дел е неподготвен за обработување. Поедини водотеци од бујчен карактер, се заштитени со против буични прегради, кои ја смалуваат нејзината ерозивна сила. Според тоа, и самите долини кон ободот се пошумени со борова шума, при што е намалено измивањето на падините и пренесувањето на материјалот во котлините.

Повисоките ободни делови на теренот изградени од глиновито кластични седименти и од врзани добро скаменети карпи, исто така не се без свлечни процеси. Тука се појавуваат поединечни помали, плитки и длабоки, смирени и активни свлечишта и се одвиваат на стрмни терени со поголема енергија на рељеф во подрачјето на селата на Долно Крушје и Болно, на теренот претежно изграден од песоци, песокливи глини и чакали, свлечиштата се створени на контактот со водонепропусната подлога, која е најчесто од глини, лапоровити глини и лапори. Свлечиштата најчесто настанале како последица од антропогеното влијание (засекување на падината) или подсекување на падините со флувијална ерозија. Со изучување на процесите на свлекување е констатирано сека се работи за смирени и сеуште активни свлечишта со различна форма, и искршени свлечни рамнини со челни лузни до 1.5 метри, со вдлабнатини и благи ритчиња во ножицата на свлечиштата. Сеработи за помали и плитки свлечишта, кои зафакаат простор од 200-300 m^2 и длабочина од 2-3 метри.

Поголеми смирени свечишта и лабилни падини се констатирани во изворишниот дел на Источка река, изградена од врзани и скаменети карпи. Овие свлечни процеси се створени на стрмните падини во подината од водонепропусни шкрилести метаморфни карпи, а во горниот површински дел се препокриени со карбонатни карпи, варовници, бречи или конгломерати. Свлечиштата се појавуваат претежно во непосредна близина на извори и замочварени површини, кои

истекуваат на контактот помеѓу карбонатите и шкрилестите карпи, по кои се сменуваат крупните карбонатни маси. Свлечните процеси често се предизвикани оц ерозивни процеси со продлабочување на јаругите и водотеците. Овие смирени и активни свлечишта, зафаќаат пространи терени со површина од околу $1km^2$. Преставени се со длабоки брзи и експлозивни свлекувања во вид на одронување, кои се одвиваат бурно по стрмни свлечни рамнини со наклон преку 20^o. На стрмните падини на кои се формираат свлечишта и нестабилни појави, процесите на свлекување се одвиваат бурно и сратко до фаза на стабилизација.

Централните делови на теренот ги опфаќаат ободните делови на Охридско-Струшката котлина и Дебарца, западните падини на Петрина Планина и долинските страни на Сатеска, Сирулска, Опејничка и Скребатинска река.

Најголеми простори зафатени со интензивна ерозија, изградени се од шкрилести метаморфни карпи. Најраспространети видови на овие појави се јаруги и вододерани, како производ на интензивна линеарна ерозија, а со нив тесно е поврзано површинското измивање. Овие појави се последица од деструктивното дејство на површинските води. Овде ерозија се одвива скоро по секоја стрмна падина по длабоки, стрмни и тесни вододерани.

Источните и северните ободни делови на Охридско-Струшката котлина, како и долинските страни на Сирулска, Коселска и Скребатинска река, испресечени се со длабоки и долги вододерани, јаруги и површини на интензивно измивање. Длабочината на јаругите и вододераните зависи од составот на теренот и стрмнината на рељефот. Во глиновито-песокливите карпести маси се создаваат длабоки јаруги со стрмни страни и поголеми количини плавински буичен нанос.

Овие јаруги најчесто се длабоки од 3-15 метри, во средишните делови достигнуваат длабина и до 20 метри, а често се долги и преку 1 километар. Во пролет имаат вода, а преку лето потполно пресушуваат. Во поголем дел тоа се повремени буични потоци во кои од боковите се сливаат многубријни кратки јаруги и вододерани со сличен облик. Вдолж истите за време на обилни врнежи, се одвиваат буични процеси кои го измиваат сиот делувијален и алувијално-делувијален квартерен нанос, создавајки оголени терени. Тоа се случува на секоја падина, каде што мештаните се обиделе да ја претворат во обработливо земјиште со сечење на шумскиот појас, а поретко, и на пошумените падини се јавуваат јаруги со стрмен "V" профил, стрмен градиент и оголени страни.

Формирањето на вододерани, најраширено е на стрмните падини и изворишните зони, затоа што изворските води често ги иницирале и трасирале идните текови на вододераните. Настанокот на вододераните е врзан за специфичниот геолошки состав на шкрилците и нивните хидрогеолошки и механички особини. Процесите на ерозија најмногу ги зафадиле доста изменетите и распаднатите шкрилци, симнувајки ги дезинтегрираните и изменети сосотјки од овој комплекс. За тоа, многу влијаела слабата водопропусност на овие карпи, стрмниот рељев како и оголеноста на падините на кои доаѓа до денудација и формирање на буични токови за време на интензивни врнежи.

Северниот и источниот обод на Охридско-Струшката котлина, подрачјето меѓу селата Вапила, Требниште и Лешани, долините на Сирулска, Коселска и Скребатинска река, спаѓаат во терени зафатени со интензивна ерозија. Овие терени претежно се изградени од шкрилести карпести маси и спаѓаат во брдско-планински терени со значителен енергетски потенцијал. Основните карпи припаѓаат на испукани, изменети лесно еродибилни карпи. За тоа, значително допринесува и самата водопропусност, па процесите на ерозија и измивање се одвиваат силно и брзо.

На овие терени, значителни и долготрајни ерозивни процеси преставуваат површините на интензивно измивање и јаружење, од кои најчесто е однесена распаднатата шкрилеста карпеста маса. Ерозијата во овие терени бурно се одвива, што докажуваат и морфолошките облици на рељефот и долините. Долините на потоците се во облик на “V“ , а долините на јаругите се со поблаги страни.

Карактеристично е на северниот и источниот обод на Охридско-Струшката котлина и јужна Дебарца, се формираат пространи буични лепези составени од смирени и активни буици. Многубројни потоци кои за време на врнежите јурат низ стрмните долини и јаруги, носат со себе големи количини материјал. Со опаѓање на силата на водата во котлините, материјалот се таложи во вид на пространи и долги, често мегусебе споени буични наноси во вид на лепезести форми. Некогаш, транспортот и депонирањето на материјалот после силните дождови се обавувал многу брзо, со што се уништуваат посеви и уништуваат објекти кои им се наоѓаат на патот, било со однесување или депонирање на транспортниот материјал. Најчесто страдаат обработливи површини, пропусти и делови на патишта, а особено се интересни буиците кај селата Требништа, Ботун, Џепин и др.

Свлечиштата во шкрилестите карпести маси, односно во терените изградени од врзани каменети карпи, преставуваат подредени инженерско геолошки процеси. Најчесто се уочуваат како осамени рељефни појави, со помали или поголеми димензии. Овие појави се регистрирани на ридско-планинскиот брановиден терен на западната падина на Петрина планина, кај селата Коњско, Велгошти, Скребатино, Вапила, Сирула и Требениште.

Овие свлечни процеси се јавуваат на стрмни падини во подината изградени од водонепропусни врзани шкрилести метаморфни карпи, а преку нив во површинскиот ободен дел се карбонатни конгломератични и бречоидни карпи. Во непосредна близина на свлечиштата на контактот меѓу карбонатите и шкролестите карпи, постоеле поголеми извори. Истите често истекуваат во средниот дел на падината и ги раскиснуваат шкрилците во подината , што најверојатно било последица од движењето на карбонатни и дел на шкрилести маси низ падината, која при тоа вршела притисок врз подземните издански зони. Свлечените процеси често се предизвикани и забрзани со брзото ерозивно дејство на продлабочување на водотеците и јаругите. Овие свлечишта најчесто зафаќаат поголеми површини од неколку km^2. Претавени се со секундарни и помали експлозивни свлечишта, кои се одвиваат бурно по стрмните свлечни рамнини, со наклон

преку 30º . Висината на челната и секундарните лузни најчесто изнесува од 5-10 метри. Во свлечната маса покрај покриените блокови од варовници од неколку m^3 има и падински варовнички бречи, конгломерати и рожнаци. За сега, овие свлечишта се смирени и претставуваат привремено стабилизирана карпеста маса во подножјето на падината.

Останатите свлечишта регистрирани кај с. Коњско , Широко, Вапила и Ботун, преставуваат помали активни и умирени свлечишта, каде со свлекување освен делувијалната глиновито-шкрилеста распадина, се зафатени и самите шкрилци, и не завлегуваат длабоко во основната карпа. Свлечиштата се наоѓаат во подножјето на падините покрај ерозивните бази или магистралните патишта и преставуваат резултанта од неколку фази на свлекување. Некои од нив се санирани со потпорни ѕидови, растеретени од свлечишниот материјал и стабилизирани. Но, во помал обем и натаму се активни и преставуват потенцијална опасност од реактивирање на поголеми маси.

Во северо-западните делови припаѓаат терени од источноте падини на планината Јабланица, долината на Јабланичка река кај село Јабланица и долината на Црн Дрим кај село Глобочица. Изградени се претежно од врзани доброскаменети палеозојски шкрилци со пробои на серпентинити.

Геодинамички процеси се јавуваат и во палеозојските шкрилци и пробои на вулкански карпи - перидотити со серпентинити. Во подрачјето на село Јабланица, на десната страна на Јабланичка река, со свлекување се зафатени освен шкрилци и перидотити и дел од варовниците на самиот контакт. Свлечиштето е сложено неправилно со лепезеста форма. Створено е на стрмна падина, изградено е од песокливо - глиновита, шкрилеста дробина со самци и блокови одсерпентинити и варовници. Свлечиштето настанало со раскиснување на шкрилесто-серпентинската тектонска дробина и растреситата карпеста маса и потсекување на падината со речната ерозија на постојаниот водотек, кој се слива од левиот блок на свлечиштето. Врз основа на теренските оскултации, површината на свлечиштето се проценува на околу 1,5 km^2, а длаочината на клизната површина од 10-15 метра. Во централниот дел се наоѓа заситена, мека, течно-пластична, песоклива глина со дробина, која заедно со блоковите со различна брзина се спушта по падината. Телото на ова свлечиште е испресечено со длабоки вертикални пукнатини со секундарни свлекувања. Во челниот дел се створени лузни високи и до 3 метри. На самото свлечно тело се наоѓаат стомаци високи до неколку метри со депресии исполнети со вода, од кои површинските води се исцедуваат во телото на свлечиштето низ многубројните пукнатини и ја зголемуваат неговата мобилност. На тоа допринесува и потокот кој се инфилтрира преку варовниците во челниот дел на свлечиштето со што свлечните процеси се интензивираат и го загрозуваат патот а и дел од населеното место.

На левата обала на Црни Дрим кај потопеното село Глобочица над самиот магистрален пат, на повеќе места е дојдено до поместување на падината покриена со распаднат материјал. Ширината на свлечиштата во ножицата е од 30-50 метра, а должината 50-200 метра. Падината во подрачјето на свлечиштето е разбранета, а висината на челните

лузни е околу 2 метра. Длабината на свлечиштето се проценува околу 3-5 метри. Со свлекување покрај делувијалните наслаги, се зафатени и еден дел до шкрилестите карпи. Непореден причинител за појава на свлечишни процеси е засекувањето на падината со изградба на патот и езерската ерозија на вештачката акумулација, помогната со дејство на површинските води. При тоа доага до раскласување на распаднатите шкрилци и делувиумот, што доведува до пореметување на рамнотежата на масата и свлекување на помали и поголеми комплекси кон езерото.

Во шкрилестите карпести маси, подрачјата кај селата Јабланица, Лабуништа и Бохум зафатени се со интензивна ерозија. Овде ерозијата се одвива на слабо пошумените стрмни падини, по длабоките и тесни вододерани. Длабочината на јаругите и вододераните зависи од составот на теренот и стрмнината на рељефот. Јаругите се ретко долги до 800 метри, а длабоки до 10 метри. Инаку, повеќе е изразено забрзаното измивање на долинските страни. Долж овие, за време на интензивните врнежи, се одвиваат буични процеси, кои го измиваат алувијално-делувијалниот нанос, и создаваат од овие терени оголени површини без вегетација, па резвојниот процес на ерозија е интензивен, што особено се однесува на големото површинско измивање.

Прегледна карта на современите егзодинамички и техногени појави и процеси е дадена во **Прилог 1**.

КАТЕГОРИЗАЦИЈА НА ТЕРЕНОТ СПОРЕД СТАБИЛНОСТА

Целокупното дејство на сите досега третирани фактори, се одразува на една од битните инженерско-геолошки одлики на теренот, како целина, а тоа е неговата стабилност.

Врз основа на инженерско-геолошките истражувња и испитувања, просторот на листот Охрид според степенот на стабилноста може да се подели во три категории:

А) стбилни терени

Б) лабилни (условно стабилни) терени

В) нестабилни терени

Во стабилни терени на ова истражувано подрачје припаѓаат источните, централните и западните делови на високите планински масиви на Галичица, Караорман, Јабланица и Белица, делови на котлините Охридско-Струшка, Преспанска и Долно Дебарце и подрачјата меѓу селата Илино, Свињиште, Куратица и Велмеј.

Во најстабилни терени спагаат само оние кои се изградени од поголеми маси на варовници, доломити, габро-дијабази, пробои на гранити и риолити и комплекс на варовници со рожнаци. Битна одлика на овие терени е доста изразениот рељеф, сложени простран односи и голема дебелина на карбонатните карпи. Подлога на варовниците обично се карпи со неповолни инженерско-геолошки одлики.

Карбонатните и магматските карпи се со постојани физичко-механички, петрографски и други својства. Не подлежат на основни промени под влијанија на надворешните фактори и на овие подрачја нема заначителни и инженерско-геолошки процеси на нестабилности. Во природни услови се стабилни, а не се менуваат битно ни во услови створени со работа на човекот. Ги изградуваат истакнатите делови на

теренот со истакнати гребени, калоти или планински капи.

Во таквите терени појави на ерозија и други видови на нестабилност нема, или се многу ретки, со исклучок на падините каде има дебела осулина, сипари или падински бречи од карбонатен и еруптивен состав. Испресечени се со пукнатини и прснатини со изразити процеси на карстификација. Во магматските карпи може понекогаш при засекување во нив, да дојде до појави на нестабилност во помал размер (одронување), или движење на поедини блокови во поедини пукнатини. Воедно тука влијаат егзогените фактори, поради инфилтрација на вода низ прснатини и пукнатини. Стабилноста на падините е добра, во која засеците можат да се остават со вертикален пад, но со претходна проверка на стабилноста не поедини блокови кои би можеле подоцна да се срушат.

Во стабилни терени припаѓаат и делови на подрачјата на ниските алувијални рамнини и високите делувијални и пролувијални наслојки, кои повремени се загрозувани со површински и подземни води. Главно се стабилни и на овие подрачја нема значителни инженерско-геолошки процеси на нестабилност (делови на Охридско-Струшка котлина, Ресенска и Долно Дебарце).

Лабилните (условно стабилни) терени изградени се од карпи и комплекси, чии параметри на физичко механичките својства се често со ниски вредности. Во овој дел припаѓаат претежно оние делови од теренот што се изградени од врзани, доброскаменети шкрилести метаморфни кластични карпи, нескаменети глиновито-кластични седименти (плиоценски езерски седименти), глацијо флувијални, пролувијални и делувијални наноси. Распространети се сукцесивно во источниот, централниот и западниот дел на теренот, на падините од планинските масиви на ридчесто-брегасти простори.

Овие терени во природни услови најчесто се стабилни. Меѓутоа со измената на морфолошките, хидро-геолошките и другите услови со антропогено дејсво (засекување, расквасување, оптеретување и сл.), можат да се развијат процеси на нестабилност: нерамномерно слегување, одронување, голем прилив на подземна вода, разни видови на ерозија и т.н. Од друга страна нагалите и долготрајните промени на некој природни фактори(врнежи, дејство на површински текови, долга суша и др.), можат исто така да предизвикаат појава на нестабилност.

Во оваа категорија се распоредени езерско-барските седименти во приобалните делови на езерата загрозени со површински и подземни води, најнеповолните мочуришни реони изградени од бари и мртвици со чести слегувања на теренот. Елувијално-делувијалните и плиоценските седименти можат лесно да се придвижат низ падините, но најчесто поради засекување, расквасување и трусни движења. Во шкрилчите и кластичните песочници, глинци и конгломерати, продирањето и измената на карпата во длабочина е во склад со општиот процес на денудација со кој морфолошките услови се поволни. Карпите и карпестите комплекси се во состојба на лабилна рамнотежа, која со помош на човековата дејност се влошува. Обично доаѓа до интензивирање на ерозивните процеси со појави на плитко лизгање, одронување,

површинско измивање и ретко плитко јаружење.

Општ заклучок за овие терени е дека и покрај можните нестабилности, овие терени најчесто спаѓаат во стабилни, употребливи за градба со предходно долполнително инженерско-геолошко проучување. Особено тоа важи за условно стабилните терени, кои се наоѓаат во трусните подрачја како што е Охридско-Струшкото подрачје.

Нестабилните терени изградени се од карпи и карпести маси со ниски вредности на параметрите од физичко механичките својства. Во оваа категорија на теренот спрема сегашната состојба на инженерско-геолошкото проучување припаѓаат околу 15 % од вкупната површина на теренот.

Во истражуваното подрачје нестабилните терени се изградени претежно од нескаменети плиоценски глини, песоци, делувијални и пролувијални седименти, слабо врзани конгломерати и делови од падински бречи. Тука се вклучени и терени изградени од врзани доброскаменети палеозојски шкрилци, доста трошни, меки и тектонски распаднати, како и поедини распаднати серпентинити и рожнаци. Нестабилни терени, загрозени со свечишта, се издвоени на терените изградени од шкрилести карпи и неогени седименти и се јавуваат во вид на плитки или подлабоки осамени процеси, што ретко зафаќаат и пространи терени. Овие свлрчишта се регистрирани на ритско-планинските терени и преставуваат експлозивни свлечишта што се одвиваат бурно по стрмните свлечишни површини со наклон и преку 30^0 . Најголем дел од овие процеси припаѓаат на потенките наслојки на глинестиот делувиум и не завлегуваат длабоко во основната шкрилеста карпа.

Вакви активни и умерени поголеми свлечишта се регистрирани на просторот помеѓу Велестово и Коњско, северо-источно од селада Велгошти, Вапила, Сирула, Требеништа и Ботун, како и на долинските страни на Сирулска и Скребатинска река. Со свлекување на се зафатени само рамничарските терени.

Терени загрозени од ерозивни процеси се подрачјата изградени од врзани, скаменети палеозојски шкрилци и нескаменети плиоценски езерски седименти, распространети по ободните делови на котлините. На овие простори, доминираат процеси на јаружење, измивање и денудација, поради кој скоро на секоја падина се створени длабоки јаруги. Овие терени често се загрозени со буици и поплави.

Процесот на лизгање е стално придружен со ерозивни процеси. Во овие терени изградбата и одржувањето на објектите поврзана е со големи потешкотии. Укажувајки на нестабилните терени воедно да укажува и на приоритетните подрачја за изведување на санациони зафати. По можност на овие терени треба да се избегнува градба на објекти бидејки санацијата налага вложување на големи средства често беа траен ефект. Иако веќе подолго време овде процесот на свлекување е запрен сепак може да дојде до реактивирање во одредени услови. Најнеповолни делови од овие нестабилните терени се реоните со поголеми активни свлечишта, активните буички терени и стрмните делови на падините со длабока ерозија, каде треба да се очекуваат и силни земјотреси и до 9 степени MCS. Таквите делови на теренот со детално проушување треба да се

категоризираат по актуелните ПТ прописи.

На **Прилог 1** исто така се означени зони на теренот спрема загрозеноста од современите егзодинамички и техногени појави и процеси

ЗАКЛУЧОК

Од погоре прикажаното може да се заклучи дека на истражуваниот простор се среќаваат скоро сите познати геодинамички процеси и појави. Генерално може да се подели на југоисточен и централен сложен терен и северозападен едноставен терен.

Според појавата и самата манифестација на современите инженерско-геолошки појави и процеси, југоисточните и централните делови на теренот се многу слични меѓу себе. Овде најчести се појави на линеарна ерозија, преставени со процеси на интензивно измивање и јаружење, без значајни свлекувања. Овие појави се последица на деструктивното дејство на површинските води и овде ерозијата се одвива скоро на секоја стрмна падина по длабоки, стрмни и тесни вододерани. Најголеми простори зафатени од интензивна ерозија изградени се од шкрилести метаморфни карпи. Овие јаруги се најчесто длабоки од 3-15 метри, во средишните делови достигнуваат и до 20 метри длабочина, а често се долги и преку 1000 метри. Карактеристични за нив се повремени токови т.е. во пролет имаат вода додека во лето потполно пресушуваат. Свечиштата на овие делови од теренот преставуваат подредени инженерско-геолошки процеси. Се јавуваат најчесто на површини помали од 1 km^2 со висина на челната лузна од 5-10 метра. Станува збор најчесто за изолирани појави кои се јавуваат на стрмните падини изградени водонепропусни врзани метаморфни карпи во подина, и преку нив во површинскиот дел се наогаат бречи конгломерати или делувијалнии наслаги. Во глобала свлечиштата настанале како резултат на продлабочување на ерозивниот базис и инфилтрација на површинска вода во подлабоките нивоа или со антропогено дејство при разни усекувања и фундирања на одредена инфрасруктура со што се намалува стабилноста на теренот и доаѓа до појава на свлечишни процеси.

Во северозападните делови на теренот ситуацијата е поразлична. Овде појавата на површинаска ерозија е значително помала (има само кај селата Јабланица, Љубаништа и Похум) така да јаругите се значително поплитки (до 10 метри) и пократки и ретко преминуваат должина од 500 метри.

Врз основа на инженерско-геолошките истражувња и испитувања, просторот на листот Охрид според степенот на стабилноста може да се подели во три категории:

- стбилни терени
- лабилни (условно стабилни) терени
- нестабилни терени

Стабилни терени се источните централните и западните делови на планинските масиви Галичица, Караорман и Јабланица како и делови на Охридската и Преспанската котлина. Изградени се од карпи со релативно постојани физичко-механички својства кои не подлежат на промени под влијание на надворешните фактори. Стабилноста на падините е добра на и истите можат да се изработуваат засеци со вертикален нагиб.

Лабилните терени изградени се од карпи и комплекси чии механичко-физички својства се со релативно ниски вредности. Во природни услови се стабилни меѓутоа со измената на морфолошките и хидрогеолошките услови со човековото дејство можат да се развијат процеси на нестабилност: слегување, одронување, разни видови на ерозија и др. Кога станува збор за градба на овие терени истите спаѓаат во стабилни терени употребливи за градба со предходно дополнително инженерско-геолошко проучување.

Нестабилните терени изградени се од карпи и комплекси чии механичко-физички својства се со ниски вредности. На истражуваното подрачје нестабилните терени изградени се воглавно од нескаменети плиоценски глини, песоци, слабоврзани конгломерати и делови од падински бречи и осулини. По можност овие терени терба да се избегнуваат при изградба на објекти, бидејки санацијата е нерационална и вложувањето на поголеми средства е најчесто без ефект.

ЛИТЕРАТУРА

Арсовски. М (1985). Неотектоника на СР Македонија, Универзитет “Кирил и Методиј„ – Скопје

Вукотиќ М. (1957). Анализа истражних радова на месту бране за главни пројекат ХЕ Глобочица, Фонд на црнодримски хидроцентрали-погон Струга

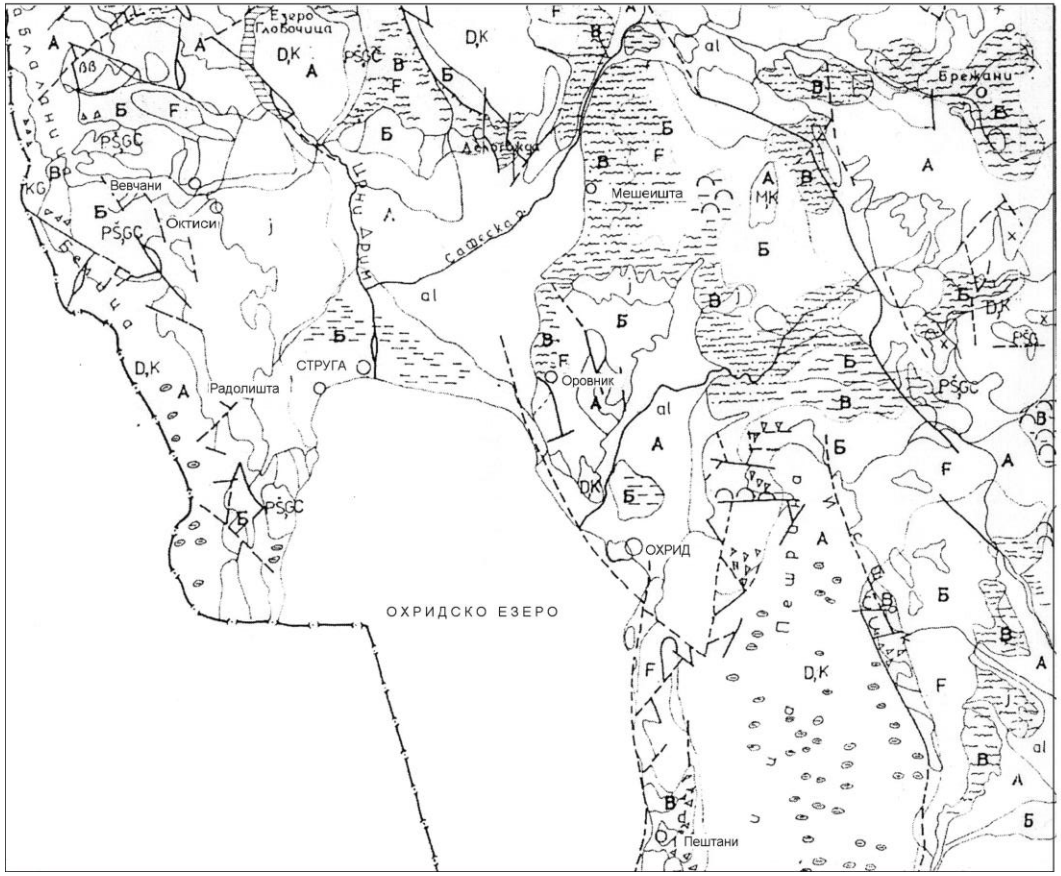
Глигоријевиќ Љ. Чубриловиќ П. Петровиќ В. (1970). Елаборат о инженерско-геолошким одликама слива Црног дрима, Фонд на геолошки завод – Скопје

Глигоријевиќ Љ. (1977). Толкувач на инженерско-геолошка карта на СР Македонија М= 1: 200 000 , Стручен фонд на Геолошки завод – Скопје.

Денковски Ѓ. (1974). Завршен извештај за геолошките истраги на објектот Евала-Караорман во 1974, Стручен фонд на Геолошки завод – Скопје

Митров Т. (1963). Извештај за извршените геолошко геомеханички испитувања во Срушко поле и по рекс Црни Дрим , Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

ПРИЛОГ 1.



ЛЕГЕНДА

Изразито изменети карпести маси со создавање на различни зони на распаѓање

Површинско измивање, линиска ерозија со засекување на јаруги и буична активност со депонирање на нанос

Процеси на свлекување и течење со создавање на свлечишта и течишта

Процеси на одронување и осипување со создавање на одрони и сипари

Плавење на теренот од површински и подземни води со создавање на мочвари и натрупување на седименти

Карстни процеси со создавање на карстни облици (вртачи, ували, пештери, јами и др. појави)

Техногени (инженерско-геолошки) процеси и појави настанати со неадекватно користење на теренот од страна на човекот

А	Стабилни терени
Б	Лабилни терени
В	Нестабилни терени

НЕКОИ ЗАВИСНОСТИ ЗА ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРБОНАТНИ КАРПЕСТИ МАСИ ОД БАЛКАНСКИ ПОЛУСТРОВ

[1]Милорад Јовановски, [2]Азра Шпаго, [3] Златко Илијовски и [4]Игор Пешевски

[1 и 4] Градежен факултет, Партизански одреди 24, 1000, Скопје, Македонија,
jovanovski@ gf.ukim.edu.mk,
[2]Универзитет Џемал Биједић, Мостар, Босна и Херцеговина
[3]Градежен институт Македонија, Дрезденска, 52, 1000, Скопје, Македонија

Апстракт

Карбонатните карпести маси на просторите на Балканскиот полуостров се честа средина во која се изведуваат различни објекти. Во овој контекст, од посебно значење е да се добијат соодветни влезни инженерскогеолошки податоци за формирање на физички и аналитички модели кои поблиску би го дефинирале механичкото однесување на карбонатните карпести маси. Во трудот се дадени серија регресиони зависности, добиени со обработка на податоци од комплексни истражувања кај преградното место за брана "Света Петка" и други објекти во Р.Македонија, и браните "Салаковац" и "Грабовица" во Босна и Херцеговина. Овие објекти се изведувани во карбонатни средини со различна геолошка старост, состојба на испуканост, карстификација, јакост и друго. Анализите се правени со цел да се согледа можноста за примена во постапката на геотехничко моделирање и за анализи на интеракцијата на системот "објект-карпеста маса".

Клучни зборови: карбонатни карпести маси, инженерскогеолошки карактеристики, регресија, геотехнички модел

ВОВЕД

Геотехничкото моделирање на теренот како исклучително важна постапка, не е можно да се разработува на соодветно ниво, ако не се примени методологија која би овозможила анализа на голем број зависности помеѓу параметри од различен карактер. Ова кај цврсто врзаните карпести маси е многу тежок проблем заради нивната дисконтинуалност, анизотропија, нехомогеност и природна напрегнатост. Кај т.н **карбонатни комплекси**, често треба да се земе предвид и влијанието на состојбата на карстификација. Од поголемиот број автори кои работеле на овој проблем, може да се споменат Kujundic, 1973 Kujundic i Petrovic, 1980; Јовановски 2002, 2006; Илијовски, 2002; Крвавац и др. 2006.

Во рамките на овој труд, дадени се делови од една поширока методологија на воспоставување на зависности кај карбонатни врз основа на детална анализа за податоци од комплексни истражувања на лице место за браните "Света Петка" во Р.Македонија, "Салаковац" и "Грабовица" во Босна и Херцеговина.

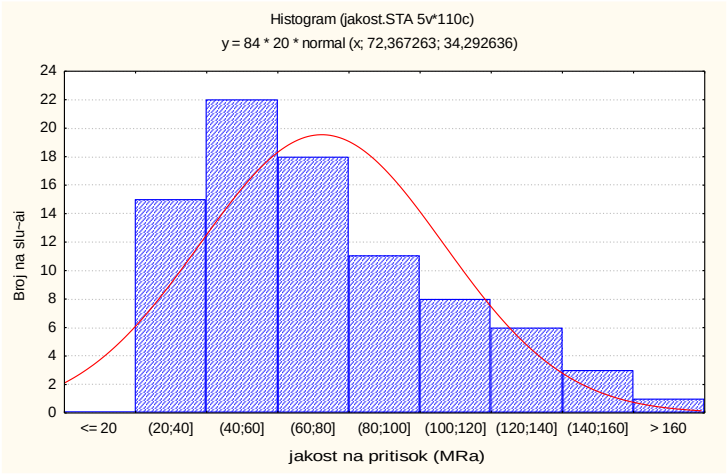
МЕТОДОЛОГИЈА НА РАБОТА

Позитивните светски искуства, покажале дека при претставувањето на резултатите од испитувањата на својствата и состојбите на карпестите маси, многу е корисно параметрите да се прикажуваат во вид на инженерскогеолошки пресек и модел (Кујунџиќ, 1973). Методологијата на инженерскогеолошко моделирање, која во основа се занова на т.н. **физичко моделирање** на даден терен по потребни параметри, успешно може да се комбинира со разни аналитички и класификациони методи. Најчесто се врши комбинација на RMR систем според Bieniawski, Q систем според Barton et all, GSI систем според Hoek et all. Со помош на методите на регресиони анализи и комбинација на овие пристапи се овозможува лесна екстраполација на параметрите од зона на испитувања, во зона која е од значење за процесот на интеракција со објектот.

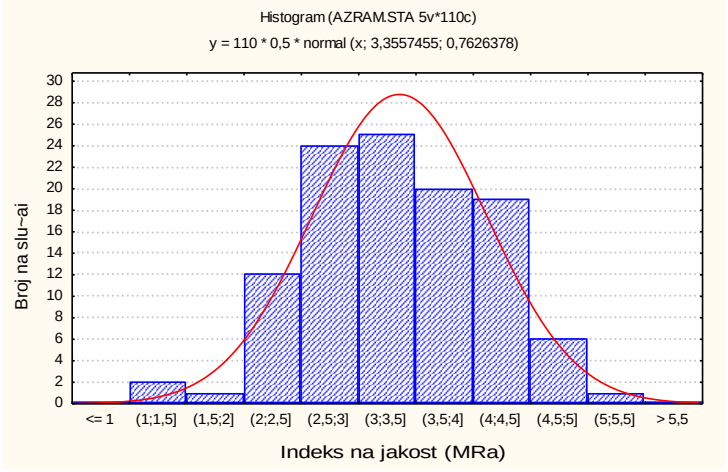
Во овој контекст, во трудот се дадени резултати од лабораториски испитувања на најзначаните параметри на карпите, зависности за степен на испуканост, деформабилност и друго. Сите резултати се проследени со одреден коментари од аспект на предноста на применетата методологија, но и ограничувањата кои се секогаш присутни. Дел од резултатите се статистички анализирани, со што е добиен увид во реалните големини на варијациите кај параметрите.

ПРИКАЗ НА РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА

За да се премине од квалитативен опис на својствата и состојбата на карпестите маси кон дефинирање на параметрите на состојбата со нумерички вредности на механичките параметри, потребна е примена на аналитички врски. Чест влезен параметар во анализите е користи јакоста на монолитните делови од карпестата маса, изразена како јакост на притисок (σp), или индекс на јакост (Js). Во рамките на трудот, според голем број на постојни податоци, како и резултати од сопствени испитувања, на сликите 1 и 2 се дадени статистички распределби на јакоста за мермерни и варовнички маси со прекамбриска и рифеј камбриска старост (објекти во Р. Македонија) па се до мезозојска старост (податоци од Босна и Херцеговина). Заради илустрација на постапката, понатаму во рамките на овој труд се дадени и други примери за различни инженерскогеолошки и геотехнички параметри, кои се од значење за разни проектни анализи.



Слика 1. Хистограм со распределна на вредности за јакост на притисок

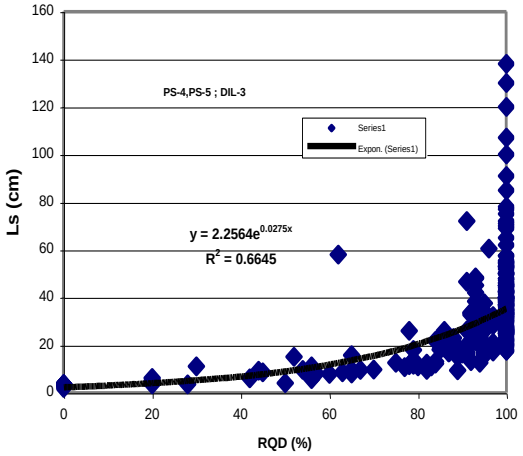


Слика 2. Хистограм со распределба на вредности за индекс на јакост

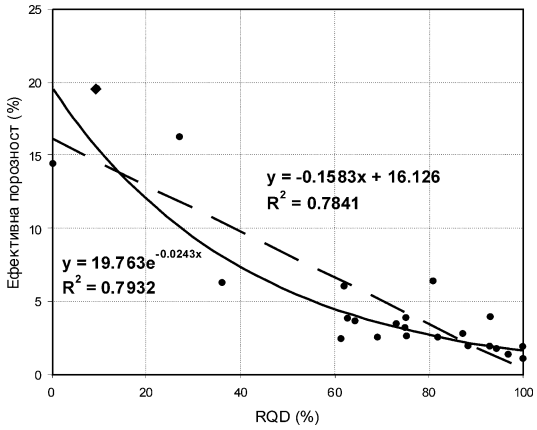
Од сликите 1 и 2, се гледа дека има доста широки варијации на јакоста на притисок

кај карбонатните карпи, што е во директна зависност од степенот на кристализација но и изменетоста на монолитните делови.
За други инженерски активности, уште позначајни се зависностите кои ја дефинираат состојбата на испуканост на карпестите маси. Без нивно познавање, не е можно да се премине кон постапка на класифицирање на карпестите маси.

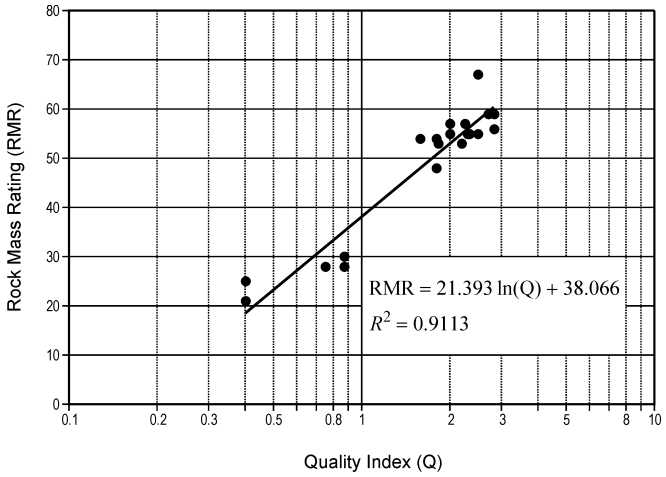
На сликите 3 и 4 се дадени две зависности меѓу најзначајните параметри на степеност на испуканост и тоа средното растојание (Ls), показателот на квалитет на карпите (RQD) и ефективната порозност (n). Меѓузависност за двата најпознатите класификациони системи во светот, валиден за браната "Света Петка" е дадена на слика 5.



Слика 3.Зависност на средно растојание (Ls) од RQD параметар за мермери од брана "Света Петка"

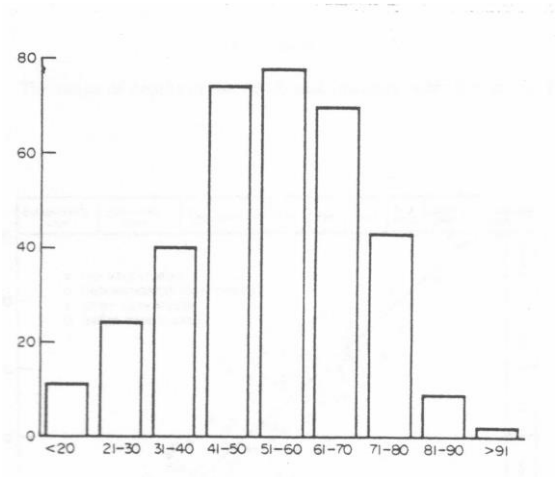


Слика 4.Зависност на ефективна порозност од RQD параметар за мермери од брана Света Петка"

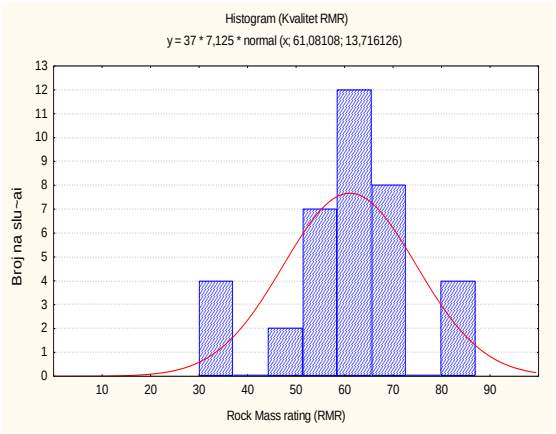


Слика 5. Зависност меѓу индекс на квалитет по Barton Bieniawski за мермери од брана "Света Петка"

На следните слики, пак е дадена хистограмска распределба на застапените категории на карбонатни карпи за локалитети од Р.Македонија и Босна и Херцеговина, кои може да се споредат со познатите хистограми на Bieniawski (1993). Од дијаграмот на слика 7, се гледа дека кај карбонатните карпести маси преовладуваат т.н. II и III категорија (вредности RMR=50-70).



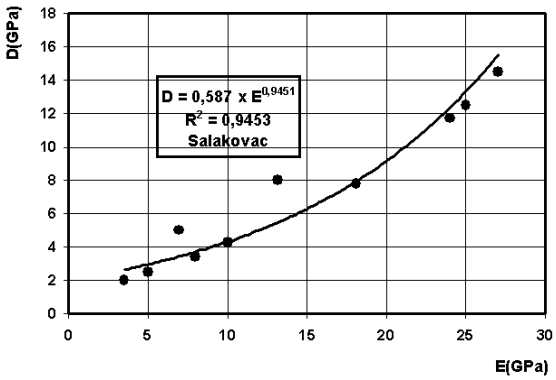
Слика 6.Хистограм со распределба на категории на карпи по Bieniawski (1993)



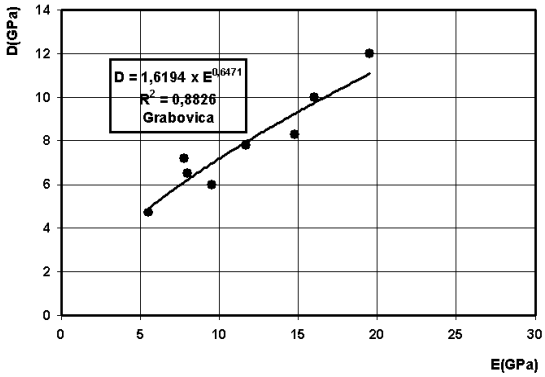
Слика 7. Хистограм со распределба на категории за карбонатни карпести маси од Р.Македонија и БиХ по анализи на авторите

Серија на анализи од различен карактер се дадени понатаму низ текстот. Всушност, на следните слики се дадени најзначајните зависности за соодветните нумерички анализи, во вид на регресиони зависности меѓу показатели на деформабилност од статички и динамички карактер. Во најголем број случаи, се покажува, дека врските меѓу статичките модули на деформабилност (D) и еластичност (E), на задоволителен начин се дефинираат со крива од експоненцијален карактер.

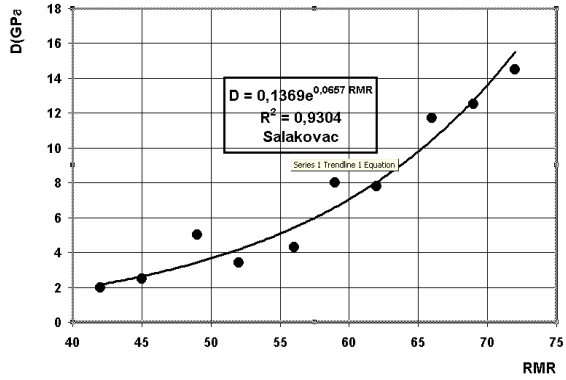
$$D = a \times E^{b}$$



Слика 8. Зависност D=f(E) за варовници од локалитет за брана "Салаковац", БиХ

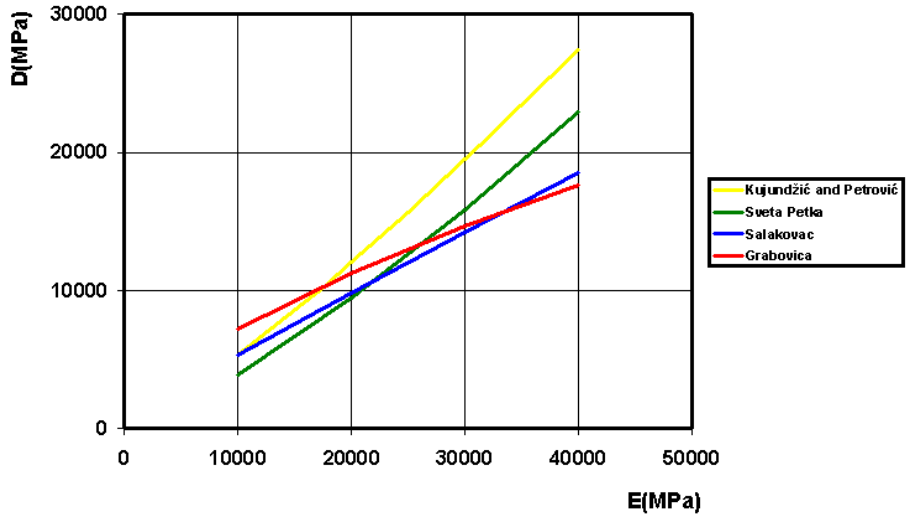


Слика 9. Зависност D=f(E) за варовници од локалитет за брана "Грабовица", БиХ

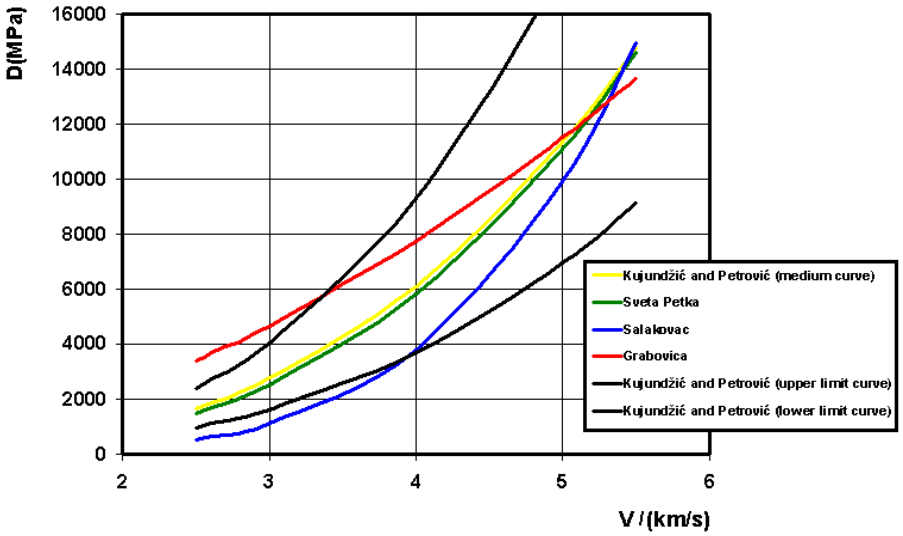


Слика 10. Зависност D=f (RMR) за варовници од локалитет за брана "Салаковац", БиХ

Направени се поголем број вакви зависности, но поради карактерот на трудот, сумиран приказ само за некои од параметрите (Слика 11,12 и 13). Од сликите, многу јасно може да биде дефиниран дијапазонот на расејување и разликите во кривите кај различни автори.

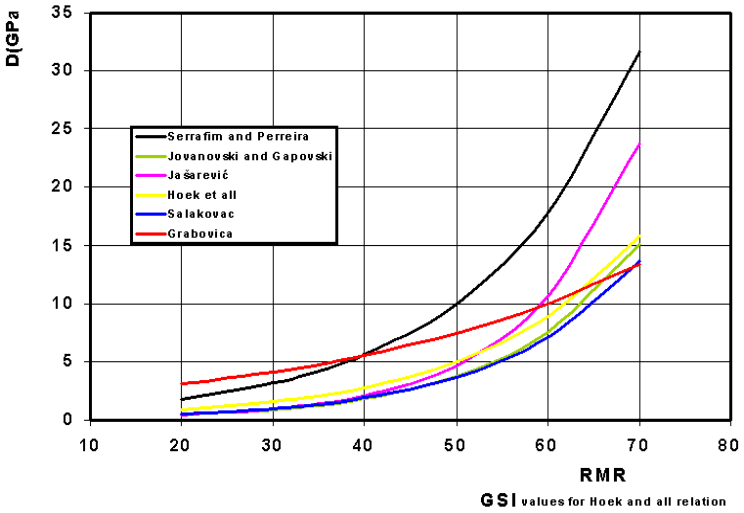


Слика 11. Серија на разни зависност D=f(E) за разни локалитети во карбонатни карпести маси



Слика 12. Зависност D=f(Vp) за карбонатни карпести маси по разни автори со дијапазон на расејување во кривите

Забелешка:*Vp-брзина на простирање на надолжни еластични бранови*



Слика 13. Зависности и дијапазон на расејување D=f(RMR-GSI) по различни автори

Може да се истакне дека е невозможно само преку една зависност на доверлив начин да се опфатат сите можни варијанти во пракса. Генерално, примената на ваквите модели е многу корисна, но кај секој конкретен објект треба да се имаат во предвид и можните ограничувања, потенцирани низ повеќе трудови на авторите на овој реферат (2002, 2004). Овде може да се нагласи само следното:

- Геолошкиот развој на даден локалитет ја оставил својата трага во структурата на карпестиот масив, што е имплицитно изразен во сите својства и состојби на масивот, така што е потребна внимателна употреба на корелации добиени за региони со различен геолошки развој;
- Корелациите треба да се прават за секој локалитет одделно, така што пред да се донесе решение за можноста од нивната генерализација, треба да се изврши внимателна анализа при споредбата со резултатите од други локалитети. Врз основа на анализите во овој труд, земајќи ги предвид сите можни неедноznачности, се нагласува дека со примена на прикажаните постапки , може да се допре блиску до реалните својства и состојби на карпестите маси во склоп на теренот и кај карбонатните карпести маси.

ЗАКЛУЧОК

Методологијата на изнаоѓање аналитички врски меѓу различни параметри потребни при геотехничко моделирање на средината, претставува многу сложена постапка во која треба да земат предвид голем број влијателни фактори врз својствата и состојбите на карпестите маси. Ова е посебно значајно кај карбонатните карпести комплекси како специфични геолошки и геотехнички средини. Врз основа на анализата на резултатите од деталните геолошки и геотехнички истражувања, може да се формираат голем број оригинални регресиони модели кои треба да се применливи за истражуваниот локалитет, но кои секогаш се разликуваат во однос на познати регресиии од други светски локалитети.

ЛИТЕРАТУРА

Bieniawski Z.T. (1993): Classification of Rock Masses for Engineering: The RMR System and future trends. Comprehensive Rock Engineering, 1993.

Hoek, E., Carranza C., Corcum B., (2002). Hoek-Brown failure criterion-2002 Edition, Manual from program ROCKLAB, Rocscience Inc., Toronto, Canada

Илијовски З., Јовановски М., Велевски А. (2004): Методологија на инженерскогеолошко моделирање на преградното место за брана "Света Петка",
Прв национален конгрес за брани, Охрид

Jovanovski M., Gapkovski N., Ilijovski Z. (2002): Correlation between Rock Mass Rating and deformability on a profile for arch dam Sveta Petka, 10-th International Conference of the DGKM, Ohrid,

Крвавац А., Јовановски М., Гапковски Н., Илијовски З., (2006): Физички и аналитички модели за карбонатни карпести маси, Зборник на трудови на втор симпозиум за геотехника, Охрид

Kujundžić B. (1973) Sadrzina i metodika izrade inženerskogeoloških preseka, modela i geotehničkih modela, Saopštenja IX Kongresa Jugoslovenskog komiteta za visoke brane, Zlatibor,

МЕТОДОЛОГИЈА НА КОМПЈУТЕРСКО КАРТОГРАФИРАЊЕ НА ГЕОЛОШКАТА ДОКУМЕНТАЦИЈА

[1]Маркоски Благоја и [2]Милорад Јовановски

[1]Природно татематички факултет, Институт за географија, 1000 Скопје, Гази баба бб, Македонија; blagojam@iunona.pmf.ukim.edu.mk
[2]Градежен факултет, Партизански одреди 24, 1000, Скопје, Македонија, jovanovski@ gf.ukim.edu.mk,

Апстракт

Компјутерско-графичките техники и технологии во голема мера се применуваат и при обработка на геолошката документација. Бидејќи, станува збор за специфична и комплексна картографско графичка документација во случајов е посветено поконкретно внимание на методологијата на нејзина компјутерската припрема. Прикажан е редоследот на работните постапки како изборот на картографските извори, трансферот на аналогните во електронски растерски форми, вметнувањето во дигиталните растерски форми во конкретен софтверски пакет, ориентирање, вразмерување, геопозиционирање, упатство за дигитализација, организација на векторизацијата, спроведување на процесот на дигитализација, формирањето на географската основа, спојување на тематските содржини, дизајн на картата се до печатење на оформената документација.

Клучни зборови: компјутерско картографирање, дигитализација, векторизација, геолошка документација

ВОВЕД

Основната Геолошка Карта на Република Македонија во мерка 1: 100 000 е изработена на 23 секции главно во периодот на седумдесетите години на XX век. Изработена е од еминентни автори од Република Македонија од поранешниот Геолошки завод на Македонија, дизајнирана и печатена исто така во реномирани институции во тогашната Југословенска федерација. Овде пред се се мисли на Војно географскиот институт од Белград и Сојузниот завод за геолошки истражувања. Основната геолошка карта е отпечатена во аналогна форма и се користи целиот период наназад од нејзиното појавување. Меѓутоа, навлегувањето и се почестата примена на компјутерските техники и технологии, како во останатите, така и во оваа сфера се појавија како поволна можност за побрзо, полесно и поефикасно организирано работење и искористување на истите.

Од друга страна релативно подолгиот период од изработката на Основната геолошка карта на Република Македонија се појави како крајно време за ревизија на содржините согласно новите теоретско-научни и практични сознанија.

Во контекст на наведеното надлежните институции во Република Македонија пристапија кон постепено организирање во смисла на обработка на Основната геолошка карта од аналогна во електронска векторска форма. Ова се однесува и на т.н. Основна Хидрогеолошка (ОХГК) и Основната Инженерскогеолошка (ОИГК) карта во мерки :100000. Во продолжение се наведени процедурите за дигиталната обработка на овие карти, потоа се презентирани констатираните аномалии и соодветно на тоа се дадени насоки за отстранување и решавање на истите.

МЕТОДИ НА РАБОТА

Методологијата на дигитална обработка на Основната Геолошка Карта всушност значи процес на трансформација на содржината на Основната геолошка карта од аналогна во дигитална форма кој се реализира низ поголем број техничко-технолошки операции кои денес се применуваат во современата компјутерска картографска обработка.

Во конкретниот случај главно се опфатени следните работни постапки и процедури:

-избор на картографски извори во аналогна форма

-воспоставување на електронски растерски форми на листовите на Основната геолошка карта на Република Македонија

-вметнување на дигиталните електронски растерски форми во софтверскиот пакет како фундамент за формирање и дизајн на картографски цртежи (карта),
-ориентација на дигиталните електронски растерски картографски основи,
-вразмерување на дигиталните електронски растерски картографски основи,
-геопозиционирање на дигиталната електронска растерска картографска основа,
-изработка на упатство за дигитална обработка,
-дигитална векторска картографска обработка,
-изработка на рамки на картите,
-формирање на географска основа,
-спојување на геолошката електронска векторска картографска форма со географската основа и рамките на картите,
-подредување на леери,
-печатење на пробни примероци.

Во рамките на трудот, секоја од постапките ќе биде соодветно образложена.

Избор на картографски извори за изработка на дигитална електронска векторска форма

Картографските извори за изработка на дигитална векторска форма на геолошките содржини во основа ги опфаќаат 23-те секции на Основната геолошка карта на Република Македонија во размер 1: 100 000 и содржини од топографските карти во различни размери кои се искористени за формирање на финалните дигитални векторски форми на Основната геолошка карта на Република Македонија.

Воспоставување на електронски растерски форми

После изборот на картографските извори на Основната геолошка карта во аналогна форма со помош на скенер е извршена трансформација на аналогните картографски форми во електронски растерски картографски форми во електронски растерски картографски форми за сите 23 секции поединечно и се оформени фајлови со екстензија tiff главно именувани според името на соодветната топографска секција. На тој начин е формирана база од електронски растерски слики за сите 23 секции на Основната геолошка карта 1: 100 000.

Вметнување на дигиталните електронски растерски форми во софтверски пакет

Софтверскиот пакет AutoCAD Map е избран како технологија кој овозможува формирање и дизајн на било каков графички цртеж со големи можности за позиционирање, димензионирање, картографска креација, боење, шрафирање и ред работни постапки и процедури кои се својствени при обработката и дизајнот на било која карта, но и поради компатибилноста со други софтверски пакети.

Од наведените причини во овој пакет според процедурите најпрво се оформени фајлови и во нив се вметнати соодветните секции во електронска растерска форма. Така се создадени основи со екстензија tiff врз кои помнатаму следи дигитална картографска обработка според процедурите утврдени во посебно упатство.

Ориентација на дигиталните картографски растерски форми

Непосредно по вметнувањето на растерските форми следи ориентација на истите спрема правецот север. Тоа значи отстранувањето на аномалиите кои евентуално настанале при процесот на скенирање. Оваа операција и во оваа апликација е извршена за сите 23 секции поединечно.

Вразмерување на дигиталните картографски форми

Аналогно со ориентацијата на растерските основи, во зависност од саканиот размер на картографскиот производ во рамките на софтверскиот пакет се извршени операциите за вразмерување на сите 23 секции од ОГК[1] поединечно во размерот 1: 100 000. Оваа работна процедура е исто така важна со цел да се избегнат аномалиите при процесот скенирање, но и поради дефинирање (како што е напоменато) на размерот на крајниот картографски производ. Оваа процедура определува и многу други аспекти од процесите на работа кои се тесно врзани со поимот размер.

[1] Основна геолошка карта

Геопозиционирање на дигиталните картографски растерски форми во AutoCAD Map

Геопозиционирањето претставува процедура која овозможува трансфер од произволен локален координатен систем во реален државен координатен систем (ДКС). Во случајот на конкретните работи, векторизацијата на ОГК 1: 100 000 геопозиционирањето е извршено согласно картографската проекција на ОГК, односно во Гаус-Кругеровата проекција. При тоа содржините од произволниот локален координатен систем се трансформирани во реалниот државен координатен систем базиран на правоаголната координатна мрежа на картографските основи во Гаус-Кригеровата проекција. Соодветно на неа е и поставеноста географската координатна мрежа.

Геопозиционирањето како операција е извршено поради практични причини, така што на корисниците им е овозможено за било која точка на содржините на дигиталната карта да се отчитуваат реални правоаголни координати од ДКС на Република Макединија. Ваквата операција посредно влијае на димензиите и димензионирањето на разни точкести, линиски и површински објекти на картата и врз база на тоа можност за нивно редизајнирање по облик, големина, ориентација, боја и сл.

Изработка на упатство за дигитална векторска обработка на Содржините на ОГК на Република Македонија

Заради дефинирање на редоследот на работните постапки при процесот на дигиталната векторска обработка наменски е изработено упатство кое ги содржи операциите како што се:

-креирање знаци,
-избор на соодветни бои,
-креирање соодветни шрафури и
-непосредна дигитална обработка.

Во врска со **креирањето знаци за ОГК** при воспоставувањето на дигиталната векторска форма на наведената карта главно како основа е искористено упатството за изработка на ОГК на Република Македонија. Врз база на него за потребите на конкретната апликација е извршено цртање и дизајн според облик, боја и димензии на сите точкести и линиски знаци. Така припремени, истите се формирани во вид на т.н. блокови и нанесувани на соодветната локација на дигиталната векторска карта, и тоа на секоја секција поединечно.

Изборот на бои исто така претставува комплексна постапка. Имено, познато е дека геолошките содржини се едни од најкомплицираните тематски карти според огромната разновидност на содржините содржат бои според кои може да се раздвојуваат и идентификуваат литолошките единици во просторот односно картата. Големиот број литолошки единици (105 различни бои) неминовно бараше дефинирање, односно избор на бои. За таа цел се идентификувани сите бои на 23-те секции од ОГК на Република Македонија 1:100 000 и е изработен посебен шифрарник како основа за формирање леери (олеати) за секоја боја на литолошките единици.

Проблемот беше релативно тежок бидејќи секциите од ОГК се работени од различни автори во подолг временски период и печатени истотака во различно време такашто нијансирањето и литолошките ознаки не секогаш се софпаѓаат. Во контекстот на разрешувањето на овој проблем ноата дигитална векторска карта на сите секции ќе има идентична и јасно издвоена боја, но проблемот на континуитет на литолошките единици меѓу секциите останува отворен и истиот мора да се решава на експертско ниво.

Креирањето на шрафури за ОГК на Република Македонија се појавува како проблем на дораздвојување и дообјаснување на литолошките единици на ОГК на Република Македонија 1: 100 000, а се врши со примена на шрафури во разни комбинации. На сите 23 секции се идентификувани 179 шрафури., различни по дизајн и боја. Врз основа на извршената идентификација е изработен посебен шифрарник за шрафури, така што врз основа на него се формирани 179 леери за шрафури.

Особено е изразен проблемот на техничко креирање на толку различни шрафури, дотолку повеќе што во самите софтверски пакети не се присутни толку и такви типови шрафури, така што работниот тим изнајде технички иможности (кои ќе бидат и богато искуство за другите институции и интересенти за слични работи) и успеа ефикасно да го надмине проблемот и ги лоцира шрафурите според местото каде ќе припаѓаат.

На картите се идентификувани т.н. шаблонски шрафури и шрафури кои се протегаат орографски. Кај вторите се применети класичните принципи на векторска обработка.

Непосредна дигитална обработка на содржините на ОГК

Во рамките на упатствата за дигитална векторска обработка на содржините како посебна, посложена и пообемна е непосредната дигитална обработка на содржините на ОГК на Република Македонија 1: 100 000. Во врска со тоа се опфатени неколку различни операции:

-дигитализација на границите на литолошките единици,
-дигитализација на линиските објекти (раседи , навлаки и друго),
-дигитализација, односно внесување знаци и натписи,
-боење на површините на литолошките единици,
-изработка на легенди на картографските секции.

Во функција на појаснување на наведените операции во продолжение истите се разгледани поединечно.

Согласно **вразмерувањето** на картографските секции на ОГК на Република Македонија најпрво е утврден степенот на зголемување на картографските растерски основи (6 пати зум) и во продолжение унуфицирано е вршена целокупната векторизација на сите 23 секции. Ова со цел да се задоволи саканата точност, изедначеност и прецизност на објектите на сите карти.

Врз основа на така утврдените принципи е пристапено и извршено **дигитализирањето односно векторизацијата на сите литолошки граници** на сите 23 секции. Притоа се формирани поединечни леери за секоја различна литолошка граница, каде се води сметка за бојата, облокот и димензиите на граничните линии.

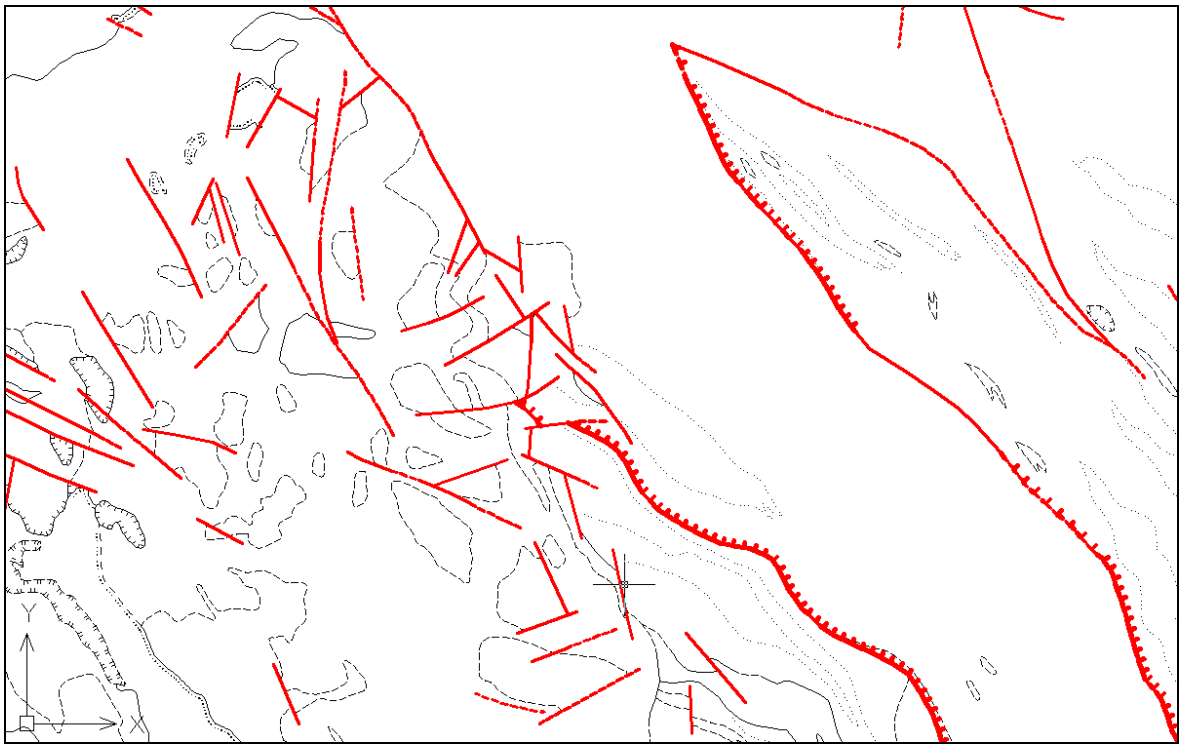
По сличен принцип е извршена и **дигитализацијата, односно векторизацијата на останатите линиски објекти од типот на раседните линии** така што за нив се формирани посебни леери со дефинирани типови на линии според облик, боја, димензии и сл (Слика 1).

Наменски дизајнираните знаци, ознаки и натписи кои се однесуваат на разни содржини од картираната тематика се внесуваат на нивните соодветни локации, така што се врши целосно пополнување и дообјаснување на геолошките содржини на секоја секција посебно.

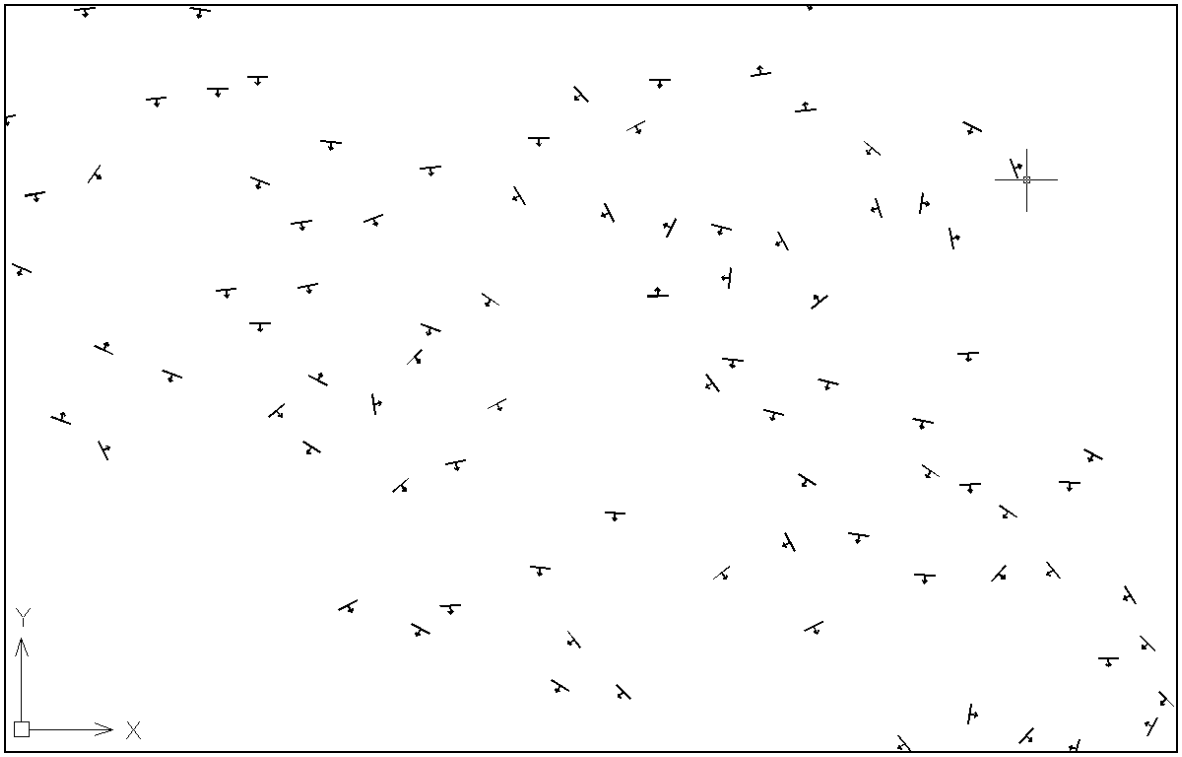
Врз основа на претходно спроведената дигитална векторизација на литолошките граници и утврдените бои во посебни леери е извршено **боење на секоја литолошка единица** со зададената боја во конкретен леер. Оваа операција е релативено поедноставна, но во услови на несоодветна хардверска опрема е мошне спора и одзема релативно подолго време за нејзино извршување. Боењето во литолошките единици е извршено до рамката на картата така што при евентуално спојување со соседните листови нема можност за појавување на зазори.

Слично на постапката на боење е и работната процедура за **шрафирање на литолошките единици**. Меѓутоа, заради големиот број различни шрафури, потребата од нивно дизајнирање, меморискиот простор кој го зафаќаат и сл., проблемот на нанесување на шрафурите е еден од најтешките. Сепак е изнајден соодветен метод според кого наменски се дизајнирани бројни шаблонизирани шрафури и во вид на блокови се нанесени врз површините на литолошките единици. Дел од шрафурите ги пратат орографските карактеристики на земјиштето или одредени гравитациски тенденции на појавите се внесени низ методот на класична векторизација и дизајн.

Целокупната содржина идентификувана на сите 23 секциии од ОГК на Република Македонија, согласно упатствата за нејзина изработка логично не се поистоветуваат со одделните содржини на секциите. Токму затоа, како неминовна постапка го следиме формирањето на **легендата на тематските содржини** на секоја секција посебно. Така се евидентирани сите **точкести, линиски и површински односи**, бои, шрафури, исписи и сл. и како точки се поставени и дизајнирани покрај секоја секција.



Слика 1. Леер со дигитална претстава на линиски објекти од тип на раседи и навлаки, дел од лист Кратово од ОГК во мерка 1: 100000



Слика 2. Леер со дигитална претстава на точкести објекти (стратификација и фолијација) за ист дел од лист Кратово од ОГК во мерка 1: 100000

Со оглед дека се работи за електронска дигитална компјутерска технологија, во случајов предност е тоа што (за разлика од аналогни карти) овде сите знаци, исписи, шрафури и особено бои се изедначени и унифицирани кај сите секции.

Изработка на рамки на картографски секции на ОГК на РМ 1: 100 000

Рамките на секциите на ОГК на РМ 1: 100 000 се идентичен приказ со оригиналот соодветни на Гаус-Кригеровата проекција во кои се изработени картите. На нив се презентирани сите потребни математички, географски и дополнителни елементи со соодветни односи својствени за ваков вид на научни тематски карти како што се секциите на ОГК на РМ.

Формирање географска основа за ОГК на РМ 1: 100 000

Суштинската картографска потреба кај тематските карти да содржат и општо географска основа е почитувана и во случајот на формирање на содржините кај ОГК на РМ 1: 100 000. Во функција на третираната тематика општо географската основа се состои од редуциран хипсометриски приказ на релјефот, застапеност на помаркантни висински точки, хидрографска мрежа, геометриски односи на локацијата на населени места и приказ на географски имиња и натписи. Наведените содржини се во посебен дизајн кој овозможува нивно подискретно прикажување во корист на нагласената тематска содржина.

Спојување на геолошката картографска електронска форма со географска основа и рамката на картите

Процедурите на формирање на комплетните содржини на картите при класичната обработка е нешто поинаку организирана. Во случајов за потреба на дизајн на картографски секции на ОГК на РМ 1: 100 000 се одвиваше низ одделни поодделни целини. Тоа значи дека одвоено се дизајнирани тематските содржини, географска основа и рамките на картите.

Со оглед на можностите во применетиот софтверски пакет во оваа фаза е извршено спојување на трите независни, одделни целини во една единствена со комплетирање на сите поединечни леери својствени за секоја одделна секција на ОГК на РМ 1: 100 000.

Подредување на леери

Обележеноста на содржините кај геолошките карти од една и потребата за полесна манипулација со содржините од страна на корисниците од друга страна беа главни одредници при процесот на дигиталната обработка на картите да се формираат **околу 500 различни леери**. Вака големиот број на леери претпоставува неминовна потреба од нивно групирање и соодветно подредување во смисла на принципот под-над.

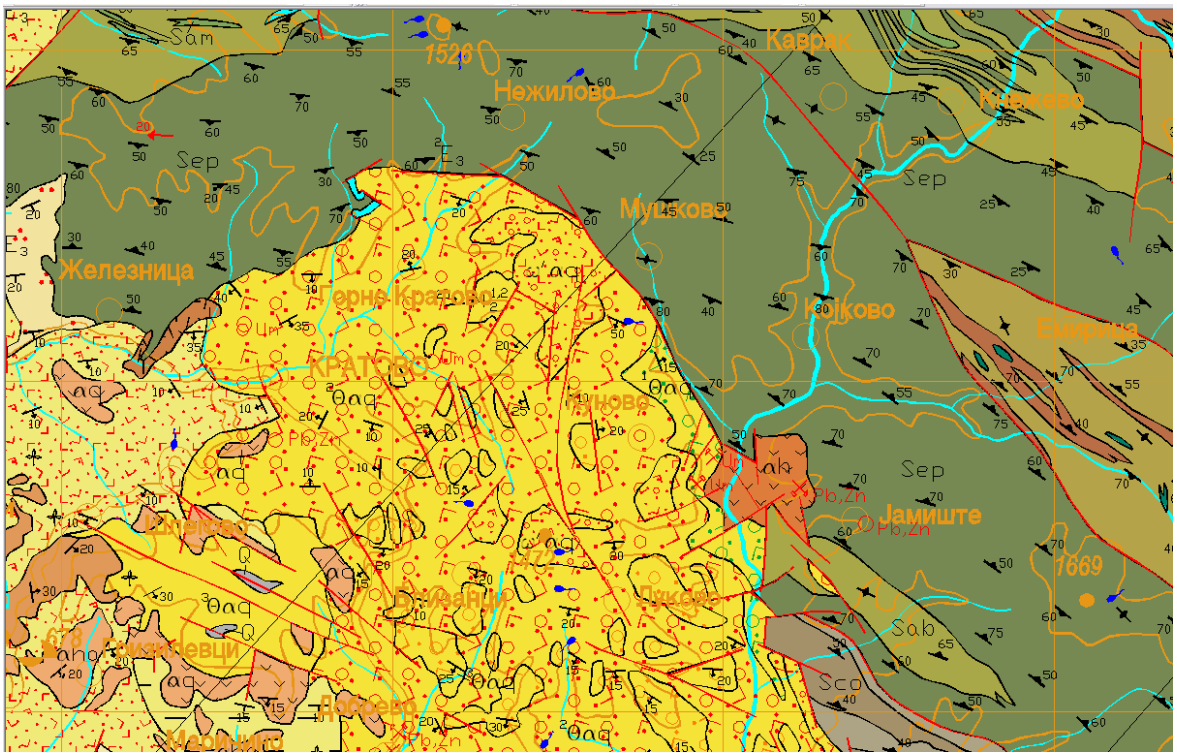
Со тоа се овозможува реален и логичен соодветно видлив приказ на содржините на геолошките карти. Наведената операција е неминовна и во смисла на дизајнот на картата при дефинитивната верзија за печатење.

Печатење пробни примероци

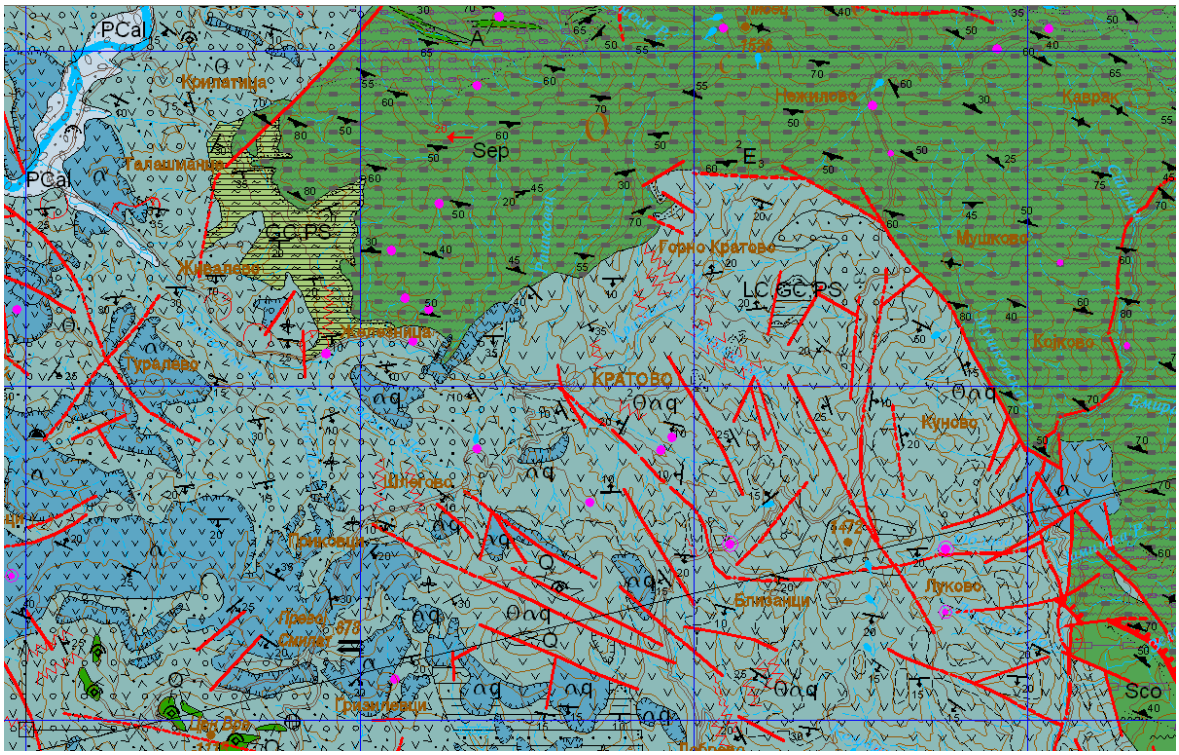
Широкиот дијапазон на применети бои, знаци, шрафури, исписи и сл., нивното логично подредување и естетски изглед претроставуваат проверка на изработените содржини низ конкретно испечатени пробни примероци. Во продолжение следи постапката на припрема за тиражно печатење.

ПРИКАЗ НА РЕЗУЛТАТИ

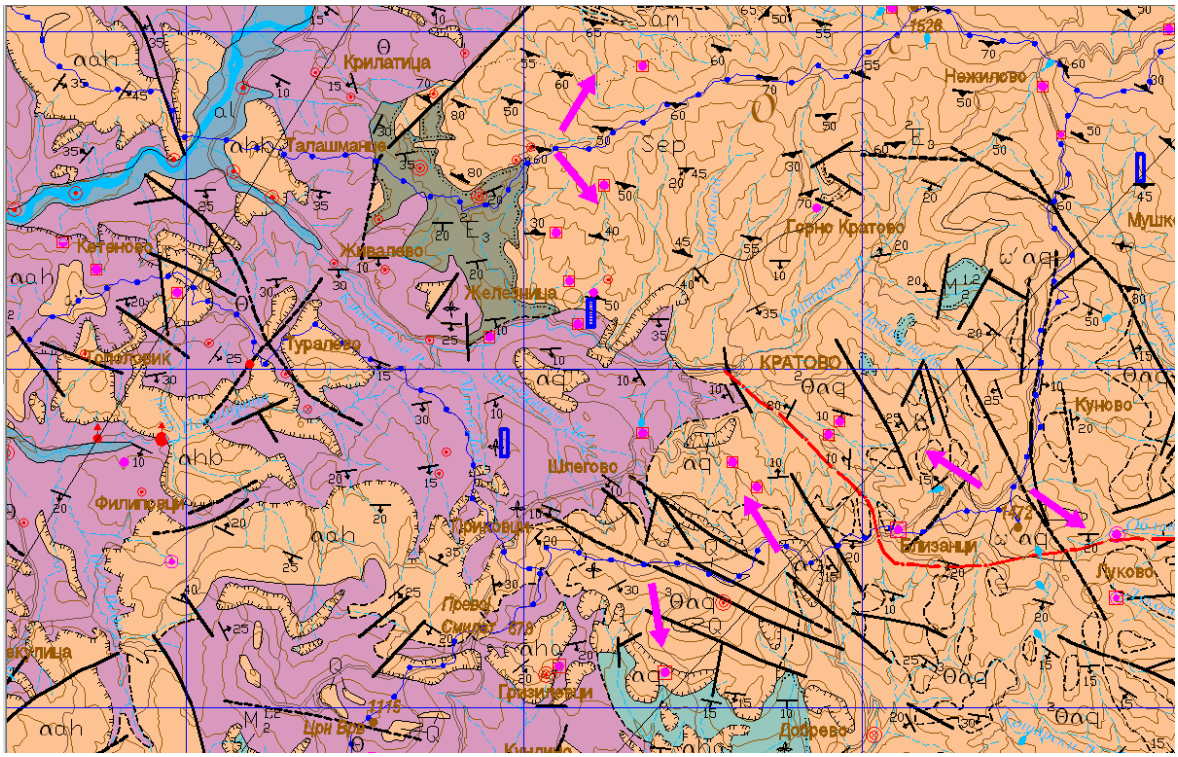
Врз основа на теориско-методолошката поставеност на проблемот на обработка на геолошката документација и практичното спроведување на постапката при процесот на дигитална обработка на аналогните геолошки и сродни карти, се констатира дека компјутерското картографирање овозможува комплетен и мошне прецизен дизајн на геолошката документација според сите правила предвидени во упатствата за изработка на овој вид документи. Искуствата на ваков вид картографирање се базираат од работните процедури при примена на софтверскиот пакет кој е избран за анализа. За илустрација, на Сликите 3,4 и 5 се дадени резултати од целосната постапка за дел од листот Кратово (ОГК, ОХГК и ОИГК).



Слика 3. Комплетна претстава на дигитализирана карта за дел од лист Кратово од ОГК во мерка 1: 100 000



Слика 4. Комплетна претстава на дигитализирана карта за дел од лист Кратово како дел од Основна Инженерско Геолошка Карта (ОИГК) во мерка 1: 100 000



Слика 5. Комплетна претстава на дигитализирана карта за дел од лист Кратово како дел од Основна Хидрогеолошка Карта (ОХГК) во мерка 1: 100 000

ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд е дадена методологијата на компјутерско картографирање за потреби на изработка на геолошката документација.

Се цени дека методологијата на компјутерско картографирање овозможува комплетен и прецизен дизајн на геолошката документација според сите правила предвидени во упатствата за изработка на овој вид документи. Искуствата на ваков вид картографирање се базираат од работните процедури при примена на софтверскиот пакет Auto CAD Mapt, но слични се пристапите и со други софтверски пакети. Резултатите од примената на оваа методологија се евидентни и доволни само ако се потенцираат искуствата од непосредната дигитална векторизација на содржините на Основната геолошка карта на Република Македонија со размер 1:100000, (23 секции) спроведена во фирмата ГЕОМАП Д.О.О Скопје а за потреби на Министерството за економија на Република Македонија во текот на 1997 година. По слична постапка се припремени и делови од лист Кратово за ОИГК и ОХГК на Република Македонија, работени од страна на Градежниот факултет-Скопје, Катедра за геотехника.

Оваа методологија е со можности и за надградба на картографските електронски форми соодветни бази на податоци. Содржините може да се дополнуваат и да се подигнуваат на ниво на Географски Информациски ситем на геолошката документација и сродни системи и потсистеми.

Воспоставените дигитални картографски векторски форми на податоци самите за себе, а во контекстот на ГИС уште повеќе даваат можност со мали припреми да се изврши печатење на сите секции од ОГК на РМ 1 : 100 000 и после 30-тина години да поседуваме ново поажурирано издание.

ЛИТЕРАТУРА

Brukner M., Oluic M., Tomanic S. (1992) *GIZIS geografski i zemljisni informaciski sustav Republike Hrvatske* (metodoloska studija), Zagreb.

Гапковски Н., Јовановски М. (2007) *Општа геологија*, Градежен факултет, Скопје.

Думурџанов Н., Петров Г. (2005) *Геолошко картирање*, Скопје.

Jones C. (1997) *Geographical Information Systems and Computer Cartography*, Singapore.

Keates J. (1976) *Cartographyc design and production*, Norfolk

Kraak .M.J and Ormeling F.J. (1997) Cartography visualization of spatial data, Singapore.

Ljesevic M.A. & Zivkovic D.M. (2001) *Kartografija*, Beograd.

Маркоски Б. (1999) Географијата и технологиите на Географските Информациски Системи, *Географски разгледи* **34**, Скопје.

Маркоски Б. (2001) Дигитална картографска техника -картографирање и картометрирање, *Зборник на трудови од научен собир "Дигитална картографија, состојби, перспективи и можности за примена во Република Македонија*", Скопје.

Маркоски Б., Србиноски З., Никодиноски Б., Пауноски И., Манасов С. (2001) Истражувачки пилот проект за изработка на дигитална топографска карта - секција Охрид 4 во размер 1:50000, *Зборник на трудови од научен собир "Дигитална картографија, состојби, перспективи и можности за примена во Република Македонија"*, Скопје.

Маркоски Б. (2003) *Картографија*, ГЕОМАП, Скопје.

Robinson A., Sale R., Morrison J., Muehrcke P. (1985) *Elements of Cartography*, New York * Chichester * Brisbane * Toronto * Singapore.

Чолеев И. (1999) *Практическа картографија*, Софија.

ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRAIN IN THE MIDDLE FLOW OF NERETVA

[1]Ermedin Halilbegović, [2] Biljana Abolmasov and [3]Mustafa Mulalić

[1]Energoinvest, d.d. Sarajevo, Hamdije Čemerlića 2, 71000 Sarajevo, BiH; ehalilbegovic@yahoo.com

[2]Faculty of Mining and Geology, Đušina 6, Beograd, Srbija, biljana@rgf.bg.ac.yu

[3]Rudnik uglja, Stjepana Radića 2, Zenica, BiH; mustafamulalic@gmail.com

Abstract

Regional engineering geological surveys dont have a long tradition in B&H. They have been introduced in expert geological practices in the last 40 years because of a rapid economic and social development. Engineering study of geological features of rock masses in its essence is a complex process of marking natural, geological and artificial factors caused by man's engineering activity. The subjects of survey in this paper are rock masses in the middle part of Neretva River. The Valley of Neretva River is in the biggest part of surveyed area, a typical crag with steep and very high valley sided. Disregarding mostly solid rock masses that are resistant on the influence of external agents, in these areas many gravitational slope creations are present: rockfall, landslides, sandbanks, diluvium's, proluviums, river terraces, that have essential influence on engineering geological properties of the terrain, as well as a influence on the conditions of using this territories.

Key words: engineering geological properties, Neretva River, regional surveys, landslides, rockfalls

GEOMORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRAIN

The middle flow of the river Neretva, which is the main study subject in this paper, encompasses the area around the town of Konjic until the start of Mostar Field. According to J. Cvijeću: "Neretva is a perforating river, which horizontally dissects the Dinaridian wrinkles and layers" (Pic. 1).

Picture. 1: Map of the researched area

The geomorphologic composition of the ground along the terrain under consideration is very much diverse and morphometrically uneven due to great variations in the lithofacial composition of geological formations, complex tectonic relations, neotectonic activity and different behavior of rock masses in the surface weathering zone under the action of exogenous agents. Based on this, it can be concluded that the geomorphologic composition along the corridor under consideration varies in terms of time of origin, composition, strike direction, spread, form and height.

Generally, about 80% of the investigated area accounts for the highland-relief, with altitudes of up to 500 m and over 500 m, while only about 20% of it accounts for the lowland-relief, with altitudes of up to 500 m.

GEOLOGICAL COMPOSITION AND TECTONIC STRUCTURE OF THE TERRAIN

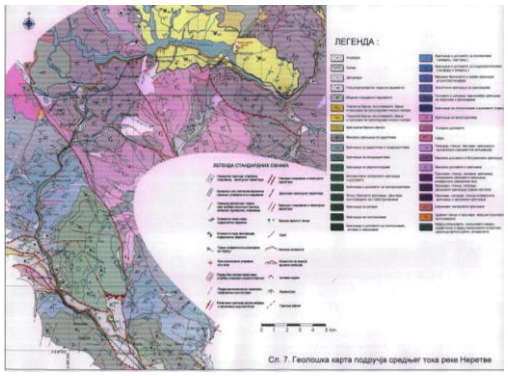
The geology, of the terrain in the middle flow of the river Neretva is rather complex.

The studied terrain, generally, belongs in the following two geo-tectonic units:

- Middle Dinarides
- Exterior Dinarides

The boundary between these units is generally located in the zone of Jablanica, and its extension course is of the Dinarides direction.

In a sense of lythostratigraphic composition, along the studied motorway alignment distinguished are the following units: Palaeozoic crystalline schists and clastites of Silur-Devonian, Perm and Perm-Triasic age, as well as magmatites; mesosoic complexes formed by Lower Triassic clastites, Middle and Upper Triassic, Jurasic and Cretaceous limestones and dolomites and heterogenous complex of neogene sediments and Quaternary deposits (Pic. 2).



Picture. 2: Geological map

PALEOZOIC

This complex was formed from the law chrystallinity crystalline shale that represents regionally metamorphosed sedimentary rocks of the clay-sandy compositions. Quartz porphyrite outbreaks and outpourings occur in these sediments.

TRIASSIC

Triassic sediments are extensively present, particularly in the North and Medium part of the considered area. The Lower, Middle and the Upper Triassic have been noticed. Lower horizons of the lower Triassic are distinguished south from Rastelica and are represented by white and red quartz mica-graphite sandstone rocks that are either massive or thick-bedded with slightly distinct bedding surfaces. Their lower boundaries are always tectonic, and the upper boundary is characterized by gradual transformation to the upper parts of lower Triassic.
Over the Lower Triassic sediments, the limestone, brecciate limestone, dolomite and volcanogenic-sedimentary formations are lying concordantly.

The Jurassic sediments are mostly forming the mountain massifs of Prenj, Čvrsnica, Čabulja and Velež. Various facial developments have been discovered as well as frequent lateral and vertical changes of the Jurassic sediments. The Lower, Middle and Upper Jurassic have been found.
Lower-Jurassic deposits recline concordantly over the limestone and dolomites of Upper Triassic. Lower-Jurassic beds are represented with cryptocrystalline and microcrystalline limestone, over that continues lumpy limestone with interbeds of dolomite rocks. The colors are grey, dark grey, gloomy and yellowish and they are well bedded. The layer thickness is ranging between 10 and 60 cm.
The Middle Jurassic beds are posted concordantly over the Lower Jurassic sediments and are distinguished around Glogošnica. In the lowest horizons the Middle Jurassic formations are represented by oolite and pseudo-oolite limestone rocks with smaller interlayer of the dolomite limestone and dolomite. The colors are brown, dark grey, grey and yellowish. They are well bedded; the layer thickness is ranging up to 30 cm.

The upper Jurassic beds on the considered zone are widely extended. Distinguished are the parts like Oxford-Kimmeridgian and Kimmeridgian-Portland. Cretaceous sediments are extended in this area and are lying concordantly over the Jurassic sediments. They are represented by the massif and well bedded limestone and dolomite rocks. We discovered the lower and the upper cretaceous. The longest sections of motorway alignments are lying in these carbonate rocks, as well as partly in Jurassic sediments. Tertiary sedimentsare well-cemented conglomerate

rocks, breccia and sandstone rocks, composed almost exclusively from gray-greenish Palaeozoic schist and, superficially inspected, they look like Palaeozoic formations. Boulders are of the different largeness, cemented with clayey and ferruginous material. These deposits occur on both sides of Jablanica Lake.

Quaternary formations are not greatly presented and it is possible distinguish the following sediments: fluvioglacial terrace sediments, diluvium, talus and alluvium.

Fluvioglacial sediments - the lower and the higher terrace have been found near Jablanica. Elevation difference of these terraces is 20 m. Materials that form these terraces consist of boulders, as well as of non-rounded rock pieces of the different age and they also contain boulders of eruptive rocks.

Terrace thickness is 60 m in places where the Neretva River cuts its canyon into the terraces (Jablanica). Diluvial deposits are less spread and can be found around Prigrađani at the far south in a form of terrace conglomerates.

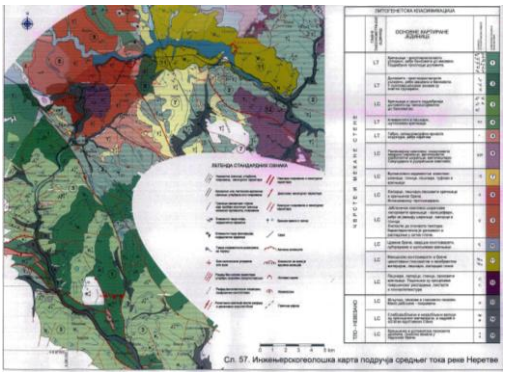
Talus and talus- breccias (s) - distinguished on the slopes of mountains Plasa, Čvrsnica and Prenj, as well as from Donja Drežnica to Gornja Grabovica and all other mountain and hill steep slopes.

Geological composition and framework of the terrain is evaluated as complex and difficult, particularly in the tunnel sections, where drilling will be performed in Lower Triassic clastites and volcanogenic sedimentary formation. More detailed considerations are given in the chapter on engineering-geological conditions of approved alignment construction

ENGENEERING-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRAIN

Engineering-geological classification of rocks for the considered zone has been done according to the Instructions given by the International Association for Engineering Geology and Environment.

According to the UNESCO instruction, the geological complex can be divided in two main groups: hard and soft rocks and cohesionless soils. Hard and soft rocks occupy wide surface at the area considered, while cohesion-less soils appear just in a form of smaller isolated parties (Pic. 3).



Picture. 3: Engennering-geological map

Hard rocks make large area at the studied zone, occupying north and south parts. They form stabile parts of the terrain and work conditions in them are generally favorable. The following units have represented lithologic types:

- Limestone rocks cryptocrystalline, bedded, seldom thick-bedded to massive with sub-ordinated dolomite rock interbeds of Upper Triassic, Jurassic and Cretaceous age,
- Cryptocrystalline dolomite rocks, bedded, seldom massive and thick-bedded, that are weathered in surface zones, of the middle to Upper Triassic age,
- Schistose marl limestone rocks, bedded and partly metamorphosed, of Perm-Triassic age,

Lithologic complex form mostly stabile and subordinated conditionally stabile terrain parts, while detritus over the complexes forms stabile parts of the terrain. Building conditions are relatively less favorable comparing to the mentioned rock masses. This conclusion results from the lithologic composition, tectonic disturbance and impact of the exogenous agents during the time.

The following units are representing in the complex:

- Limestone rocks and more subordinated by dolomite rocks, thin-

bedded to thick-bedded, of Middle Triassic, Jurassic and Cretaceous age,
- Palaeozoic complex - chlorite-muscovite and sericite-schist rocks, argilloschis, siltstone rocks, lydite rocks, phyllite and porphyrite brake outs. This complex is secondary folded and schistose.
- Volcanogenic-sedimentary formation - cherts, claystone rocks, sandstone rocks, tuffs and limestone rocks of Middle Triassic age,
- Jablanica complex-represented by schistose marly limestone rocks-calcschists of Lower Triassic age. Seldom, schist, marlstone and claystone rocks of laminated to sheet texture occur. Characteristic is divisibility and decomposition to small plates.

Soft rocks occupy the central area. Soft rocks and soils form stabile-conditionally stabile and unstable parts of the terrain. Solis-detritus are generally shallow, thickness from 1 to 4 m. Due to linear character of the structure; the majority of the alignment will be placed in it. Soft rocks are represented by the following lithologic units:

- Large grain conglomerates, sandstone rocks, claystone rocks and tufaceous limestone rocks of Perm age,
- Substratum breccias and conglomerate cemented with clayey and ferruginous material, sandstone rocks, marlstone rocks and clays of Miocene and Neogene age,
- Sandstone rocks, marlstone rocks, claystone rocks and sandy limestone rocks of Lower Triassic age. They are of laminated and sheet structure and subject to surface weathering.

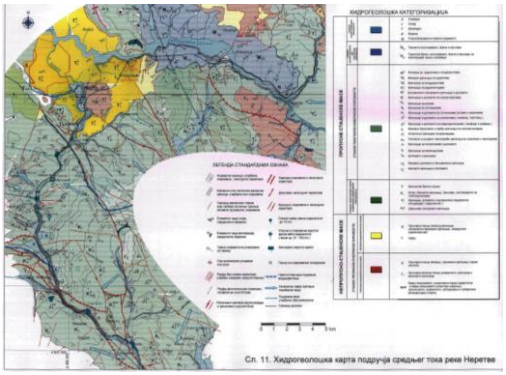
Soils have a little spread and occur around Tarčin and Pazarić, Konjička Bijela, the valley of the Idbar, around Konjic (alluvion of the Neretva river) and Jablanica (fluvioglacial terrace), from Gornja Grabovica to Drežnica and south from Salakovac as bigger isolated parties. These are large size grain cohesionless rocks, represented by the following lithologic complexes:

- Gravels, sands, tufaceous limestone rocks of small thickness - covers, alluvial and lacustrine formations.
- Poorly rounded and non-rounded boulders from limestone material, containing also remaining of eruptive rocks-glacial and fluvial-glacial sediments-around Jablanica are very massive.
- Limestone and dolomite sandstone debris, locally cohesive to slope breccia-diluvium and talus.

HIDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE TERRAIN

Rock masses composing the studied terrain are very heterogeneous and complex, in respect of lithologic composition, structural-tectonic characteristics, structure and porosity, water-permeability and by other characteristics relevant for definition of hydrogeological characteristics.

Considering hydrogeological function of the rock masses, generally, water-permeable and water- impermeable rock masses can be distinguished (Pic. 4).



Picture. 4: Hidrogeological map

In the north part of the considered area, to close to Jablanica, there are permeable, impermeable and more subordinated water permeable rock masses, while in the south area, from Jablanica and further, extremely water-permeable, karstified rock masses dominate. The largest part of the zone belongs to the Neretva river catchment, what means to the Adriatic Sea basin. North and Northeast parts of the area belong to the Sava river catchment. Water divide between these

regional catchments is surface orographic on the location of the mountain Ivan. In the frame of the south carbonate part of the soil, the underground water divides exist, frequently of the zoned character. All underground waters and surface streams are directed towards the Neretva river canyon, as the deepest erosion basis of the considered zone. From the right side the Neretva river accepts Trešanica near Konjic, Doljanka near Jablanica, and downstream Diva Grabovica and Drežanka. The more important left affluent rivers are: the river Bijela (Konjička), the river Idbar, Glogošnica and Mostarska Bijela. On the Neretva river, three hydroelectric power plants (HPP) have been built: HPP Jablanica, HPP Grabovica and HPP Salakovac. In the south part of the area, there are large temporary karts springs, as well as sinkholes with temporary and permanent inflow water of the Salakovac accumulation. Circulation is happening long tectonic and structurally predisposed zones.

CONCLUSION

Based on the present knowledge on the geological relations, hidrogeological and engineering-geological characteristics of rock masses in the studied terrain, the following can be concluded:

- Geomorphologic composition of the studied terrain is very heterogeneous and morphometrically uneven due to variable lithofacial composition, complex tectonic framework, neotectonic activities and different behavior of rock masses in the surface, weathering zone impacted by exogenous agents.
- The geological composition of the ground in the frame of the considered road Alignment 3 from Tarčin to Mostar, is rather complex. The terrain, generally, belongs in the following geo-tectonic units: Middle Dinarides and Exterior Dinarides. Boundary between these units is generally located in the zone of Jablanica, and its extension course is of the Dinarides direction. From Tarčin to Jablanica, the terrain is formed from Palaeozoic rocks, as well as Mesozoic clastites and carbonates, Miocene sediments and shallow Quaternary cover. South from Jablanica (Exterior Dinarides), carbonate rocks of Triassic, Jurassic and Cretaceous age dominate, as well as Quaternary fluvial-glacial sediments and talus.
- The studied terrain, by its engineering-geological characteristics, is mostly composed from hard rocks. In the frame of Interior Dinarides there are mostly rocks susceptible to weathering decomposition processes and formation of thicker covers, what has an impact to both natural and human activity-caused ground stability. South part of the terrain is formed from hard carbonate rocks, characterized by favorable engineering-geological conditions in terms of stability, but also by specific construction conditions.
- By its hydro-geological characteristics, the north part of the considered area, to close to Jablanica, is composed from permeable, impermeable and more subordinated water permeable rock masses, while in the south area, from Jablanica and further, extremely water-permeable, karstified rock masses dominate.
- From Konjic until Jablanica, that is until the contact with the carbonat geological conditions, the construction condition become difficult-complex (unstable landslides).

REFERENCE

J. Cvijić: Geomorphology, Book two, State printhouse of the kingdom SHS, Beograd 1926.

E. Halilbegović: Engineering-geological characteristics of rock masses in the middle flow of the river Neretva, Mining-geological University, Beograd 2007 (PhD thesis).

R. Jovanović, M. Mojićević and others: Explanation for sheet Sarajevo, Institution for engineering geology and hydrogeology of the Faculty of civil engineering, Sarajevo 1978, year

M. Mojićević; M. Laušević: Explanation for sheet Mostar, Institute for geological research

J. Sofilj; M. Živanović: Explanation for sheet Prozor, Institute for geological research Sarajevo, 1971, year

ИНЖИНЕРСКОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СВЛЕЧИШТЕТО ВО СЕЛО РАКОТИНЦИ - СКОПСКО

Кулаков Љупче

Градежен Институт "МАКЕДОНИЈА" А.Д. Скопје, Дрезденска 52 Скопје, Р.Македонија, www.gim.com.mk, gimgeo@gim.com.mk, tel .++389 2 3091 935, mob.++389 70 956 802

Апстракт

По завршувањето на теренските и лабораториските истраги а во врска со појавувањето на одредени пукнатински деформиабилности на земјиштето во село Ракотинци - Скопско во текот на 2007 година, воочено е дека станува збор за специфична појава на свлекување на земјиштето (солефлукција) која е потпомогната од јасно изразената тектоника на теренот како и заситеноста на седиментите со вода. Појавата на ваквата проблематика од обаста на урбаната геологија е резултат на лошата проценка на одредени субјекти за избор на локација за градба, нерешените комунални проблеми резултирани со немање на атмосверска и фекална канализациона мрежа, како и ниското ниво на познавање на ваквата проблематика од страна на локалното население.

Клучни зборови: Свлечиште, Водозаситеност, Солефлукција, Тектоника, Санација

Вовед

Како резултат на појавувањето на одредени пукнатински појави на земјиштето во село Ракотинци - Скопско во текот на 2007 година кои во помала или поголема мера имаат влијание на станбените објекти во селото, и извршениот увид од страна на стручни лица од Градежен Факултет-Скопје, реализирани се одредени инжинерскогеолошки и геотехнички истражни работи со цел да се дефинира и по можност санира појавата на свлечиште. Во рамките на таквите истраги извршени се низа на теренски и лабораториски истражни работи како и низа на пресметки за стабилност на земјиштето.

Со теренските активности на наведената локација опфатено е изработка на истражни дупнатини, бунари и раскопи со цел да се добие што е можно подобра слика за геолошката градба на теренот. Исто така во склоп на овие активности извршено е инжинерскогеолошко и хидрогеолошко картирање и проспекција на теренот, како геофизичко истражување.

Што се однесува до лабораториските истраги и пресметките кои беа реализирани, истите во голема мера имаат помогнато да се добие по детална представа за инжинерскогеолошките, минералошко - петрографските, геотехничките, како и хидрогеолошките карактеристики на седиментите.

Планирањето на теренските активности поврзано со избирање на најсоодветни локации за изработка на истражни дупнатини, бунари и раскопи во голема мера е отежнато во вакви урбани средини бидејќи најчесто локациите кои најдобро одговараат за поставување на истражните работи се на земјиште кое се наоѓа во приватна сопственост. Како резултат на ваквите услови, од особено значење за

подоцнежна интерпретација е најсоодветно поставување на теренските истражни работи. Исто така од големо значење за прецизно дефинирање на свлечиштето е употребата на повеќе различни методи за време на теренско истражување кое би продуцирало сигурна слика на третираниот терен.

Правилна интерпретација на добиените лабораториски резултати сочинета од анализа на директно смолкнување, резидуална јакост, триаксијална јакост, гранулометриска анализа, и слично, се од пресудно значење за стекнување на прецизна слика за третираниот терен. Подоцнежната правилна употреба на овие резултати за пресметка на напонско деформиабилна состојба и стабилност по гранична рамнотежа за истражуваниот терен се од исклучително значење за избирање на најсоодветна метода за санација на свлечиштето.

Прибирањето на податоци од евентуално претходни истраги или појави на поранешно свлекување се исто така од особено значење за добивање на правилна слика за постанокот, формата и понатамошното потенциално развивање на свлечиштето.

Внимателна анализа на структуно-тектонските карактеристики на карпестата маса во која е ситуирано свлечиштето како и на поширокиот регион се од огромно значење за дефинирање на истото.

ТЕРЕНСКИ И ЛАБОРАТОРИСКИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ

Во фазата на ижинерско-геолошката проспекција на теренот направен е план за реализација на целокупните истражни работи, согледани се условите за изведба на истражните дупчења и геофизичките истражни работи. Притоа се регистрирани структурните, геолошко-тектонските, хидрогеолошките и инжинерскогеолошките карактеристики на застапените литолошки формации (испуканост, распаднатост, оводнетост и сл.) и геолошките процеси и појави на теренот по вообичаената метода за ваков вид на истражувања. По регистрирањето на ваквите поголеми и позначајни појави (спуштени делови на теренот, локални мали појави на свлекување, некои хидролошки појави) истите инструментално се внесени на геодетска подлога. За изворите и влажните зони, покрај извршената проценка на нивната издашност, дефиниран е и типот на нивната генеза.

Како основа за целокупното понатамошно истражување е геодетското снимање на просторот кое е реализирано во склоп на теренските истраги. Со овие работи опфантена е површина од 32 ha при што е ажурирана геодетска подлога во мерка 1:1000.

Во рамките на теренските истражни работи кои се извршени на локација во село Ракотинци, реализирана е изработка на 13 истражни дупнатини, 18 истражни бунари и 2 раскопи како и изработка на пиезометри. Распоредот на истражните дупнатини како и на истражните бунари е планиран со цел да се добијат што подобри локации за подоцнежна изработка на надолжни и напречни профили кои најверодостојно би ја прикажале геолошката градба на теренот.

Завршната длабина на секоја дупнатина поединечно е одредена со појавата на добро скаменет лапорец со сиво зелена боја односно со престанокот на појавата од наизменично појавување на глина со песок и чакал во рамките на слабо врзаната лапоровита средина која е детерминирана со кремасто - жолтеникава боја (Сл.1).

Сл.1 - Завршна длабина на бушење

Со детално проучување на теренот во село Ракотинци констатирана е појава на систем од две доминантни паралелни пукнатини со генерален правец на протегање С-Ј кои соодејствуваат со правецот на течение на потокот Димкоец кој пак се наоѓа на западната страна од село Ракотинци (Сл.2).

Сл.2 - Појава на пукнатини

Како челна пукнатина е земена пукнатината која всушност преставува граница помеѓу куќите кои се на стабилен дел од селото и оние на нестабилниот дел. Истата се наоѓа на западна страна веднаш покрај главниот пат кој што поминува низ сред село.

Исто така извршена е и класификација на нај оштетените куќи во селото при што констатирано е дека куќите кои се наоѓаат на самата пукнатинска линија се со најголеми оштетувања. Особено јасно воочливо е влијанието на свлечиштето кај постарите куќи каде ваквата појава е нај јасно изразена. Оштетувањата на одредени куќи е во толкава мера изразено што понатамошно живеење во истите е практично невозможно (сл.3).

Сл.3 - Куќа со поголемо оштетување

Во склоп на теренските истраги се реализирани и геофизички истражувања кои имаат за цел да ги потврдат или да влезат во комбинација со останатите теренски истраги за целосно дефинирање на свлечиштето. Овие истражувања се извршени во текот на месеците Октомри-Ноември 2007 година и представуваат брзи, економични и недеструктивни методи. Користени се геофизички методи со примена на рефракциона сеизмика по избрани карактеристични надолжни и попречни профили со вкупна должина од 2000m.

Со лабораториските истраги опфатени се низа на тестирања (гранулометриски состав на карпестата маса, одредување на диаграм на пластичност, испитување на резидуална јакост, триаксијална јакост, модул на стисливост) кои се подоцна искористени за пресметка на стабилност по гранична рамнотежа и напонско деформиабилна состојба.

РЕЗУЛТАТИ ОД ТЕРЕНСКИТЕ И ЛАБОРАТОРИСКИТЕ ИСТРАГИ

Врз основа на реализираните теренски и лабораториски истражни работи контатирано е следното:

Теренот на кој е лоцирано село Ракотинци припаѓа на миоценските седименти кои се изградени во основа од лапоровито-глиновити серии со одредена концентрација на чакал и песок. Генерално литостратиграфскиот столб од горе надолу е изграден од следните литолошки членови на слабо врзани карпи: прашинести глини со песокливо чалакести прослојќи, песокливо прашинести глини, чакалесто глиновита фација, глинеста фација со малку песок и чакал, заглинет чакал и песокливо-глиновит чакал. Елементите на пад на карпестата маса (лапор 100/15) на теренот се со поволни карактеристики за стабилност на теренот, односно се во спротивна насока од евентуалниот правец на движење на свлечиштето. Истите се јасно воочливи од левата страна по течението на потокот Димкоец каде со формирење на природните засеци во земјиштето можат лесно да се воочат(Сл.4).

Двата доминантни система на пукнатини кои се појавуваат во лапорот се со елементи на пад 190/85 и 290/80 и не преставуваат некој по значителен фактор за нестабилност на земјиштето.

Појавата на пукнатини кои се видливи на површината и оштетување на куќите како резултат на истите, регистрирано е во западниот дел од селото, а додека на спротивната (источна страна) не е забележана појава на оштетување на куќите.

Сл.4 - Структурни каратеристики

Ширината, должината, како и денивелацијата на двете карактеристични (главни) пукнатини видливи на површината е различна. Овие карактеристики се по изразени кај условно земено челната пукатина која се наоѓа покрај главнот пат кој поминува низ селото и е наместа со ширина до 20 cm и денивелација и до 40cm(Сл.5).

Сл.5 - Пукнатиски карактеристики

Како резултат на појава на истата се оформени и наголемите деформиабилности на станбените објекти во селото кои лежат или се во близина на неа. Другата пукнатина е на растојание од околу 50 m од главнта и е со нешто по слабо изразени димензиони карактеристики (ширина 2cm).

Со изработката на истражните дупнатини утврдено е постоење на темно црвена глина со различна дебелина, како и присуство на песокливо-чакалеста компонента во рамките на истата (Сл.6).

Сл.6 - Појава на глинена серија

Од особена важност е фактот дека дебелината на ваквиот слој од глина е обратно пропорционален со правецот на придвижување на свлечиштето. Ваквиот факт придонесува во тоа да се размислува во правец за некаков специфичен тип на појава на свлекување на земјиштето.

Табела.1 - Коефициент на филтрација ддобиен по постапка на Ле Франк

Дупнатина	Интервал на испитување **[m]**	Литолошки состав	Коефициент на филтрација K [cm/s]		
			Од терен	Во лабораторија	
			Ле Франк	Лабораторија	По USBR
D-2	0.25-0.55	Песоклива глина	$1.38x10^{-5}$	/	/
D-2	16.0-16.5	Песоклива глина	$2.91x10^{-6}$	/	$1.89x10^{-6}$
D-8	2.44-2.74	Глиновита прашина	$1.32x10^{-6}$	/	$3.77x10^{-6}$
D-8	5.00-5.50	Миоценски лапор	$3.38x10^{-7}$	/	/
D-9	2.75-3.30	Прашинест песок	$1.89x10^{-5}$	/	$1.09x10^{-4}$
D-11	3.90-7.00	Глина	$8.16x10^{-8}$	/	$5.81x10^{-7}$

За дефинирање на релативниот отпор на материјалите од аспект на нивната збиеност, односно конзитенција извршени се одреден број на опити на стандардна пенетрација SPT (Табела 2).

Како дополнителна појава која наведува на тоа дека станува збор за специфичен тип на свлекување е фактот што резултатите од геофизичките испитувања не даваат јасна дистинкција и разграничување на литолошките и тектонските карактеристики на теренот.

Присуството на добро оформени зрна на чакал и песок дополнително ја комплицира и онака сложената градба на теренот.

Според хидрогеолошките карактеристики на истражуваниот терен, во склад со IAEG, карпестите маси кои се детерминирани за време на изработката на истражните дупнатини и бунари, се класифицирани во IV и V класа според степенот на водопропусност на карпестата маса, односно како слабо до многу слабо водопропусни .

Лабораториските испитувања за коефициентот на филтрација на ваквите сдименти ја потврдува тезата дека станува збор за седименти со исклучително мала вредност на коефициентот на филтрација (Табела1).

Табела 2. - Резултати од извршените опити на стандардна пенетрација **SPT**

Реден бр.	Истражна Дупнатина	Длабина на опит **[m]**	НПВ **[m]**	Вид на материјал	Регистриран број на удари **[N]**	Корегиран број на удари **[N'']**	Збиеност / конзистент. состојба
1	Д-1		/	MI	33	25	мн.крута
2				MI	16	12	крута
3				CL	13	10	крута
4	Д-2		/	MI	28	21	цврста
5				MI	25	18	цврста
6				CL	45	33	цврста
7	Д-3		/	MI	9	7	крута
8				MI	22	19	мн.крута
9				MI	27	20	мн.крута
10	Д-4		/	MI	50	37	цврста
11				L	45	33	цврста
12				L	50	37	цврста
13	Д-5		/	L	31	23	мн.крута
14				L	75	56	цврста
15				L	75	56	цврста
16	Д-6		/	L	46	34	цврста
17				L	54	40	цврста
18				L	60	45	цврста
19	Д-7		/	MI	100	75	цврста
20				L	60	45	цврста
21				L	37	27	цврста
22	Д-8		/	MI	21	16	мн.крута
23				MI	50	37	цврста
24				L	31	23	мн.крута
25	Д-9		12.20	Cl	22	16	мн.крута
26				Cl	52	39	цврста
27				Cl	75	56	цврста
28	Д-10		/	MI	50	37	цврста
29				MI	66	49	цврста
30				L	60	45	цврста
31	Д-11		/	SFs	13	10	добро збиен
32				Cl	9	7	средно збиен
33				Cl	15	11	крута
34	Д-12		10.20	Cl	27	20	мн.крута
35				Cl	23	17	мн.крута
36				Cl	22	16	мн.крута
37	Д-13		/	MI	25	19	мн.крута
38				Cl	23	17	мн.крута
39				Cl	26	19	мн.крута
40				L	85	64	цврста

ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ И МЕРКИ ЗА САНАЦИЈА

Врз основа на добиените теренски и лабораторики резултати, како и низа на пресметки, констатирано е следното:

Појавата на свлекување која е регистрирана во рамките на село Ракотинци е резултат на низа фактори кои помалку или повеќе влијаеле на деформиабилитетот на земјиштето. Имено, како главна и основна причина за појавата на свлекување е јасно изразената тектоника во рамките на селото потпомогната со високиот степен на заситеност со вода на седиментите.

Тектонската активност манифестирана со појава на одредени пукнатини на теренот е резултат на појавата на расед чиј правец на протегање е идентичен со оној на пукнатините. Истиот се наоѓа во непосредна близина на селото и има силно влијание за формирање на свлечиштето (Сл.7).

Сл.7 - Појава на раседна структура

Детекцијата на чакал и песок во рамките на глиновитите седименти може да се дефинира како ситуирање на тој дел од селото во рамките на старо речно корито. Постепеното свлекување манифестирано со појава на пукнатински структури всушност преставува субвертикално спуштање на теренот резултирано од тектонската активност.

Исклучително спорото движење на карпестата маса е одлика на високо пластичните својства на глиновитата компонента. Заситувањето на седиментите со вода доаѓа од нерешениот санитарен проблем кој се манифестира со немање на атмосверска и санитарна канализациона мрежа. Најголемиот дел од куќите септичките јами ги немаат исчистено и по 20 години што јасно посочува на причинителот за заситеноста на седиментите со вода.

Со анализа на геолошките карактеристики на поширокиот регион утврдено е постоење на други активни свлечишта кои се на оддалеченост од околу 2 km од село Ракотинци а се во рамките на миоценските седименти. Тоа ни укажува на фактот дека овој регион представен со миоценски седименти е јако подложен на деструктивни инжинерскогеолоки појави.

Ваквиот збир од геолошки фактори придонесува да појавата на свлекување на земјиштето во село Ракотинци биде дефинирана како појава на солефлукција, односно пластична деформација на седиментите потпомогна од тектонската активност и пред се заситеноста на седиментите со вода. Како поткрепа на ваквата теорија е фактот што ваква идентична појава се манифестирала и 1963 година после земјотресот во Скопје како и во текот на осумдесетите години од минатиот век за време на обилни врнежи од дожд.

По утврдената фактичка состојба на теренот после неполна година утврдено е дека нема скоро никакви по значителни појави на активно свлекување на земјиштето. Отсуството на ножични пукнатини, јасни контури на свечената маса, како и неможноста за дефинирање на површина на свлекување, се доволен фактор зошто оваа појава не може да се интерпретира како појава на типично активно свлечиште.

Како мерки за санација на свлечиштето е предложено итна изработка на атмосверска и фекална

канализациона мрежа, дехидратација на земјиштето со изработка на дренажен систем за зафат на подземните води, како и изградба на потпорни ѕидови по течението на потокот Димкоец. Со ваквите потфати се очекува да појавата на свлекување на земјиштето да се елиминира или минимизира за неколку години од изработка на истите.

ЛИТЕРАТУРА

Милорад Јовановски, Наум Гапковски, Скопје 2007, Инжинерска Геологија.

Блажо Боев, Ристо Стојанов, Штип 1994, Петрографија.

Наум Гапковски, Милорад Јовановски Скопје 2006, Основи на геологија за градежни инжинери.

Redakcioni odbor, Donji Milanovac 6-9 juni 1995, Drugi simpozium Istraživanje i sanacija klizišta.

Јанчевски Јане, Попвасилев Вангел, Геолошки завод Скопје 1982, Толкувач за лист Скопје К 34-79.

Градежен Институт Македонија А.Д. Скопје, Декември 2007, Елаборат од изведените геотехнички истражни работи на свлечиштето Ракотинци - Скопско.

Miroslav Janjić, Beograd 1982, Inzenerska Geologija sa osnovama gelogije.

Árpád Kézdi, Budapest 1974, Soil Physics.

Miroslav Janjić, Beograd 1984, Inzenerska Geodinamika.

Miomir M.Komatina, Beograd 1978, Hidrogeološka Istraživanja.

Никола Думурџанов, Штип 1999, Структурна Геологија.

Блажо Боев, Миловановиќ, Штип 2001, Тектоника на плочи и магматизам.

Јане Јанчевски, Вангел Попвасилев, Геолошки Завод, 1974-1978 Скопје, Основна геолошка карта на СФРЈ, лист Скопје.

Никола Думурџанов, Ѓоше Петров, Штип 2005, Геолошко картирање.

ГЕОЛОШКИ И ГЕОТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СТАБИЛНОСТ НА РАБОТНИТЕ И ЗАВРШНИТЕ КОСИНИ ВО РУДНИК Р'ЖАНОВО

Ласте Ивановски, Зоран Ѓорѓиевски, Владимир Костовски

Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје, Дрезденска 52 1000 Скопје, Македонија, gimgeo@gim.com.mk www.gim.com.mk

Апстракт:

Како резултат на повеќемесечна анализа на работните косини и геолошката градба на површинскиот коп Р'жаново при негова активна експлоатација, добиени се низа на теренски и лабораториски податоци кои во поголема мера ја дефинираат структурата на рудникот. Доброто познавање на структурно геолошките и геотехничките својства на карпестата маса на рудникот Р'жаново е од витално значење за непречена понатамошна експлоатација на минералната суровина. Врз основа на тоа, во облик на парцијален времен извештај, вршено е увид на фактичката состојба во рудникот, и како резултат на истиот давани се препораки за понатамошна работа.

1.0 Вовед

Основна цел на превземените активности е да се согледа состојбата на стабилноста на површинскиот коп и за таа цел е извршено детално инженерскогеолошко картирање на целосната површина на копот и земање на примероци за испитување на точкастата јакост на карпестите маси од кои е изграден теренот. Предметните истражувања и испитувања беа иницирани и од фактот дека во зоната на североисточниот дел од копот, односно во зоната на серпентинитите, кредните темносиви кварц-серицитско-глиновити шкрилци и тријаските варовници постои одредена појава на поместување на карпестите маси. Со извршените истражувања на прецизен и реален начин се репродуцирани геолошките и генетските услови во склопот на теренот при што анализите реално ја отсликуваат очекуваната стабилност на теренот. Постои и одреден фонд на податоци за геофизичките и геотехничките особини на теренот, кои се сублимирани во следните документи:

-Површински коп Р'жаново, Длабинска прогноза на физичко-механичките карактеристики на геотехничката средина на копот, книга1:Инженерско-геофизички истражувања,ИЗИИС,Скопје,1998г.

-Површиски коп Р'жаново, Длабинска прогноза на физичко-механичките карактеристики на геотехничката средина на копот, книга 2: Анализи на стабилност на копот,Унимаг Инженеринг,МАККО Инженеринг, ИЗИИС, Скопје 1998г.

2.0 Материјали и методи

За дефинирање на потребните геолошки и геотехнички карактеристики на теренот, применета е методологија на теренски и лабораториски испитувања:

- Теренски истражни работи:

-детално инженерско геолошко картирање

- Лабораториски испитувања:

-испитувања на индекс на јакост (J_c) point load test

Паралелно со лабораториските и теренските истражувања, е извршена и анализа на постоечката техничка документација. Од лабораториските и теренските истражувања, добиени се соодветни параметри за екстраполација на карактеристиките од монолит на масив, кои се меродавни за стабилноста на средината.

Инженерскогеолошкото детално картирање на копот е извршено на површина од 60 ha при што се земени проби за испитување на точкаста јакост на карпестите маси од 10 локации, по 10-13 примероци од секоја локација.

За геотехничката анализа на примероците се користени методите на Spencer и Bishop:

2.1

Методот на *Bishop* е презентиран со следните формули:

$$F = \frac{\sum\left[c' \cdot b + (G - u \cdot b) tg\varphi'\right] m_\alpha}{\sum (G \cdot \sin\alpha + M_x)}$$

Каде што за секоја ламела:

$$G = W + W' + W_z + R_y + p \cdot b + a_y (W + W_z)$$

$$M_x = R_x \cdot y_r / R + k_x (W + W_z) y_z / R$$

$$m_\alpha = \frac{1}{\cos\alpha + \sin\alpha \cdot tg\varphi' / F}$$

Симболите во формулата се однесуваат на:

C' –кохезија

F' – агол на внатрешно триење:

b –ширина на ламела;

u –порен притисок;

G –тежина на ламела;

M_X –момент на хоризонталната сила околу центар на рамнина на лизгање

R_X –резултанта од хоризонтална сила на ниво на основа на ламела

Ry–резултанта од вертикална сила на ниво на основа на ламела

p – униформен товар;

a_X –хоризонтален сеизмички коеф.

a_y – вертикален сеизмички коеф.

Поедноставена шема за метод на *Bishop* е прикажана во прилог бр.1

2.2 Методот на *Spencer* припаѓа на т.н "точни "методи на гранична рамнотежа, која во предвид ги зема сите услови за рамнотежа и освен кружно цилиндрични можно е да се анализираат и површини на лизгање со произволна геометриска форма.

$$F = \frac{S}{S_m}$$

Резултантата на меѓуламеларни сили се пресметува според:

$$Q = \frac{\frac{c' \cdot b}{F}\sec\alpha + \frac{\tan\varphi}{F}(W\cos\alpha - u \cdot b \cdot \sec\alpha) - W\sin\alpha}{\cos(\alpha - \theta)\left[1 + \frac{\tan\varphi'}{F}\tan(\alpha - \theta)\right]}$$

И таа мора да ги задоволи условите на рамнотежата на силите во *x*, односно *y* правец:

$$\sum\left[Q\cos\alpha\right] = 0$$

$$\sum\left[Q\sin\alpha\right] = 0$$

и условот за рамнотежа на моментите во полот *O*:

$$\sum\left[Q \cdot R \cdot \cos(\alpha - \theta)\right] = 0$$

Поедноставена шема за метод на *Spencer* е прикажана во прилог бр.2

4.0Резултати и дискусија

4.1Геолошки состав

Површинскиот коп Режаново претставува дел од рудната зона на никлоносно железо Р'жаново- Студена вода. Од теренските опсервации може да се заклучи дека површинскиот коп има хетерогена и сложена геолошка градба. Главни литолошки членови кои се застапени во овој површински коп се:

-Тријаски варовници и кварц-серицитски варовнички шкрилци (T_{1-2e} и T_{1-2})

Тријаските варовници го заземаат крајниот СИ дел од копот. На ова место се развиени две фации и тоа: Фација на мермеризирани и масивни варовници и фација на зелени карбонатни шкрилци. Мермеризираните варовници на места

поминуваат во плочести варовници и претставуваат најцврсти карпи во истражуваниот простор. За разлика од нив карбонатните шкрилци се поиспукани и за нијанса се понестабилни. Целиот овој карбонатен комплекс е навлечен под дејство на тектонските активности врз серпентинитскиот масив.

-Комплекс на ултрабазични карпи (серпентинити) (SeJ i SeJ')

Серпентините зафаќаат најголем дел од истражуваниот простор. Серпентинизацијата на овој дел е силно изразена, при што тешко се забележуваат остатоци од првобитната карпа (дунити, харзбургити). Серпентините во контактите со рудното тело поминуваат во талкшисти. Обично се јавуваат како тектонизирани блокови и како силно алтерирани, ушкрилени и многу трошни карпи. Јасна граница помеѓу овие два варијетета не се забележува поради рударските работи и покриеноста на теренот со сипаришен материјал.

Ултрабазичниот комплекс се проценува на јурска старост која не е со сигурност докажана.

-Кредни кварц-серицит глиновити шкрилци ($_1K^2_2$ и $_1K^{2'}_2$)

Сл. 1. Кварц-серицитско-глиновити шкрилци

Овие шкрилци имаат сиво зеленкаста до сиво црна боја. По својата градба се плочести но на места каде преовладува глиновитата компонента имаат тенко листеста и шкрилеста градба. На контактот со поцврсти карпи и во близина на раседите се силно набрани и интензивно испукани. На места има појава на кварцни жици вдолж фолијацијата со дебелина до 0.5m. Овие шкрилци заедно со алтерираните серпентинити претставуваат најнестабилни партии во површинскиот коп.

-Руден слој ($_2K^2_2$)

Рудниот слој на никлоносно железо е сместен на контактот на јурските серпентинити и шкрилците кои ја претставуваат подината и кредните варовници кои се наоѓаат во повлатата. Рудниот слој има инверзна положба и настанал како продукт на латеритско распаѓање на ултрабазичниот комплекс и подоцна е преталожен во водена средина. Рудниот слој има црвеникава боја, но поради хетерогениот состав се сретнуваат и партии со сиво-зеленкаста боја. Освен рудните минерали во рудното тело се среќаваат и петрогени минерали : талк, хлорит, јаспис, калцедон, калцит и др.

Сл. 2 Руден слој (црвено)

-Кредни плочести варивници($_3K^2_2$)

Комплексот на кредни плочести баровници се среќаваат во ЈЗ дел од копот и всушност ја претставуваат кровината на рудниот слој, но поради

интензивната тектоника се превртени и се однесуваат како подина. Претежно се со сива боја кога содржат глиновита материја, но доколку се почисти се со посветла нијанса и во тој случај се поцврсти. Имаат стрмен пад од 50-80°во правец СИ.

Сл. 3 Плочести варовници

-Делувијален материјал (d)
Делувијалниот материјал е претставен со со глиновит материјал и необработени фрагменти од претежно карбонатен материал.

4.2Тектонски карактеристики
Во тектонска смисла ПК Режаново е сместен во западниот дел од вардарската зона. Овој простор претставува зона на навлекување која се манифестира со паралелни навлаки во кои има паралелно сменување на варовнии и карбонатни шкрилци. Како резултат на оваа интензивна тектоника фолијацијата и слоевитоста како и меѓусебните граници помеѓу литолошките членови имаат стрмен пад и инверзна положба.

Во истражуваниот простор доминирааат следните дисјунктивни форми:

-Реверсни раседи со протегање СЗ-ЈИ, со стрм пад од 60-90°, кои претставуваат тектонски граници помеѓу литолошките членови.
-Гравитациони раседи со протегање СИ-ЈЗ кои се вертикални до субвертикални.
-Пукнатински системи со различни правци на пад при што условуваат разделеност на карпестите масиви на повеќе блокови со различни форми и големини.

Овие дисјунктивни форми го прават теренот особено нестабилен особено во СИ страна на копот. Со изведбата на рударските работи состојбата со нестабилноста на теренот дополнително се усложнува при што се зголемуваат приликите за одронување и лизгање на земјштето.

Податоците од деталното инженерско геолошко картирање укажуваат на појави на поместување на карпестите маси во централниот дел од копот, кои имаат карактер на активно свлекување до ползење. Карактерот на процесот во моментов може да се контролира, односно не е изразен со многу голема брзина и динамика. Ваквата појава е резултат на активна раседна структура во овој дел од површинскиот коп како и активната експлоатација и напредување во овој сектор. Раседната структура која придонесува за ваквата појава на нестабилност е со доста неповолни карактеристики (слика 5). Има доста стрмен паден агол и негативен азимут во поглед на стабилноста на работните косини.
Покрај овие појави индикативни се и појавите на тензиони пукнатини во највисоките делови на теренот Сл.4.
Појавата на свлекување е всушност продолжеток на една раседна зона која исто така во голема мера придонесува за дефинирање на инжинерскогеолошките и геомеханичките карактеристики на карпестата маса (Серпентинит) во која е локализирана. Регистрирано е депонирање на јалов материјал на самата раседна зона кој дополнително негативно влијае на стабилноста на етажата. Како причина повеќе за нестабилност на етажата е и неконтролираното испуштање на површинска вода во непосредна близина на ваквата структура кое придонесува да

дојде до водозаситување и појава на активно свлекување. Во северозападниот дел од копот во период од повеќе месеци, присутна е појава на насипан јаловински материјал кој исто така претставува потенцијална опасност за работа особено во најниските работни етажи каде во моментот активно се работи.

Сл.5 Расед

Категоризацијата на карпите според RMR системот на Bieniawski укажува на присуство на карпести маси со категоризација III и IV, додека најпроблематични од аспект на стабилноста на косините се алтерираните серпентинти со класа V. Податоците за категоризација на карпестите маси се прикажани во табела во прилог бр.3, како и податоците за нелинеарен критериум на лом според Hoek и Brown во прилог бр. 4.

5.0 Заклучок

Заради сигурна и економична експлоатација на руда од површинскиот коп Р'жаново – Кавадарци, во тек на август, 2008 год., извршено е инженерскогеолошко картирање на целата површина на копот и земање на примероци за лабораториски испитувања со цел добивање на параметри за анализа на стабилност на работните косини.

Од сите извршени работи во актуелната фаза на истражување, можат да се истакнат следните заклучоци и препораки:

- Површинскиот коп Р'жаново се карактеризира со исклучително комплицирана геолошка и структурна градба. Основните карпи и рудниот слој се од кредна, јурска и тријаска геолошка старост. Надвор од зоната на површинскиот коп во зоната на постојното одлагалиште, застапени се и плиоценски вулканогено–седиментни карпести маси. Како резултат на техногените мерки (ископот), во одредени делови од копот формирани се и вештачки творби од тип на сипаришна дробина, материјал зафатен со ползење и локални одрони.
- Во поглед на тектонската состојба на теренот, треба да се напомене дека сите овие единици се во чести вертикални и странични измени, со голем број на тектонски контакти, т.е. теренот е со исклучително комлицирана тектонска градба, што има значајно влијание врз состојбата и карактеристиките на карпите.
- На југоисточниот дел од копот потребно е итно растеретување на депонираниот јалов материјал на највисоката етажа во рамките на појавата на активно раседнување. Запирање или пренасочување на површинските води кои се слеваат во раседната зона е неопходна потреба за спречување на активно свлекување на карпестите маси .
- Потребно е одстранување на насипаниот јаловински натеријал во северозападниот дел од рудникот за непречено одвивање на експлоатационите работи на пониските етажи.
- Запирање на секаков процес на експлоатација во зоната околу далноводот и анализа на евентуална досегашна оштетеност на столбот на оваа локација е неопходна превенциона мерка.
- Потребна е итна изработака на регулационен зафат за површи-

нските води кои циркулираат на крајниот југоисточен дел од копот.

- Од хидрогеолошките појави, како показател на присуство на подземни води во подземјето, евидентно е присуството на неколку извори, влажни зони и истекувања на дел од отворените етажи и поткопи. Ако се има во предвид ваквата хидрогеолошка состојба, јасно е дека локално, вдолж пукнатините, се јавуваат ефекти на хидростатичкото дејство на подземните води.
- Врз основа на инженерско-геолошкото картирање на теренот во актуелната фаза и добиените резултати од најновите PLT (point load test) лабораториски испитувања, извршена е реинтерпретација на влезните параметри за геотехничка класификација на застапените главни видови карпести маси. Корекциите на параметрите се однесуваат првенствено на едноаксијалната јакост на притисок и квалитетот на јадрото (RQD).
- Карпестите маси се главно категоризирани во III и IV класа, додека изменетите (алтерисани) серпентинити, кои се најпроблематични од аспект на стабилноста на косините, се категоризирани во V класа. Слабиот рејтинг на кредните плочести варовници се должи пред сè на релативно помалку поволната ориентација на пукнатините во однос на останатите карпести маси.
- Имајќи ги предвид геолошките и геотехничките услови во склоп на површинскиот коп, за анализа се избрани 8 (осум) репрезентативни профили каде висините на генералните косини се движат во границите од 160– 225 m.
- Податоците од деталното инженерскогеолошко картирање на теренот во оваа фаза на истражување укажуваат дека во централниот дел на копот има појави на поместувања на масите кои се од карактер на активно свлекување до ползење. Карактерот на процесот може да се контролира, односно до овој момент не е изразен со многу голема брзина и динамика. Покрај овие појави, индикативни се појавите на тензиони пукнатини во највисоките делови од теренот кои во одредени зони се отворени до 1.0 – 1,5 m, со локални спуштања до околу 1,0 cm.
- Геометриските услови и склопот на теренот во зоната на профилот 1 – 1' условуваат овој профил да биде најнестабилен во однос на останатите, на што укажуваат добиените фактори на сигурност кои изнесуваат F_s = 0.997 – 1.100. За подобрување на ваквата состојба на стабилност се препорачува да се изврши редефинирање на профилот од кота 849 до кота 1025, каде што сегашниот наклон на косината ограничена со рамнината на лизгање со минимален фактор на сигурност изнесува $\alpha = 33°$.
- Растоварувањето треба да се изврши со изведба на работни косини со максимална висина од 15 m, наклон 1.5:1 и ширина на берма од 15.0 – 17.5 m, така што генералниот наклон на косината за таа зона да изнесува $\alpha = 32°$. Глобалниот фактор на

сигурност за новите геометриски услови изнесува F_s=1.268, што е поголем од дозволениот ($F_{s.min}$=1.10).

- При проектирањето на работните косини, во алтерисаните серпентинити и темните шкрилци се препорачува да не се усвојува поголем агол од α = 32°, додека во другите видови на карпести маси може да се оди со агли меѓу α = 35 – 37°. Во овој контекст, заради рационалност, се препорачува да се проектираат работни косини со различни агли во зависност од видот на карпестите маси.

6.0 Литература

Боев,Б. Петрографија (1994),РГФ Штип

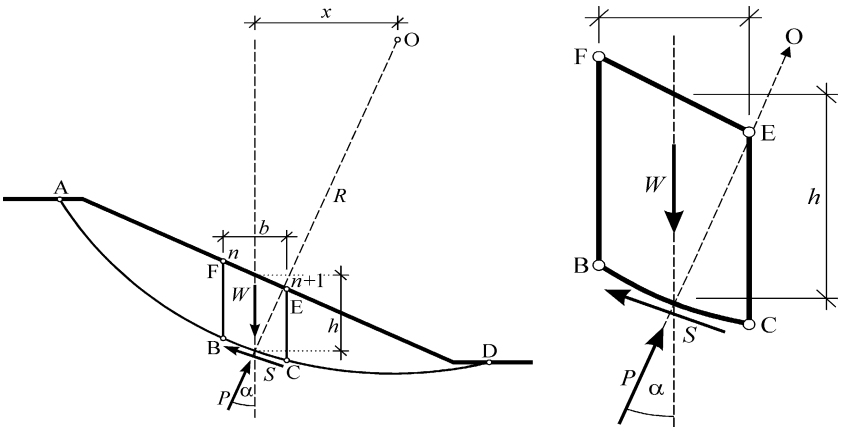
Јањиќ, М. Инженерска геологија (1981) РГФ Белград

Површински коп Ржаново, Длабинска прогноза на физичко-механичките карактеристики на геотехничката средина на копот, книга 1: Инженерско-геофизички истражувања, ИЗИИС, Скопје, 1998 година;

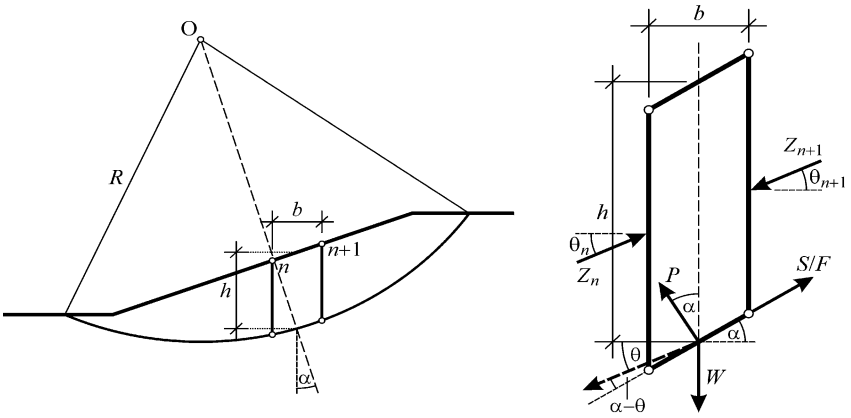
Површински коп Ржаново, Длабинска прогноза на физичко-механичките карактеристики на геотехничката средина на копот, книга 2: Анализи на стабилност на копот, Унимаг Инженеринг, ИЗИИС, МАККО Инженеринг, Скопје, 1998 година.

Елаборат од геотехничките истражувања и испитувања на површинскиот коп “Р`жаново” и анализа на стабилноста на работните и завршните косини, Градежен Институт “Македонија“, А.Д. - Скопје, Скопје, Ноември 2006 год.

7.0 Прилози



Прилог бр.1 Поедноставена шема за метод на *Bishop*.



Прилог бр.2 Упростена скица за употребените членови во изразите на методот на *Spencer*.

Параметар \ Вид на карпа	Масивни серпентинити Se	Алтерисани серпентинити Se′	Кварц-серицитски карбонатни шкрилци T_{1-2}	Тријаски мермеризирани варовници $T_{1-2'}$	Темно сиви до црни кредни шкрилци ${}_1K_2^2$	Кредни тракасти варовници ${}_1K_2^2$	Кафени трошни кредни шкрилци ${}_1K_2^{2'}$	Рудно тело ${}_2K_2^2$	Кредни плочести варовници ${}_3K_2^2$
Едноаксијална јакост	4	2	4	7	2	7	2	4	7
RQD (квалитет на јадро)	8	3	8	13	3	13	3	13	13
Растојание меѓу пукнатини	10	5	8	15	5	10	5	10	10
Состојба на пукнатини	10	0	10	20	10	20	10	10	20
Подземна вода	10	10	10	7	10	7	10	10	7
Ориентација на пукнатини	−5	−5	−5	−5	−5	−5	−5	−5	−25
RMR (rock mass rating)	**37**	**15**	**35**	**57**	**25**	**52**	**25**	**42**	**32**
Класа на карпа	IV	V	IV	III	IV	III	IV	III	IV

Прилог бр.3 Категоризација на карпести маси според RMR системот на Bieniawski (1989).

Вид на карпа	Јакост на притисок UCS [MPa]	GSI (geological strength index)	const. m_i	const. m_b	const. s	const. a
Масивни серпентинити	40.0	42	20	0.826	2.236E-4	0.510
Алтерисани серпентинити	12.5	20	15	0.185	9.219E-6	0.544
Кварц-серицитски шкрилци	45.0	40	9	0.333	1.673E-4	0.511
Тријаски мермер. варовници	75.0	65	9	1.315	6.267E-3	0.501
Темно сиви кредни шкрилци	25.0	30	7	0.150	3.927E-5	0.522
Кредни тракасти варовници	60.0	60	8	0.888	3.036E-3	0.503
Кафеави трошни шкрилци	15.0	30	5	0.107	3.927E-5	0.522
Рудно тело	35.0	47	7	0.381	4.614E-4	0.507
Кредни плочести варовници	70.0	60	9	0.999	3.036E-3	0.503

Прилог бр. 4 Параметри на нелинеарниот критериум на лом според Hoek и Brown.

SOCIOECONOMIC ASPECT OF STUDIES OF LANDSLIDES AS GEOLOGICAL HAZARDS

[1]Biljana Abolmasov and [2]Ermedin Halilbegović

[1] Faculty of Mining and Geology, Belgrade University, Djusina 7, Belgrade, Serbia,
biljana@rgf.bg.ac.yu
[2] Ermedin Halilbegović, Energoinvest d.d., Hamdije Ćemerlića 2, Sarajevo, BiH,
ermedin.halilbegović@energoinvest.com

Abstract

Geological hazards are all processes in a geological environment whose origins are directly connected to the dynamics of the Earth as a planet or occur as a consequence of an interaction of a geological environment with other Earth's spheres, or due to the anthropogenic influence in general sense. This paper will show one of the aspects of the study of landslides as exodynamic processes which threaten the society in a socioeconomic way, which makes them also geological - natural hazard

Key words: Natural Hazards, Geological Hazards, Landslides

INTRODUCTION

In scientific terminology, a hazard represents a process in one of the Earth's spheres (lithosphere, atmosphere, hydrosphere, biosphere etc) that leads to damaging consequences to nature and human society. Hazards can be categorised as natural or anthropogenic, depending on the type of their cause, meaning that they can emerge as the result of natural processes or due to various technogenic influences of man.

All natural processes that can cause damaging consequences in the natural and social environment, and not only at the time of their occurrence, but during long periods of time and for however long the consequences of the processes have implications/influence upon nature and society as a whole, are considered Natural Hazards. In cases of natural hazards also having significant socioeconomic consequences to material goods and people, they can be labelled Natural Disasters.

Clearly the term hazard has been used in the geological sciences only in the last fifty years or so, practically from the moment when certain geological processes and the consequences of their occurrences started a socioeconomic threat to human society, through more and more significant material and human losses. Due to specific precausal factors, triggering factors, the inability to completely define natural-geological processes and predict their consequences in space and time, the term hazard has also found adequate and essential usage in geological sciences. Geological hazards are, therefore, all processes in a geological environment whose origins are directly connected to the dynamics of the Earth as a planet or occur as a consequence of an interaction of a geological environment with other Earth's spheres, or due to the anthropogenic influence in general sense (Abolmasov, 2007).

Geological environment represents an integral part of the natural environment, that is the part of the lithosphere that interacts with the Earth's other spheres (atmosphere or hydrosphere) as well as human influence. This makes all geological processes natural hazards at the same time.

Geological Hazards are geological processes which can be of endogenous or exogenous origin and whose intensity or the intensity of their activity can be expressed as magnitude, frequency or occurrence probability at certain locations. Categorisation to endogenous and exogenous is conditional, as the causes and triggers sometimes cannot be clearly separated. In reality, geological hazards are often a combination, and it would be more correct to term them as a multiplication of hazards (for instance, landslides being activated following an earthquake). This paper will show one of the aspects of the study of landslides as exodynamic processes which threaten the society in a socioeconomic way, which makes them also geological-natural hazards.

SOCIOECONOMIC ASPECT OF STUDY OF LANDSLIDES AS GEOLOGICAL HAZARDS

Natural disasters and their consequences are present all over the world. Different types of natural disasters have also been present to a greater or lesser extent on all continents (Figure 1).

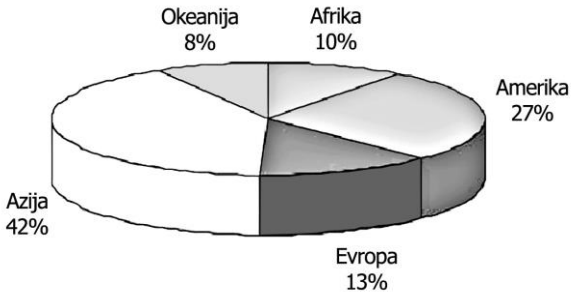


Figure 1.
Percentual representation of all natural disasters by continents for period
1900 – 1999
(Alcantara-Ayala, 2002)

The absolute percentage and the percentual representation in the total number of different types of natural hazards is greatest in Asia and in both Americas, whilst it is smallest in Africa and in the region of Oceania (Illustration 2.1.) In the European region, the percentage of representation is relatively typical in particular types (Alcantra-Ayala, 2002), - it is in third place of the absolute percent of representation that is expressed by particular continents. All of the natural disasters that have been analysed are not a consequence of geological hazards' influences alone, however, their contribution compared to the other natural processes is dominant in some continents (Alcantra-Ayala, 2002). Various analyses of the total number of natural disasters and total economic losses have shown a trend of growth in the last fifty years. Data from the association of the insurance companies Munich-Re in the period 1950-2007, also show an increase in the total number of natural disasters in the last 50 years (Figure 2.). If we compare data from the fifties to data from the nineties, it can be observed that the number of natural disasters and total economic losses have multiplied during a period of less than 50 years.

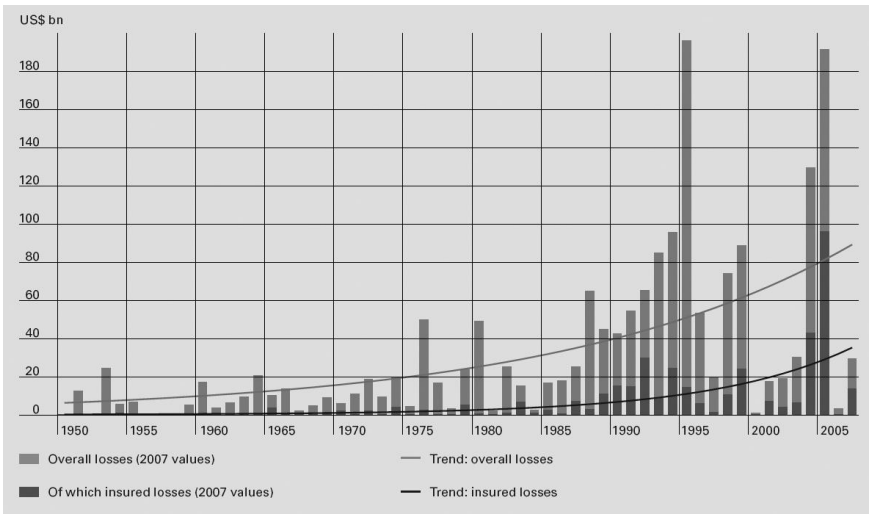


Figure 2 Diagram of total and insured economic losses due to natural disasters 1950-2005 (MunichRe, 2008)

Number of people killed and those who have suffered direct consequences of their activity has in the last five years been between 10 and 100 thousand annually depending on the year, while the number of those suffering the indirect consequences is much greater.
The total number of people killed in the last decade of the twentieth century due to the activities of various natural hazards reached almost half a million people, which certainly is significant (Table 1).

Table 1 Registered total number of people killed in natural disasters for the period 1990-1999 (Alcantara-Ayala, 2002).

	Africa	S & N America	Asia	Europe	Oceania	Total
Landslide	225	2010	5500	644	279	8658
Drought	12	0	2680	0	98	2790
Earthquakes	816	3519	91878	2395	70	98678
Floods	9487	35598	55916	2839	30	103870
Storms	1612	13264	185739	913	262	201790
Volcanoes	0	77	994	0	9	1080
Total	12152	54468	342707	6791	748	416866

In the first and second place of the table of people killed in the world are natural disasters caused by climate change, i.e. all types of hurricanes, tornadoes, whirlwinds etc as well as floods. These are followed by earthquakes, while the landslides are in fourth place. The number of victims of natural hazards that are the result of excess atmospheric-climate-events is significantly higher than the number victims due to hazards of geological (endogenous or exogenous) origins. However, the number of 8658 dead due to landslides represents only 2 % of all human losses caused by the activities of all natural disasters. In Asia, where the number of dead is evidently the greatest, landslide victims make around 1.5 %. In Europe the absolute percentage is much greater and is almost 10%, which also tells us of different types of natural hazards in particular continents.

Judging by the data listed, landslides belong to geological hazards, whose consequences, whether material and/or human losses, are the most widespread hazards across all of the continents. Economic losses from landslides alone follow the general growth trend of damages caused by natural disasters, therefore making the estimates by the insurance companies that by the year 2010 damages caused by landslides will reach 70 billion dollars per year, and over 100 billion dollars per year by 2020 (Figure 3). It is important to note that up to the year 1980, worldwide damages caused by the landslides were under 0.3 billion dollars per year (Paus, 2004).

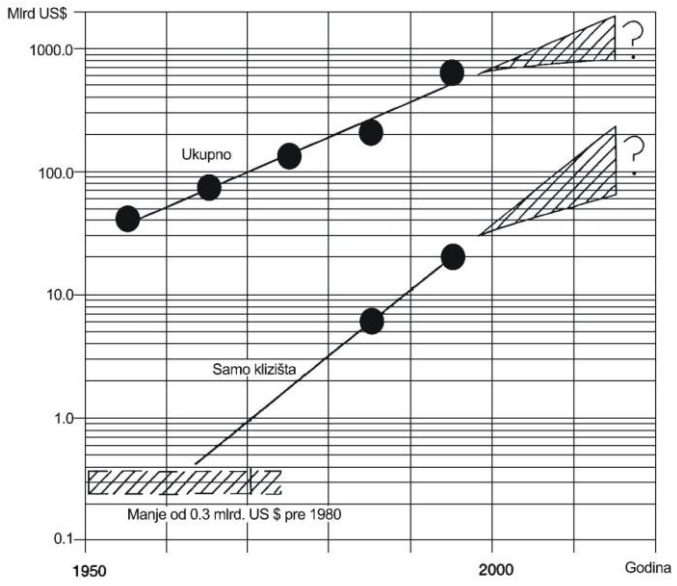


Fig. 3. Diagram of total material damages in the period 1950-2000 with projections up to the year 2020 (Paus, 2004)

According to the data from the US Geological Survey, direct and indirect economic losses due to landslides in the USA surpass 3 billion dollars per year, and 25-50 people lose their lives every year, which has been confirmed several times over the last few years in the USA (Spiker, 2003; Spiker, 2000). Also, 36 out of 50 federal states in the US have got “medium to high degree levels of the

threat of landslides" (Spiker, 2003). As well as many authors and analyses, Shuster (1996) also believes that during the 21st century the trend of increased economic losses due to landslides will continue, and he lists the following as the most likely causes: the urbanisation of society and the general increase of the global population, inadequate environmental exploitation in under-developed countries and general global climate changes. Information that supports Shuster's observations is that at the beginning of the 20th century global population was around 1.1 billion people, whilst at the end of 20th century it numbered more than 6 billion. Furthermore, at the beginning of the 20th century only 5% of the population lived in towns and cities, and towards the end of the century this figure reached 45% (Guzzetti, 1999).

The situation is similar in Europe, though according to the registered data, countries of the Alpine region are most threatened by the consequences of natural hazard activities. The latest catalogue of economic and human losses in Italy caused by floods and landslides (Guzzetti, 2005) indicates that a total of 35,750 people died directly due to flooding, and 10,023 due to landslides in the period 1279-2002. In the period 1900-2002 (20th century), 2630 died as a direct result of flooding, 5190 due to landslides, making this more than half the total number of landslide victims in a period of more than 700 years, and twice as many as the flood victims.

In the spring (March-April) of 2006, following abundant rainfall and sudden melting of snow, over 5000 landslides were registered (some re-activated and some new occurrences), causing damages of around 5 billion dinars (around 80 million dollars) (Tanjug, 03rd May 2006). If the estimated data is correct, it can be observed that, compared to 1981 (Sunaric, 2002), damages due to landslides have doubled.

CONCLUSION

The landslide processes, as a geological hazard, are the most wide-spread modern exodynamic processes on all continents whose influences significantly endanger the socioeconomic aspects of modern society on all continents. In the Balkan Peninsula region, due to the geological environment and its properties, climatic and other characteristics, the landslide process is probably a geological hazard with the percentually greatest economic implications, however systematic and centralised data bases are non-existent in certain countries. A very small number of countries in the world have got precise and systematic data about material damages and human losses caused by geological hazard activities, even though around 20 years ago at the Global Geological Congress in Washington, a systematisation attempt was presented (Brabb, 1989). The fact is that both very developed and under developed countries are affected by losses, but in the undeveloped countries the losses can reach up to 2% of the GDP (Soeters, 1996).

Furthermore, in the regions of many countries of former Yugoslavia there is a real need to develop records, systematisation and assessment of geological hazards that would be supported by the local governments and also regional institutions, and all with the aim of reducing the negative impact caused constantly or periodically by the landslide processes. Positive experiences from the developed countries indicate the importance of national and regional natural hazards protection programs, namely landslides as geological hazards (Guzzetti, 2005).

REFERENCES

Abolmasov, B. (2007). Vrednovanje parametara geološke sredine za ocenu hazarda klizanja terena. PhD tesis. Faculty of Mining and Geology, Belgrade University. 259 pp.

Alcantara-Ayala, I., (2002). Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries. Geomorphology 47. pp 107-124.

Brabb E.E. and Harrod B.L. (1989). (Eds). Landslide-Extent and Economic Significance. Proceedings of the 28 th International Geological Congress: Symposium on Landslides. Washington DC. Balkema, Rotterdam. 385 pp.

Guzzetti F. et al. (1999). Landslide hazard evaluation:a review of cureent techniques and their application in multi-scale study, Central Italy. Geomorphology 31. pp 181-216.

Guzzetti F., Stark C. and Salvati P. (2005). Evaluation of Flood and Landslide Risk to the Population of Italy. Environmental Managment 36 (1), pp 15-36.

Paus H.L. (2005). Reply of Insurance Industry to landslide Risk. In: Glade T., Anderson M.& Crozier M. (Eds). Landslide hazard and risk. John Willey&Sons,Ltd.England, pp 251-283.

Soeters R. and van Westen C.J. (1996). Slope instability recognition, analysis and zonation. In: Turner K.& Shuster L.R. (Eds). Landslides, investigations and Mitigation. Special report 247, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington D.C. pp 129-177.

Sunarić D., Jevremović D. and Nedeljković S. (2002). Analiza šteta izazvanih nekim savremenim geodinamičkim procesima u Srbiji. (on Serbian). Zbornik radova XIII Jugoslovenskog simpozijuma o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji. Herceg Novi, pp 295-300.

www.munichre.com; www.tanjug..co.yu

РАЗВОЈ НА WEB ИНТЕГРИРАНО РЕШЕНИЕ ЗА ЦЕЛОСНО МЕНАЏИРАЊЕ НА ГИС СИСТЕМОТ ЗА КОНЦЕСИИТЕ

Коста Јованов, Кика Шпритова, Флорент Чиче

Министерство за економија

ВОВЕД

Во рамките на Геолошко-информативен систем (ГИС) кој се имплементира во Министерството за економија инсталирани се решенија, односно апликации за просторно исцртување на концесиските простори, база на геолошки податоци и сл., при што базата на геолошки податоци е креирана според упатствата за изработка на геолошките карти.

Во 2008 година планиран е развој на WEB интегрирано решение за целосно менаџирање на ГИС-системот. Развојот на постојната декстоп апликација т.е развој на вакво WEB интегрирано решение е поради потребата од побарување на се поголем број на геолошки информации од системот.

WEB - ИНТЕГРИРАНО РЕШЕНИЕ

Со WEB интегрирано решение ќе се овозможи авторизиран пристап на сите релевантни лица во системот, како и брз и ефикасен пристап до бараните геолошки податоци, но и ќе овозможува анализи на истите и брзо креирање на извештаи. Со апликацијата системот ќе се подигне на максимално можно ниво и ќе се овозможи интеграција со останатите институции, т.е. државни органи кои се инволвирани во постапките за издавањето на концесиите, нивен пристап до определени предмети преку WEB пристапи давање на мислење за предметот, (одобрување/одбивање со образложение за истиот) и интеграција со систем за раководење со документи.

Системот е базиран на ArcGIS Server Enterprise Advanced, кој во себе ги содржи и ArcSDE, софтвер кој овозможува чување на просторни податоци во релациона база, како и WEB апликациски сервер, како производ за презентација/ постирање на просторни податоци преку интернет/интранет. Апликацијата ќе биде развиена во .NET околина, на база на ArcObject COM модулите.

Прва форма која ќе се појавува при стартувањето на апликацијата е формата на логирање во концесии, каде треба да се обезбеди точно корисничко име и лозинка.

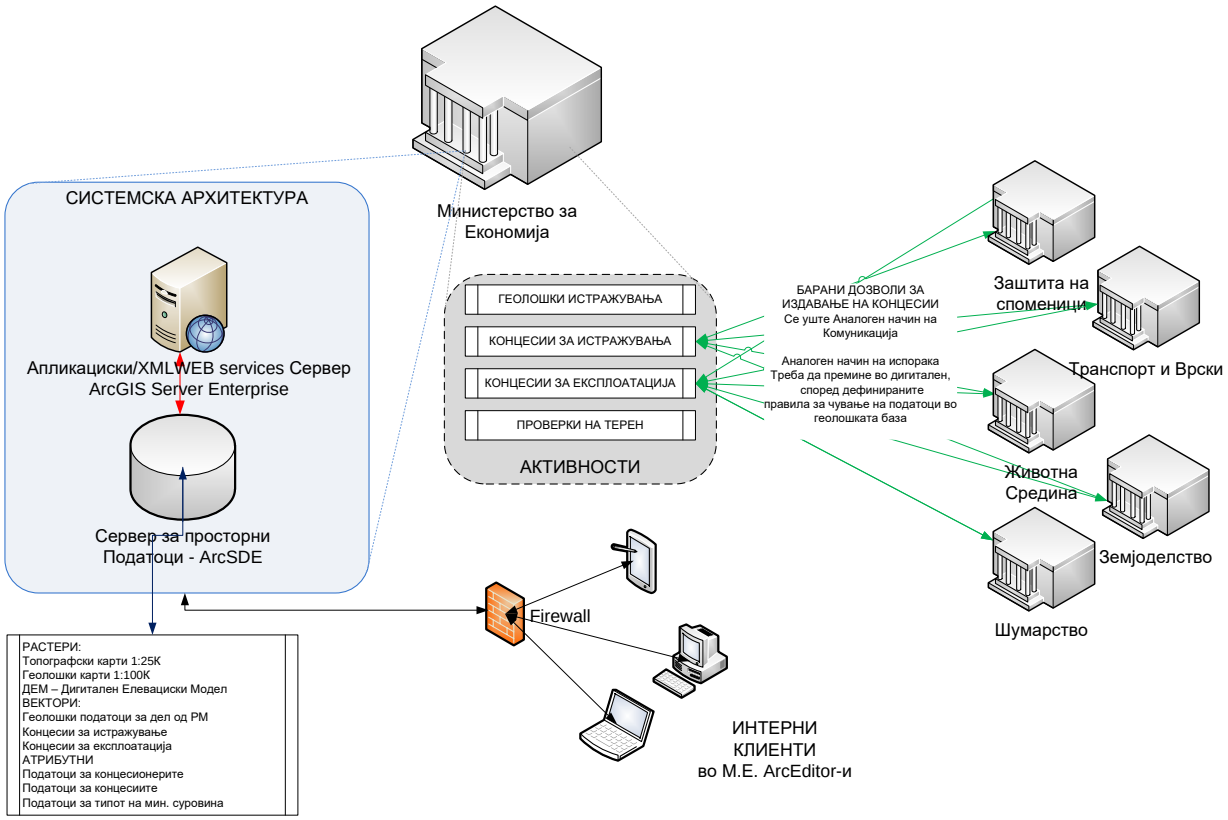
Корисникот треба да има корисничко име и лозинка внесени во базата, при што по успешното логирање во апликацијата, ќе се покажува форма со сите постоечки предмети кои се внесени во базата, наречена предмети за концесии.

Во оваа форма постои табела (grid) во која се сместени предметите, табела бр. 1. Секоја редица има податоци за посебен предмет, заедно со името на корисникот кој го води предметот, а планираниот изглед на системот е прикажан на сл.1.

Ќе биде овозможено пребарување на предмети со помош на:

- број на предмет
- архивски број
- број од влада
- број на договор

Овие броеви се единствени за секој предмет, при што истите овозможуват повеќе опции на пребарување, при што опциите за пребарување можат да се комбинираат со цел да се изврши пребарување по желба на корисникот на апликацијата.



Сл. 1. Изглед на системот со WEB интегрирано решение

Системот дава можност да се пребарува по:

- Минерал
- Локалитет
- Општина (на локалитетот)
- Фирма
- Општина на фирмата
- Тип на концесија
- Статус на предмет
- Дата на отворање
- Дата на договор
- Должи

Како опција на пребарување ќе може да се листат сите предмети во табелата, или само оние предмети кои ги води моменталниот корисник на апликацијата.

Во апликацијата се предвидени следните функционалности:

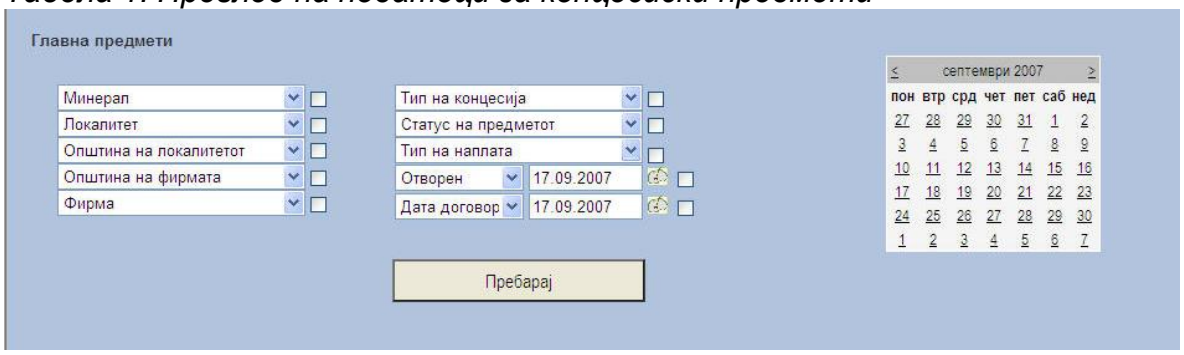
- **Нов предмет:** е првата опција во менито, каде што со кликање на оваа опција од истото се отвора форма за внесување на нов предмет.

За секој нов предмет се внесуваат следните податоци:

- ***организационата единица-***двоцифрен број, т.е. бројот на организационата единица на Секторот за минерални суровини;
- ***број на предмет*** - е бројот внесен во бројот на организационата единица т.е. единствениот број на предметот;
- ***број на барање на Влада*** - карактеристичен број за предметот во системот на Владата.
- ***датум на барање*** - датум на документот доставен до Влада;
- ***тип на барање*** - има две опции од кои може да се избира:
  - *геолошки истражувања*
  - *експлоатација.*
- ***Минерал-***вид минерална суровина која се бара за експлоатација или истражување, при што во случај да не постои во базата бараниот минерал дадена е можност т.е. се клика на копчето нов минерал кој отвора нова форма за внес на истиот;

- ***локалитет*** – просторот кој се бара за концесија;
- ***општина*** - општина во која се наоѓа просторот кој се бара за концесија;
- ***фирма*** – податоци за фирмата која го поднесла барањето за добивање на концесија;
- ***опис на барањето*** - содржина на барањето;
- ***коментар*** - служи за забележување на специфични карактеристики во врска со предметот за кои нема посебно поле

Табела 1. Преглед на податоци за концесиски предмети



- **Наши податоци:** во вториот панел од оваа форма се внесуваат податоци кои произлегуваат од Министерството за економија, при што полиња во овој панел се:
  - ***архивски број***-при внес на нов предмет, овој број е ист со бројот на предметот, а дадена е можност истиот да се менува и тоа во случај кога предметот преминува во следната година, а од архивата му се доделува нов број;
  - ***наставка***-се става ако корисникот сака предметот да му содржи и наставка, уште пред да почне комуникација со барање и праќање на мислења, при што истата не е обавезна;
  - ***дата на отварање*** - дата на евидентирање на предметот во министерството за економија;
  - ***испратено мислење*** - број на барањето со кое се бара мислење за бараниот концесиски простор од надлежните органи;
  - ***наставка на мислењето*** - посебно поле во кое се става број на наставката од дописите, а е дел од горенаведениот број;
  - ***документ*** - адреса каде што е сместен документот, каде што во базата се памти само патеката до документот, а е неопходно документот да биде мемориран на едно место од каде истиот нема да се преместува;
  - ***статус на предметот***-го класифицира предметот според неговиот моментален статус (отворен, прибирање мислења, доставен до Влада, договор во тек, завршен договор и одбиен);
  - ***опис*** **-** се пишува содржината на документот, барање на мислење и сл.

Во текстуалните полиња се наоѓаат сите претходно објаснети ставки кои се пополнуваат при внес на нов предмет, нова фирма, плус податоци кои се пополнуваат со и по склучувањето на договорот. Исто така составен дел од апликацијата ќе биде и внесување на мислења од надлежните органи инволвирани во процесот на усогласувањето на просторот преку WEB, внес на нови минерали во базата, внес на наплатата, како и можностите за креирање на најразлични извештаи.

При внес на мислењето во системот полињата се пополнуваат со следните податоци:

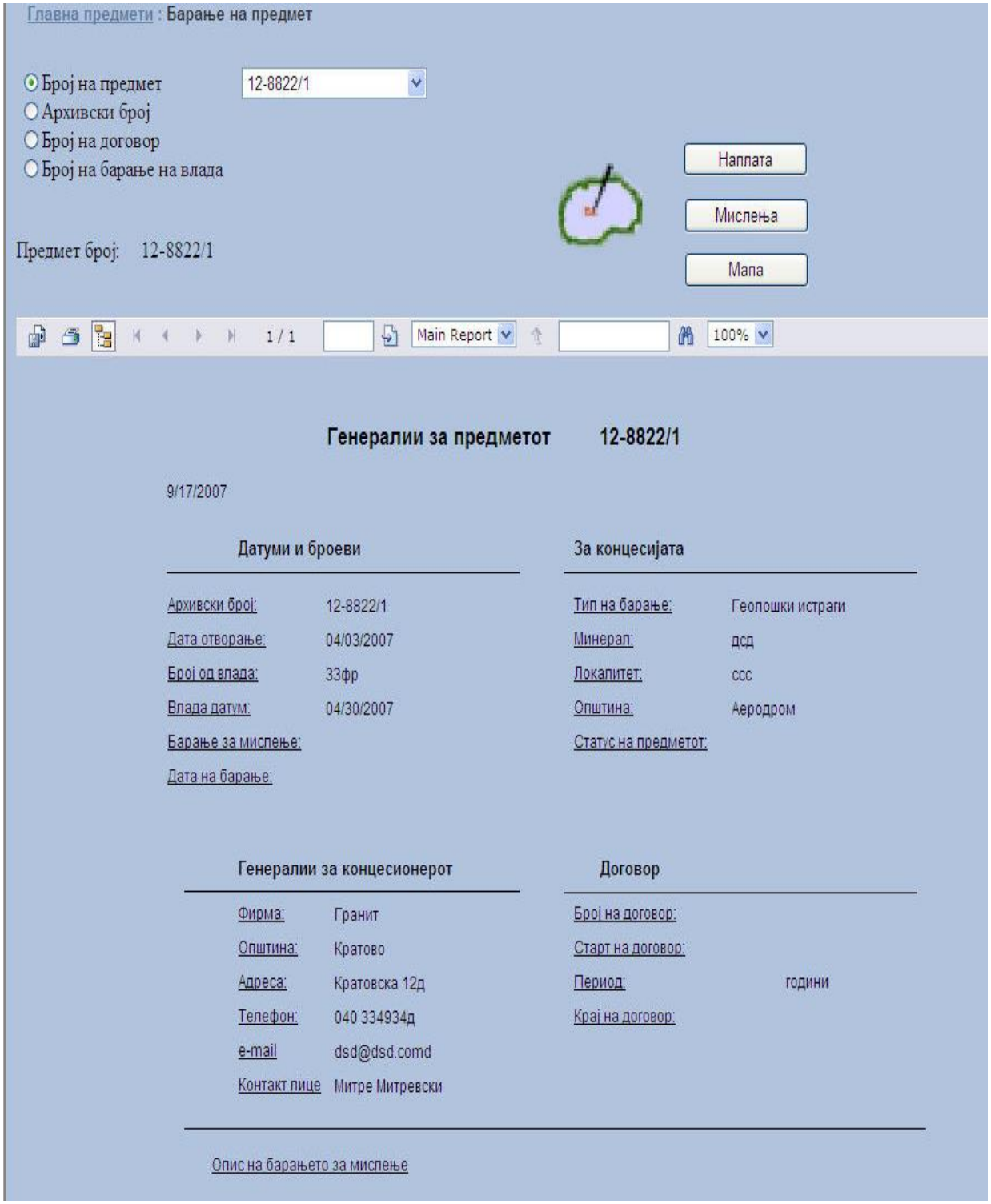
- ***број на мислење***-се однесува на моменталниот број од статусот на предметот.
- ***институција***-се внесува надлежниот орган кој го дава мислењето од соодветната област за просторот за кој се бара концесија;
- ***нивен број*** – се внесува бројот на надлежниот орган кој го дава мислењето;
- ***наставка*** - означува редослед на пристигнати и испратени дописи (барања за мислење и мислења)
- ***одобрено*** - избор опција мислењето е позитивно или негативно;
- ***датум*** - се внесува датум на пристигнато мислење.
- ***образложение*** - се внесуваат причините за одобрување или одбивање на просторот за кој се бара концесијата.

Исто така кон овој дел ќе имаат пристап и соодветните институции/ министерства преку WEB, со свое корисничко име и лозинка, самите да го впишуваат мислењето и образложението.

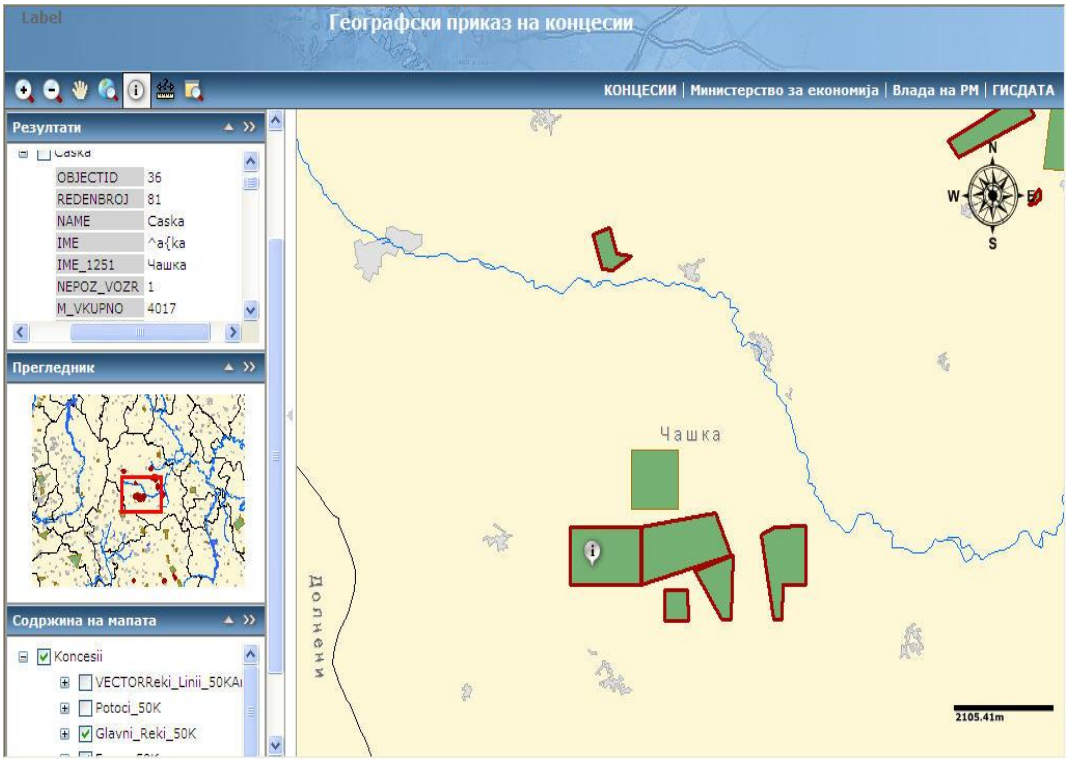
Внес на наплата: во оваа форма се следните полиња:

- ***број на предмет*** - покажува за кој предмет се внесува новото побарување, при што ова поле не може да се менува
- ***тип на наплата*** – дадена е можност да се избере еден од основите за наплата и тоа по:
  - простор за детални геолошки истражувања;
  - простор за експлоатација;
  - произведена минерална суровина;
- ***сума*** – се внесува сумата во денари која концесионерот треба да ја плати
- ***дата на побарување*** - датум до кога концесионерот треба да плати
- ***дата платено*** – *се внесува датумот кога е извршена уплатата на концесискиот надоместок;*
- ***опис*** - се дава опис доколку има забелешки како што се: платил, неплатил; преплатил и сл.

Табела 2. Преглед на Извештај за поединечен концесиски предмет



Во делот преглед на предмет, ќе може да се вршат и промени за предметот, како и графички приказ на предметот, со цел просторно прикажување на концесијата сл.2.



Сл. 2. Графички приказ на концесиски простор

ИЗВЕШТАИ

Во апликацијата ќе постојат повеќе копчиња за разни извештаи. Во зависност од тоа каков извештај е потребен, соодветните податоци ќе се прикажани во извештајот.

Извештаи кои можат да се добијат за еден предмет се по:

- генералии за предметот;
- карта;
- мислења за предметот;
- наплата за предметот;

При селектирањето на предметите во програмот дадена е можност на издавање на три вида на извештаји и тоа:

- негрупиран (по шаблонот за договори за концесии);
- по општини
- по вид на минерали

Во овие извештаи се наоѓаат истите предмети кои што се појавуваат во табелата, негрупирани, групирани по општини, или по минерали, пример прегледот на извештај по општини даден е во табела 3.

Во иднина се планират други активности за развој на Геолошко информативниот систем, и тоа пред се со пополнување на базата со геолошки податоци, набавка и изготвување на соодветен програм за следење на експлоатацијата на минералните суровини и сл.

Табела 3. Преглед на Извештај за предмети по општини

Главна предмети : Групни извештаи : Извештај по општини

1 / 1 Main Report 100%

- Аеродром
- Арачиново
- Ѓорче Петров
- Јегуновце
- Неготино

Извештај за предмети по општини

Дата на извештајот:
9/17/2007

Број предмет	Бр. договор	Старт договор	Тип барање	Минерал	Фирма	Локалитет
23-232			Геолошки истраги	дијамант	Астра	23232д
22-123фе			Геолошки истраги	дијатомејска земја	Астра	фдфдс
67-676			Геолошки истраги	рубин	Астра	гфј
13-133			Експлоатација	ддфдсф	Астра	Стара Гора
Аеродром						
54-44			Геолошки истраги	4	Гранит	4
32-332			Геолошки истраги	антрацит	Гранит	ењењ
21-11			Геолошки истраги	антрацит	Гранит	Горно Долно
12-112		05/16/2007	Геолошки истраги	антрацит	Гранит	Мала Речица
23-22			Геолошки истраги	антрацит	Гранит	С.негорци
12-8822/1			Геолошки истраги	дсд	Гранит	ссс
5749/1			Геолошки истраги	њељ	Гранит	њењ
34-43			Геолошки истраги	фд	Гранит	дд
43-33			Експлоатација	еер	Гранит	њерњ
32-22			Експлоатација	минерална вода	Гранит	Банско
Арачиново						
23-3323	д		Геолошки истраги	варовник	Гранит	Горна брца
35749/1	еее		Геолошки истраги	вода	Гранит	фдфс
43-43			Геолошки истраги	јаглен	Гранит	сдада
Ѓорче Петров						
32-2		05/08/2007	Геолошки истраги	22	Гранит	22
12-2			Геолошки истраги	ддфдсф	ааа	дфсфс
Јегуновце						
66			Геолошки истраги	6	Гранит	6
54-445	2	05/15/2007	Експлоатација	ттт	Гранит	тртр
43-33т			Експлоатација	фд	Гранит	дф
Неготино						
24-232			Геолошки истраги	антрацит	Гранит	с. Долни Дисан
23-2332			Геолошки истраги	јаглен	Гранит	С.Долни Дисан

ПЕТРОЛОГИЈА И МИНЕРАЛОГИЈА

SHORT REVIEW OF SOME RARE MINERALS FROM A "MIXED SERIES" IN THE PRE-CAMBRIAN COMPLEX NEAR NEZILOVO VILLAGE, MACEDONIA

[1]Simeon Jancev, [2]Nikita V.Chukanov,

[1]Faculty of Technology-metallurgy, Skopje; phone: ++389 (0)2 2454-438, e-mail: sijan42@hotmail.com

[2]Institute of Problems of Chemical Physics, Chernogolovka, Russia; e-mail: chukanov@icp.ac.ru

Abstract

This paper reviews some rare accessory minerals from the "mixed-series" rocks:

A. Epidote-group minerals: Epidote-(Pb) – $Ca(Pb,Ca)(Fe^{3+}Al_2)Si_3O_{12}(OH)$; piemontite-(Pb) – $Ca(Pb,Ca)(Mn^{3+}Al_2)Si_3O_{12}(OH)$; Pb-bearing epidote – $Ca(CaPbZn)(AlFeMn)_3Si_3O_{12}(OH)$.

B. Antimonates and their Ti – analogues: tripuhyite – $Fe(Sb,Ti)_2O_6$; romeite – $(Ca,Pb,Na)_2(Sb,Ti)_2O_6(O,OH,F)$, F-romeite – $(Ca,Na)_2(Sb,Ti)_2O_6F$; bindheimite – $(Pb,Ca)_2(Sb,Ti)_2O_6(OH,F,O)$; Ti-analogue of bindheimite – $(Pb,Ca)_2(Ti,Sb)_2O_6(OH,F)$.

C. Apatite-group minerals: As-bearing fluorapatite-$Ca_{4,7}(PAs)_3(OOH)_{12}(FOH)$; members of the mimetite-hedyphane series- $Pb_3(Pb,Ca)_2(AsO_4)_3Cl$ and $Pb_3(Ca,Pb)_2(AsO_4)_3Cl$ as well as their SO_4- and VO_4-containing varieties.

D. Spinel-group minerals, including chrompikotite – $(Fe,Mg)(Cr,Al)_2O_4$.

E. Zn-rich rinmanite – $Zn_2(Zn,Mn,Cu)_2(Sb,Al,Ti)_2(Fe^{3+},Al)_4O_{14}(OH)_2$.

F. Zn-rich senaite – $Pb(Ti,Fe,Zn,Sb,Mn,Zr)_{21}O_{19}$

Key words

Epidote-(Pb), piemontite-Pb, Ti-bindheimite, F-romeite, As-bearing fluorapatite, Zn-rich rinmanite, Zn-rich senaite, isomorphism, MACEDONIA.

INTRODUCTION

In the frame of a "mixed series" of the treated area, in the exo-contact aureoles around the high alkaline body of the meta-rhyolites were discovered barite and quartz-cymrite schists, and dolomite marbles characterized by a very complex mineral parageneses including barite, gahnite, franklinite, cymrite, tilasite, hedyphane, nezilovite, epidote-(Pb), piemontite-Pb, Pb-bearing varieties of epidote and piemontite, Zn-rich högbomite, Zn-rich pyroxenes, Zn-rich amphiboles, Zn-rich rinmanite, minerals of the bindheimite-romeite series and their Ti- and F-dominant analogues, As-bearing fluorapatite, chrompikotite etc. (D.Nikolic, l958; LJ.Baric, l960; Lj.Baric T.Ivanov, l960; S.Jancev, l975 / 1984 / 1990 / 1994 / 1997 / 1998 / 1999 / 2001 / 2003; V.Bermanec, 1996).

RESULTS AND DISCUSSION

A. Epidote-(Pb), piemontite-Pb, Pb-bearing epidote.

These phases actually represent mineral products of solid solutions in one three-component system between epidote, epidote-Pb and piemontite-Pb. The aforementioned minerals were found in the mineralized dolomite marbles and barite schists accompanied with other minerals of the complex mineral paragenesis (barite, Zn-hegbbemite, gahnite, Zn-micas etc.)

Epidote-Pb from "Nezilovo complex" forms typical columnar individuals with greenish color, variable size from 0,05 to 1-2 mm resembling common epidote (Fig.1). The determination was performed by means of X-ray powder data and micro-probe analyses.

Tb.l Unit-cell dimensions of epidote-Pb from Macedonia compared with literature data

	a Å	b Å	*c* Å	β °
Franklin(JCPDS, 17-212	9,03	5,62	10,29	115,93
Franklin(Dollase, 1971	8,96(2)	5,66 (1)	10,30 (2)	114,4 (4)
Macedonia	8,98 (1)	5,65 (1)	10,31 (3)	115,4 (2)

Epidote-(Pb), piemontite-(Pb) and Pb-epidote were determined by means of electron micro-probe analyses, as follows:

Tb. 2. Representative SEM-analyses of Pb-bearing epidote (columns 1,2), Epidote-(Pb) (columns 3, 4, 6), piemontite-(Pb) (column 5); (wt.%)

No.	1	2	3	4	5	6
SiO_2	37,01	37,14	28,34	30,42	30,65	34,65
ThO_2	-	-	-	0,20	-	-
Al_2O_3	19,28	19,66	15,30	16,98	10,73	16,84
Fe_2O_3	11,96	13,56	12,88	12,55	6,98	8,44
Mn_2O_3	2,54	5,04	0,22	-	11,68	7,76
CaO	20,90	20,42	10,50	10,97	10,21	15,11
PbO	3,91	1,89	31,54	26,93	26,29	16,35
ZnO	1,30	-	-	-	-	-
TOTAL	96,90	97,71	96,69	98,05	98,49	99,15

Note: - total Fe is expressed as Fe_2O_3
- the loss of ignition was taken as cca. 1,6-1,8 wt.%.

The crystallo-chemical formulas of the aforementioned minerals from epidote group were calculated on the total cation charge +26 obtaining formulas as follows :

No.1 Pb-bearing epidote: $Ca(Ca_{0,87}Pb_{0,09}Zn_{0,08})_{1,04}(Al_{1,9}Fe_{0,75}Mn_{0,16})_{2.81}Si_{3.1}O_{12}(OH)_{1,1}$

No.3 epidote-(Pb) : $Ca(Pb_{0,89}Ca_{0,17})_{1,06}(Fe_{1,01}Al_{1,88}Mn_{0,02})_{2,91}Si_{2,96}O_{12}(OH)_{1,1}$

No.5 piemontite-(Pb): $Ca(Pb_{0,72}Ca_{0.1})_{0,83}(Mn_{0,9}Fe_{0,53}Al_{1,51})_{2.94}Si_{3,07}O_{12}(OH)_{1,0}$

B. Antimonates

a) Fe-antimonates

In the barite schists can be found accessories of Fe-antimonates enclosed as inclusions in hematite or epidote grains. These Fe-antimonate inclusions reach size up to 0,05 mm representing a real handicap for further X-ray examinations.

In the paper are described two types of Fe-antimonates:
- first type of tripuhiite-type with stoichiometry: $Fe(Sb,Ti)_2O_6$;
- the second type has a formula $FeSbTi_3O_{10}$ – unknown mineral.

Tb. 3. Representative SEM-analyses of Fe-antimonates (wt.%)

No.	1	2	3	4
Fe_2O_3	13,17	16,06	16,35	25,28
TiO_2	59,84	48,98	47,60	19,55
Sb_2O_5	27,79	34,09	36,30	55,28
TOTAL	100,80	99,30	100,25	100,11

No. 4 – On a basis of 6(O,OH)-ions was calculated a formula corresponding to tripuhiite as follows: $Fe_{1,08}(Sb_{1,16}Ti_{0,83})_{1,99}O_6$ or $Fe(Sb,Ti)_2O_6$

No. 2 – On a basis of 10(O,OH)-ions was calculated a formula as follows: $Fe_{0,98}Sb_{1,03}Ti_{2,98}O_{10}$ or $FeSbTi_3O_{10}$ - unknown mineral

b) Solid solutions of stibiconite-group minerals.

Here and there in the treated area are found tilasite veinlets cutting the dolomite marbles. In association with tilasite were discovered Pb – piemontite, nezilovite, epidote – Pb, högbomite, Zn-glaucophane, Zn-rich-pyroxenes, gahnite, franklinite, hematite, Zn-rich rinmanite, bindheimite, romeite, bindheimite - romeite mixed crystals, F-romeite, As-bearing fluorapatite etc.

Ti-rich bindheimite-romeite mixed crystals are distributed or in the groundmass of the dolomite marbles or as inclusions in the tilasite. In both cases Ti-rich bindheimite-romeite crystals are characterized with isometric grains up to 0,02-0,05 mm in size because the determinations of these minerals was achieved by micro-probe analyses:

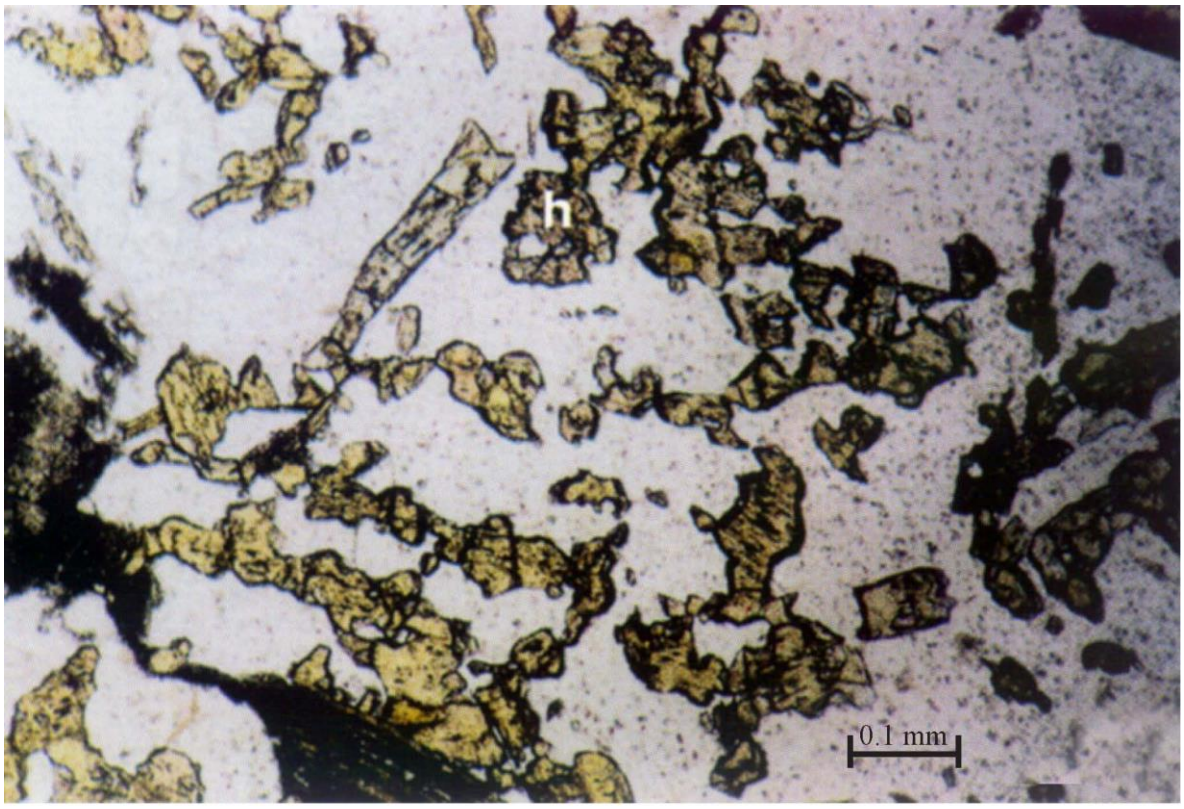


Fig. 1 Epidote - (Pb) - (h) enclosed in fine-grained quartz groundmass (light); (N-)

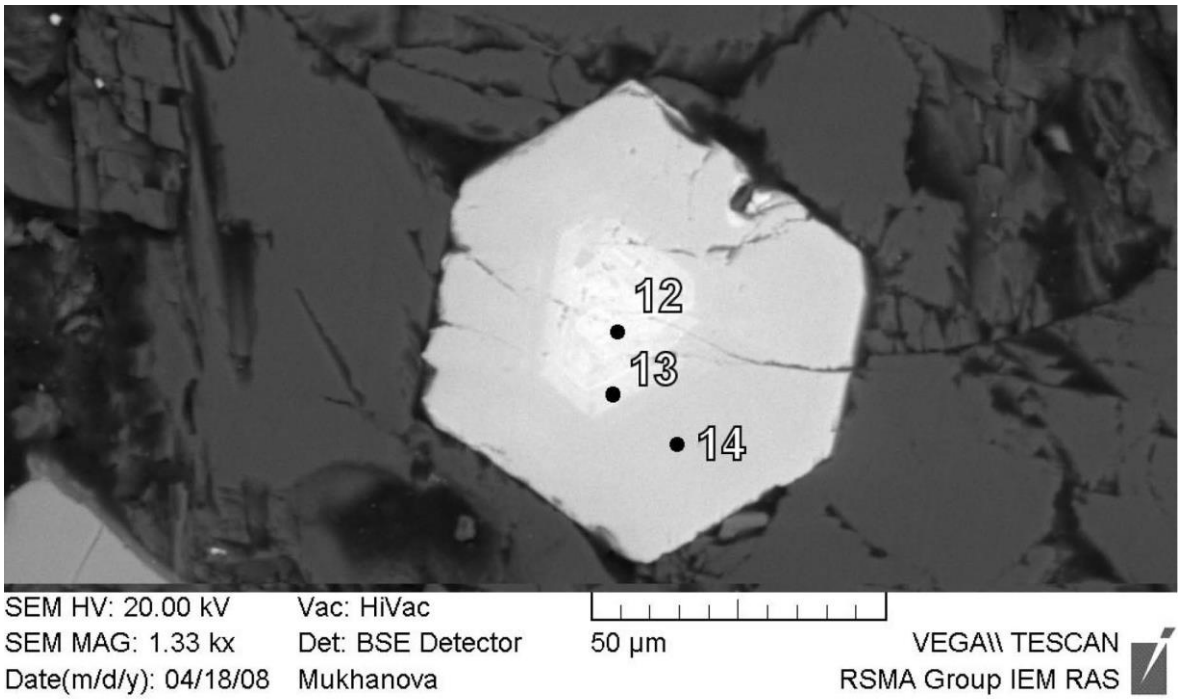


Fig. 2 Na-rich F-romeite with different Pb contents (12 and 13 Pb-enriched zones)

Tb. 4 Representative SEM-analyses of Ti-rich bindheimite-romeite (wt.%)

No.	1	2	3	4	5	6
Sb_2O_5	30,58	41,69	44,53	47,94	67,11	71,57
TiO_2	12,48	10,41	10,32	9,18	8,05	6,37
Fe_2O_3	-	1,77	1,72	0,74	0,19	-
Mn_2O_3	-	2,70	3,72	2,40	0,58	-
CaO	6,00	8,47	9,31	12,41	19,48	12,71
PbO	48,45	31,97	28,06	24,68	2,87	-
TOTAL	97,51	97,01	97,66	97,35	98,28	99,65

The crystal-chemical calculations were based on the method by L.S.Borodin resulting in the following formulas:

No.1 Ti- Ca-rich bindheimite: $(Pb_{1,26}Ca_{0,62})_{1,88}(Sb_{1,09}Ti_{0,90})_{1,99}(O,OH)_7$

No.2 Ti- Pb-bearing romeite: $(Ca_{1,35}Mn_{0,1}Fe_{0,1}Pb_{0,05})_{1,6}(Sb_{1,61}Ti_{0,39})_{2,00}(O,OH)_7$.

Comparative compositional data on stibiconite-group minerals from three detailed investigated associations are given in Tb. 5.

Association 1: barite, Zn-rich amphiboles of the eckermannite - ferroglaucophane series, tilasite, dolomite, hematite, albite.

Association 2: barite, quartz, hematite, gahnite, Zn-rich phlogopite, senaite.

Association 3: barite, quartz, Zn-rich amphiboles of the eckermannit ferroglaucophane series, hematite.

Tb. 5. Mineral associations inside the bindheimite-romeite solid solutions (wt.%)

	Association 1		Association 2	Association 3	
No. →	1	2	3	4	5
Na_2O	5.23	1.71	-		5.15
CaO	17.51	12.74	3.88	3.86	16.63
SrO	-	-	1.95		-
PbO	-	21.55	56.41	59.59	-
Ce_2O_3	-	2.56			
La_2O_3	-	1.65			
Fe_2O_3	-	-	0.90		1.49
TiO_2	4.85	11.85	12.03	14.69	-
SiO_2	-	-	1.05	-	-
Sb_2O_5	70.85	46.18	25.40	23.16	73.33
F	4.25	2.23	-	-	3.43
$-O=F_2$	-1.79	-0.94	-	-	-1.44
TOTAL	100.90	99.53	101.62	101.30	98.59

The charge-balanced empirical formulae calculated on the basis $(Sb,Ti,Fe,Si)_2$ with 7 anions are as follows:

No.1: $(Ca_{1,25}Na_{0,68})(Sb_{1,76}Ti_{0,24})O_{5,9}F_{0,9}(OH)_{0,16}$ – Na-rich F-romeite;

No. 2: $(Ca_{1,05}Pb_{0,44}Na_{0,25}Ce_{0,07}La_{0,05})(Sb_{1,32}Ti_{0,68})O_{5,94}F_{0,90}(OH)_{0,16}$ – Pb,Ti-rich F-romeite;

No. 3: $(Pb_{1,50}Ca_{0,41}Sr_{0,11})(Sb_{0,93}Ti_{0,90}Si_{0,10}Fe_{0,07})O_{5,90}(OH,F)_{1,10}$ – Ca- and Ti-rich bindheimite;

No. 4: $(Pb_{1,63}Ca_{0,42})(Ti_{1,13}Sb_{0,87})O_{5,97}(OH,F)_{1,03}$ – Ti-dominant analogue of bindheimite;

No. 5: $(Ca_{1,25}Na_{0,70})(Sb_{1,92}Fe_{0,08})O_{6,04}F_{0,76}(OH)_{0,2}$ – Na-rich F-romeite.

From the above formulae, the following conclusions can be made:

1. The ratio O:(OH,F) is always close to 6:1 independing on heterovalent substitutions. Probably, F- and OH-dominant minerals should be considered as different species.
2. Ti-dominant analogue of bindheimite is a new mineral species that requires a more detailed investigation.
3. The above formulae demonstrate that all Sb is 5-valent, i.e. there is no

isomorphism with stibiconite. Together with other observarions (the absence of sulfides and arsenides in the above-described associations, predominance of Fe^{3+} over Fe^{2+} in rocks etc.) it can be considered as an indication of a high activity of oxygen in the process of rock formation.

4. In Association 1, inner zones (No. 2 in Tb. 5) are enriched in Pb in contrast to outer zones (No. 1 in Tb. 5) – Fig2. On the comtrary to this, in Association 3, inner zones (No. 5 in Tb. 5) do not contain Pb in contrast to outer zones (No. 4 in Tb. 5) – Fig 3.It demonstrates the existence of strong local differences of mineral formation.

C. Apatite-group minerals.

Apatite-group minerals from the rocks of the "mixed series" show wide isomorphous substitutions in both cation and anion parts (Tb. 6).

Tb. 6. Chemical compositions inside peculiar apatite-group of minerals (wt.%)

No.	1	2	3	4
CaO	51,76	52,47	3,38	5,25
MnO	0,62			
BaO			3,65	
PbO			65,06	67,39
Fe_2O_3			1,38	1,07
P_2O_5	33,98	38,07		
As_2O_5	14,88	6,67	22,31	25,29
V_2O_5				0,93
SO_3			2,10	
F	3,12	3,73		
Cl			2,47	2,81
$-O=(Cl,F)_2$	-1,31	-1,57	-0,56	-0,63
TOTAL	103,05	99,37	99,79	102,11

The empirical formulae calculated on the basis $(P,As,V,S,Fe)_3$ are as follows (hydrogen is added for charge balance):

No. 1:
$(Ca_{4,55}Mn_{0,04})(P_{2,36}As_{0,64})(O,OH)_{12}F_{0,81}(OH)_{0,19}$ (As-bearing fluorapatite);

No. 2: $Ca_{4,72}(P_{2,71}As_{0,29})(O,OH)_{12}F_{0,99}(OH)_{0,01}$ (As-bearing fluorapatite);

No. 3:
$(Pb_{3,68}Ca_{0,76}Ba_{0,30})(As_{2,45}S_{0,33}Fe_{0,22})(O,OH)_{12}Cl_{0,88}(OH)_{0,12}$ (Ca-rich mimetite);

No. 4:
$(Pb_{3,72}Ca_{1,15})(As_{2,71}Fe_{0,16}V_{0,13})(O,OH)_{12}Cl_{0,98}(OH)_{0,02}$ (Ca-poor hedyphane);

D. Chrompikotite

Chrompikotite is not at all a rare mineral because it's a common mineral in the ultramafics rocks. In the frame of the investigated and wider region there are no ultramafic rocks with Cr-mineralisations.So, the evidence that there is a chrompikotite mineral occurrence inside the examined dolomite marbles actually represents a rare mineral occurrence worth to be reported.

Chrompikotite was discovered in the mineralized dolomite marbles in associations with hematite, gahnite, franklinite, etc. Chromite grains are up to 0,1-0,3 mm in size and cracked due to the later tectonic events. This chrompikotite is of hydrothermal origin. Its determination was performed by micro-probe analyses:

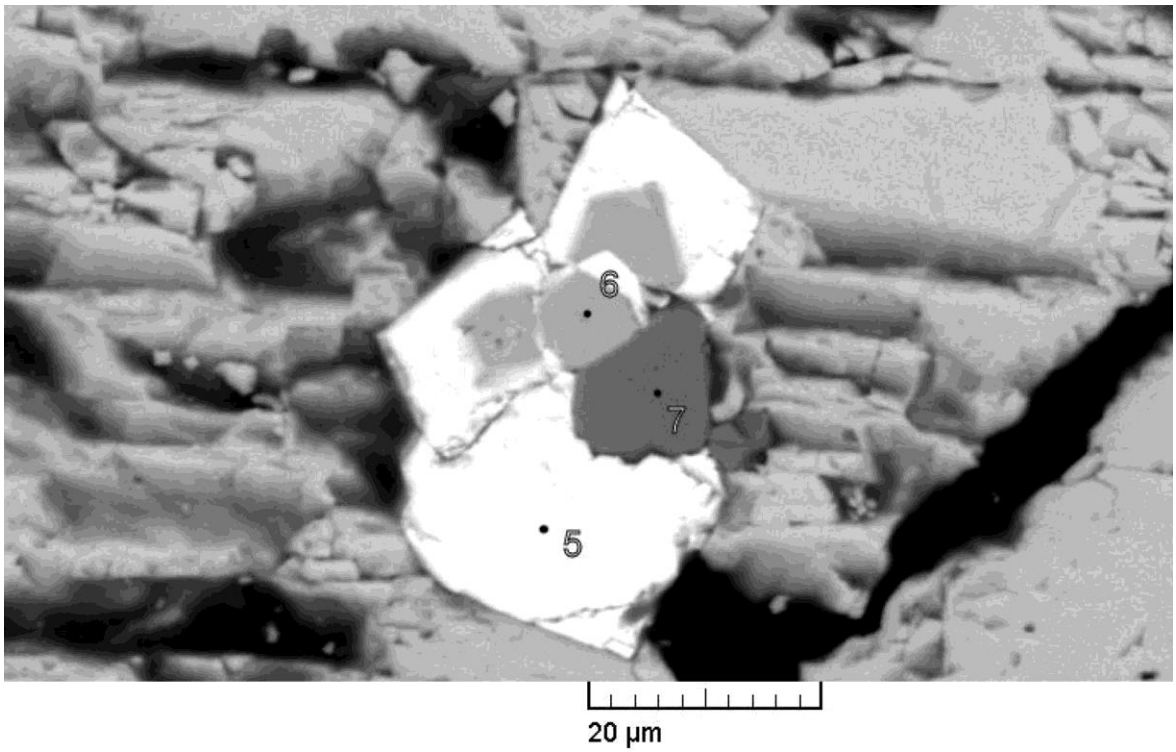


Fig. 3 Na-rich F-romeite crystals; outer (5) zone is Pb richer than inner (6) zone; 7 - barite

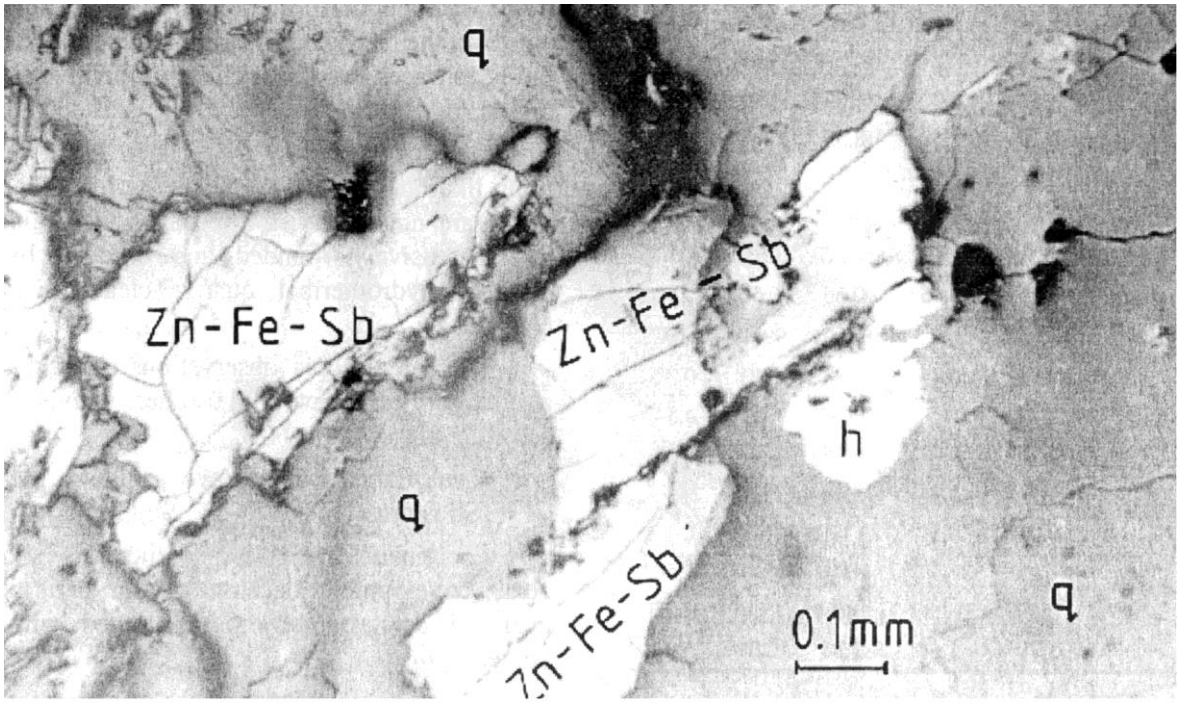


Fig. 4 Corroded Zn - rich rinmanite (Zn - Fe - Sb) and hematite (h) grains in younger hydrothermal quartz (q) (N-)

Tb.7 Representative SEM-analyses of chrompikotite (wt.%)

No.	1	2	3	4	5	6
MgO	9,05	9,20	9,70	9,55	9,25	9,60
Al_2O_3	17,62	16,18	15,14	14,92	15,66	16,01
SiO_2	0,59	0,82	5,96	5,87	3,48	4,91
Cr_2O_3	51,27	50,16	35,04	34,51	40,41	40,67
FeO	21,17	20,88	32,41	31,93	30,00	30,58
NiO	-	-	1,16	1,14	-	-
TOTAL	99,70	97,24	99,41	97,92	98,80	101,77

On a basis on 4-O ions was obtained chrompikotite formula,as follows : No.1 Chrompikotite - $(Fe_{0,57}\ Mg_{0,43})_{1,0}\ (Cr_{1,30}\ Al_{0,67}\ Si_{0,02})_{1,99}\ O_4$

D. Zn-rich (or Mg-poor) rinmanite

Rinmanite-literature data:

"Rinmanite , ideally $Zn_2Sb_2Mg_2Fe_4O_{14}(OH)_2$ is a new mineral species from the Garpenberg Norra Zn-Pb mine,,Hedemora ,Dalarna, in south-central Sweden, where it occurs in a skarn assemblage associated with tremolite, manganocummingtonite, talc, franclinite, barite and svabite" (D.Holtstam,The Canadian Min.,Vol.39, pp.1675-1683 (2001).According to the mentioned author rinmanite is hexagonal, isostructural with nolanite and formed during prograde metamorphism of an initiall low-S,siliceous carbonate protolith enriched in Zn,Sb,and Fe at relatively high $P(H_2O)$.The new mineral species is named after Sven Rinman.

Zn-rich rinmanite data:

Tb. 8 Comparative X-ray powder data for rinmanite(Sweden) and Zn-rich rinmanite(Macedonia

A. rinmanite (literature data), Sweden				B. Zn - rich rinmanite, Macedonia	
I (%)	d (Å)	d (Å)	h k l	I	d (Å)
20	5,187	5,187	100	2	5,0561
17	4,539	4,536	101	2	4,4973
34	3,474	3,473	102	7	3,4347
43	2,994	2,994	110	3	3,0039
				1	2,8019
44	2,673	2,672	103	6	2,6718
12	2,593	2,593	200		
100	2,522	2,522	112	10	2,5054
20	2,499	2,499	2,01		
2	2,338	2,338	004		
10	2,267	2,268	202	1	2,2626
8	1,9939	1,9937	203	1	1,98766
2	1,9605	1,9603	120		
2	1,9188	1,9186	121		
2	1,8426	1,8430	114		
13	1,8081	1,8079	212	1	1,79590
7	1,7593	1,7597	105		
8	1,7366	1,7366	2,04		
4	1,7284	1,7288	030	1	1,72046
28	1,6597	1,6595	213	4	1,65729
15	1,6213	1,6216	302	1	1,61454
2	1,5592	1,5589	006		
33	1,5170	1,5171	205	4	1,52023
54	1,4972	1,4972	220	2	1,48300
2	1,4220	1,4218	131	1	1,43790
3	1,3827	1,3827	116		

5	1,3750	1,3749	312		
8	1,3533	1,3533			
				1	1,29845
				1	1,06240
				1	0,97535
				1	0,88997
				2	0,86581
				1	1,29845

The first preliminary micro-probe examinations (S.Janchev, BAN, 2001) show that in Macedonia was discovered one unusual new mineral species, especially enriched in Zn-Sb-Fe which is in default of X-ray powder determined as Sb-bearing franklinite.

Later,X-ray examinations(on the basis of d-values) show that mineral belong to rinmanite although it's impoverished in Mg and enriched in Zn. So, Macedonian rinmanite is one peciliar variety and probably new mineral species especially from a point of view because it's Zn-rich (or Mg-poor) rinmanite.

Zn-rich rinmanite was discovered in the trated area at two points:

- in the finegrained baryte schists Zn-rich rinmanite represents first generation, origined at higher temperatures , with Mg-contents of minor importance. This first generation is very rare, finegrained (to 0,05mm) accessory mineral phase associated with baryte, franklinite, gahnite, nezilovite, Pb-piemontite tilasite , ect .(Fig.4).
- in veinlets to1-2 mm in thickness, Zn-rich rinmanite is enclosed in the surrounding banded albite-microcline gneisses and associated with quartz, Zn-rich högbomite, hematite, barite. This Zn-rich rinmanite-II-generation is origined at lower temperatures because is Mg-depleted variety.It is black,coarsegrained, with columnar- elongated crystals to 1-2 mm in size.

Discussion:

-X-ray powder data of rinmanite (from Garpenberg) and Zn-rich rinmanite(from Macedonia) are very similar in generally.

-In the frame of the rinmanite pattern there are 6 d-values more than in Zn-rich rinmanite.

-The intensities of certain d-values (for example 1,4972 for rinmanite and 1,4379 for Zn-rich rinmanite) are not comparable .The same situation worth for d-value 3,474 for rinmanite and d-value 3,4347 for Zn-rich rinmanite.

Chemical data:

The chemical composition of Zn-rich rinmanite from Macedonia was obtained by SEM-analyses

Tb.9 Comparative table for the chemical composition of rinmanite from Sweden (columne 1) and Zn-rich rinmanite from Macedonia (columns 2;3;4;5;6),(%)

No.	1	2	3	4	5	6
MgO	8,97	-	-	-	-	-
Al_2O_3	0,82	-	3,20	3,78	3,90	-
TiO_2	0,01	2,52	1,95	1,93	2,65	2,39
MnO	2,47	-	-	-	-	-
Mn_2O_3	-	-	0,88	0,90	1,70	-
Fe_2O_3	34,33	37,03	34,25	34,29	31,40	39,27
ZnO	14,24	23,34	32,00	31,61	30,00	22,31
Sb_2O_3	36,31	36,84	25,72	25,26	-	-
Sb_2O_5	-	-	-	-	26,46	35,12
CuO	-	-	-	1,83	1,42	-
H_2O(calc.)	1,99	1,75	-	-	2,05	1,55
TOTAL	99,13	101,48	98,00	99,60	99,58	100,64

RINMANITE (SWEDEN): $Zn_2\,Sb_2\,Mg_2\,Fe_4\,O_{14}\,(OH)_2$

No.5 Zn-rich RINMANITE (MACEDONIA):

$Zn_2(Sb_{1,53}Ti_{0,31}Al_{0,16})_2(Zn_{1,44}Mn_{0,2}Al_{0,2}Cu_{0,17})_{2,1}(Fe_{3,67}Al_{0,35})_{4,02}O_{14}(OH)_2$

E. Senaite.

In the Macedonian region of the "mixed series", a Zn-rich variety of senaite is present. Its typical composition is (wt.%): PbO 12,10, MnO 1,30, ZnO 8,40, Fe_2O_3 23,78, TiO_2 50,49, ZrO_2 1,76, $Sb_2O_5$3,93 .TOTAL : 101,76

The empirical formula is:

$Pb_{1,04}(Ti_{12,18}Fe_{5,74}Zn_{1,98}Sb_{0,46}Mn_{0,35}Zr_{0,29})_{21,0}O_{19}$.

CONCLUSION

In this work was given a very short review of some rare minerals from a "mixed series" in the pre-cambrian cimplex near Nezilovo village, Macedonia. So, in the paper are described :

- Epidote group minerals: epidote-(Pb); piemontite-(Pb); Pb-bearing epidote
- Antimonates:
  tripuhiite;
  unknown mineral
- Solid solutions inside stibiconite-group minerals: Ca-rich bindheimite
  Pb-bearing romeite
  Na-rich F-romeite
  Pb and Ti-rich F-romeite
  Ca and Ti-rich bindheimite
  Ca-rich Ti dominant analogue of bindheimite
  Na-rich F-romeite
- Spinel –group mineral: chrompikotite
- Zn-rich rinmanite
- Zn-rich senaite

REFERENCES :

Baric Lj.1960. – Piemontit,Gahnit und Rutil aus dem Fundort der Blei und Zinkerze bei dem Dorfe Nezilovo in Mazedonien. Glasnik Prirod.Muzeja Beograd,A,13;200-204.

Baric Lj., T.Ivanov, 1960.-Mineralvergesell-schaftung in der Umgebung des Dorfes Nezilovo am Jakupica Gebirge in Mazedonien.Bull.Sci., Zagreb, 5;2.

Bermanec, V., D.Holtstam, D.Sturman, A.J.Griddle, M.E.Back, S.Scavnicar, 1996. - Nezilovite, a new member of the magnetoplumbite group,and the crystal chemistry of magnetoplumbite and hibonite.-Canad.Mineral., 34; 1287-1297.

D.Holtstam,K.Gatedal,2001. - Rinmanite, $Zn_2Sb_2Mg_2Fe_4O_{14}(OH)_2$, a new mineral species with a nolanite-type structure from the Garpenberg Norra mine, Dalarna, Sweden.The Canadia Min.,Vol. 39, pp. 1675-1683 (2001).

Janchev S. 1975. –Ore occurrence of cymrite at the village of Nezilovo in Macedonia.-Bull. Sci., Zagreb, A, 20; 9-10.

Janchev S. 1984.-Pojave arsenata tipa tilazita (tilasite)i hedifana (hedyphane) iz rudnih pojava barita iz mesane serije izvorisnog dela r.Babune, Makedonija.JAM, Beograd.

Janchev S.1990.-Pb-piemontit od rudnite pojavi vo mesanata serija vo izvorisniot del od r.Babuna, Makedonija.XII Kongres Geol. Jugosl., Ohrid, 2; 62-66.

Janchev S.1994.-Ba-rich and Zn-rich silicate minerals, Sb-rich gahnite and braunite from the ore occurrences in the mixed series of the Pelagonian massif at the village of Nezilovo in Macedonia. Geol. Macedonica, Stip, 8;1; 39-44.

Janchev S., 1997.- Pb-epidote-hancockite and Zn-rich pyroxenes from the ore occurrences in the mixed series in the upper part of the Babuna river, Macedonia. - Proc. Symp. Plate Tect. Aspects of Alpine Metallogeny in the Carpatho-Balkan Region., Stip - Dojran; 143-145.

Janchev S.,V.Bermanec, 1998- Solid solution between epidote and hancockite from Nezilovo,Macedonia.-Geol. Croat., Zgreb; 51; 1; 23-26.

Janchev S.,1999. - Pojava zonarnog rayvoja intermedijarnih (Pb,Ca), (Ca,Pb)-antimonata iz rudnih pojava mesane serije blizu s. Nezilova, Makedonija. JAM, Beograd., 1999.

Janchev S., 2003.- Kratak pregled nekih retkih minerala iz rudnih pojava blizu s. Nezilova, Makedonija. JAM, Beograd, 2003

JURASSIC CALC-ALKALINE GRANITOIDS OF MACEDONIA: A COMPLEX ASSIMILATION AND FRACTIONAL CRYSTALLIZATION EVOLUTION

[1]Kristina Šarić, [1]Vladica Cvetković, [2]Rolf L. Romer, [3]Blažo Boev and [4]Violeta Marinković

[1]Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia; kristinas@rgf.bg.ac.yu; Tel/fax: ++ 381112630020
[2]GeoForschungsZentrum Potsdam, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany
[3]Faculty of Mining and Geology, Goce Delčev 89, Štip, Republic of Macedonia
[4]Slavka Kolara 12/4, 11210 Belgrade, Serbia

Abstract
The Upper Jurassic calc-alkaline suite of Macedonia, represented by granites and rarely diorites and quartzmonzodiorites, mark the boundary between the East Vardar Zone and Serbo-Macedonia Massif, cutting ophiolites and metamorphics respectively. Geochemically, they form an almost complete suite that is characterized by decreasing radiogenic neodymium ($\varepsilon_{Nd}(T)$=3.3 - -8.9) and increasing radiogenic strontium (*Sri*=0.70740-0.71588) with increasing silica contents. Geochemical modeling confirms that assimilation fractional crystallization (AFC) processes played an important role in their petrogenesis. Their primary magmas most probably originated by melting of a slightly enriched MORB-like mantle.

Key words: Upper Jurassic granitoids, assimilation and fractional crystallization, collision, Balkan Peninsula

INTRODUCTION AND GEOLOGY

Granitoids are very important geodynamic indicators. They occur in different geotectonic settings, indicating rifting (e.g., plagiogranites and trondhjemites), subduction, and collisional-related processes. Thus their genesis is usually connected with complex mantle-crust interaction. We present the complex evolution of the Upper Jurassic calc-alkaline granitoids of Macedonia that are part of a discontinuous granitoid belt extending from Kragujevac and Kuršumlija (Serbia) to the north to Štip, Gradeška Mt, and Furka (Macedonia) and Fanos and Monopigado (Greece) to the south (Figure 1).

The geology of the studied area is very complex. It is dominated by two major geotectonic unites: the East Vardar Zone and the Serbo-Macedonian massif. The East Vardar Zone represents a suture, exposed from Belgrade to the north to Thessaloniki to the south that formed during closuring of the East Vardar Ocean during the Mesozoic. The suture is composed of a wide range of lithologies: (i) ophiolitic blocks, built mostly of gabbro-diabase rocks, enclosed within trench sediments, (ii) intrusions of calc-alkaline granitoids and rarely plagiogranites within ophiolites, (iii) an over-step sequence of Tithonian limestones and Lower Cretaceous paraflysch (e.g. Federal Geological Institute of SFRJ, 1970). The Serbo-Macedonian Massif, situated to the east of the East Vardar Zone, was docked to the western margin of the Moesian microplate during the Carboniferous (e.g., Krstić and Karamata, 1992; Karamata, 2006). It is composed of high to medium grade meta-igneous and meta-sedimentary rocks, such as gneisses, micaschists, amphibolites, amphibole-biotite, amphibole-pyroxene schists, and rare marbles. According to Sandulescu (1984), the easternmost Vardar Zone was thrust onto the Serbo-Macedonian Massif during the Early Cretaceous Austrian phase when widespread nappe stacking in the Carpatho-Balkanides occurred. Although the age of obduction of the East Vardar ophiolites is not known, it is widely accepted that the Serbo-Macedonian Massif was juxtaposed to the East Vardar Zone before Early Cretaceous nappe stacking.

The Upper Jurassic granitoids of Macedonia intruded both metamorphics of the Serbo-Macednian massif and ophiolites (e.g., Guevgueli) of the Vardar Zone. Thus, it is commonly assumed that the granitoids magmatism was related to the final stages of the geotectonic evolution of the East Vardar Zone, such as accretion and obduction of the East Vardar ophiolites to the westernmost margin of the Serbo-Macedonian Massif.

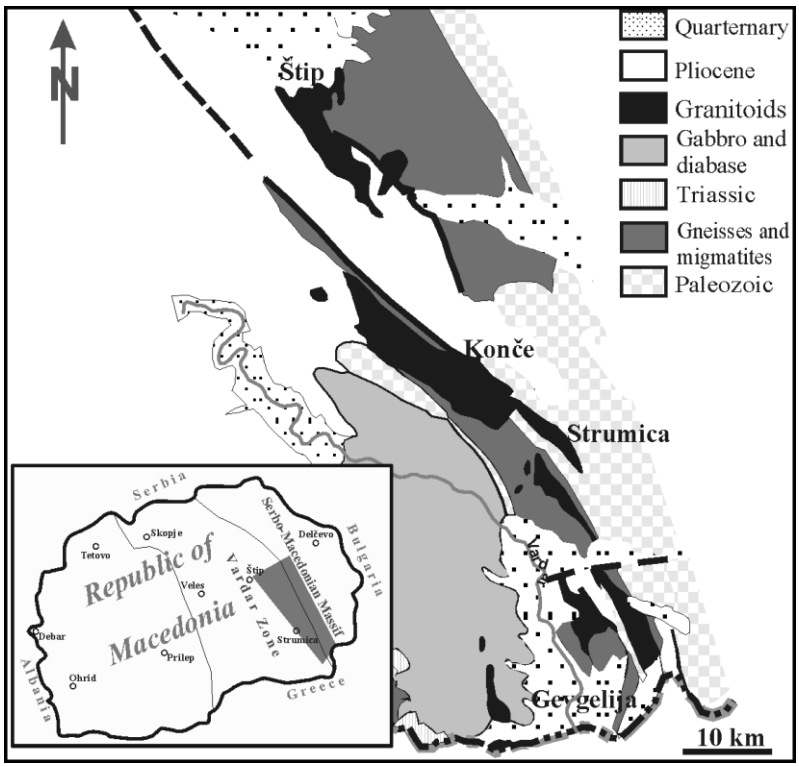


Figure 1. Geological position (left corner insert) and geology of the investigated area (Federal Geological Institute of SFRJ, 1970)

AGE

The Upper Jurassic age of the Macedonian granitoids was established by both radiometric dating and geological evidences. K/Ar and Rb/Sr ages, obtained for biotite and whole rock granitic samples, range from 165 to 150 Ma (Mercier, 1965, Šoptrajanova, 1967). Geological evidences, which support this age, exist for the Upper Jurassic sediments of the so-called 'diabase-chert formation', which covers both ophiolites and granites, and fragments of these granitoids are found within Upper Jurassic conglomerates of Demir Kapija and within Lower Cretaceous conglomerate of Močarnik (Šoptrajanova; 1967, Ivanovski, 1970).

SAMPLES AND ANALYTHICAL PROCEDURE

Fourteen representative samples are chosen for detailed petrographical and geochemical investigations. Major and trace elements analyses were done by XRF and ICP MS, respectively, at ACME Laboratories Ltd. Vancouver, Canada. Sr-Nd-Pb isotope ratios are measured in GeoForschungsZentrum Potsdam, Germany. The procedures are described in details in Šarić et al. (in press).

PETROGRAPHY

Jurassic granitoids occur as NW-SE elongated large bodies which can be followed from Štip and Gradeška Mt to Plauš and Furka. In addition, several small intrusions occur within the Guevgueli ophiolitic complex. The granitoids are rich in crustal xenoliths, such as gneisses, amphibolites, and mica-bearing schists. Additionally, they are associated with migmatitized zones. According to petrography and modal mineral composition, diorites, quartz-monzodiorites, granodiorites, and granites can be distinguished.

Diorites are found as few meters thick dykes cutting the Štip granite body, near Lakavica. They are granular in texture and are composed of plagioclase and amphibole as major minerals, while opaque minerals, zircons and apatite are accessories. The diorites are xenolith-free lithologies.

Quartzmonzodiorites occur as dykes or irregular zones into the granites. They consist of plagioclase, orthoclase, quartz and biotite as major phases. Quartz monzodiorites are richer in xenoliths than the granites.

Granites are coarse- to fine-grained, locally porphyritic and less commonly with perthitic, myrmekitic, and poikilitic textures. They are built of K-feldspar, plagioclase, quartz, and biotite as major phases. Accessories are zircon, apatite, allanite, and opaque minerals. These rocks contain many xenoliths of various compositions: amphibolites, gneisses, micaschists, marbles, and rare serpentinites. Additionally, marginal parts of the Štip granite show the transitions from migmatitized host rocks, through crustal xenolith-rich granites to xenolith-free granites.

The xenoliths found in quartz monzodiorites and granites show wide variations in composition and size. The most abundant xenoliths are gneisses, amphibolites, and biotite-bearing schists. They range in size from decimeters to millimeters in diameter. The petrography of the xenoliths is complex. They are foliated and schistose, some of them are partially resorbed and contain a restitic assemblage of plagioclase, biotite, amphibole, and sillimanite.

GEOCHEMISTRY

The chemical composition of the Upper Jurassic Macedonian granitoids and associated intermediate rocks is given in Šarić et al. (in press). All studied igneous rocks have a medium-K calc-alkaline affinity. The intermediate rocks are metaluminous and have silica contents ranging from 50 to 61 wt%, whereas the acid suite is represented by peraluminous rocks containing silica between 67 and 78 wt%. On Harker diagrams, the contents of most major elements (TiO_2, Fe_2O_3, CaO and P_2O_5) show compatible trends with increasing SiO_2 contents. The exceptions are K_2O, which show incompatible behavior, and Al_2O_3, which show a trend inflection - increasing in intermediate and decreasing in acid rocks. The trace elements V, Ni, and Sr display compatible trends. In contrast, Nb, Rb, Th, and U concentrations increase with increasing SiO_2 contents. Inflections of the variation trends are observed for Ba, Yb, Y, La and Lu. Selected Harker diagrams are shown in Figure 2.

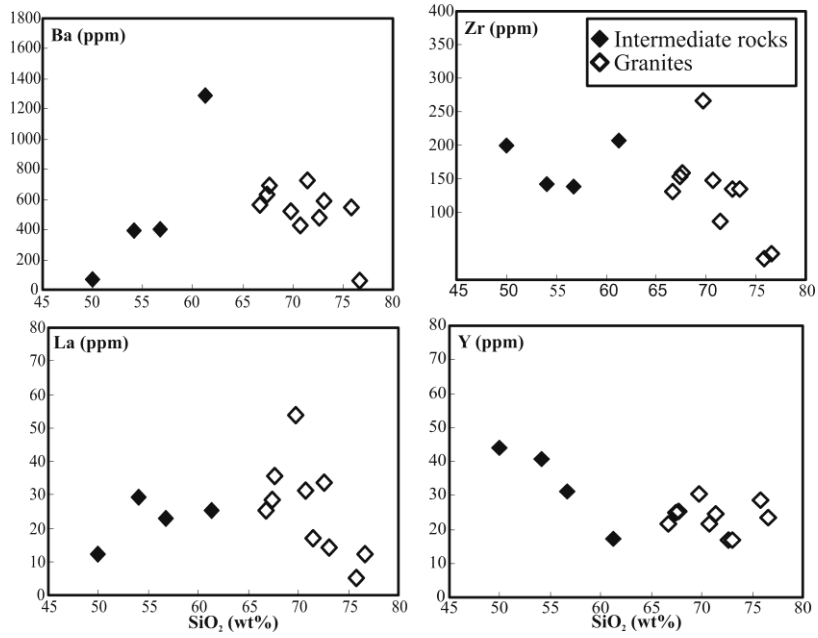


Figure 2. Trace element Harker diagrams with SiO_2 as index of differentiation

The intermediate and acid rocks show a continuous trend in the Sr-Nd isotope diagram (Figure 3), showing the ranges of 0.70740 to 0.70978 and -5.1 to 3.3 (intermediate) and 0.70748 to 0.71588 and -8.9 to -2 (acid) for $^{87}Sr/^{86}Sr_i$ and $\varepsilon_{Nd}(T)$, respectively.

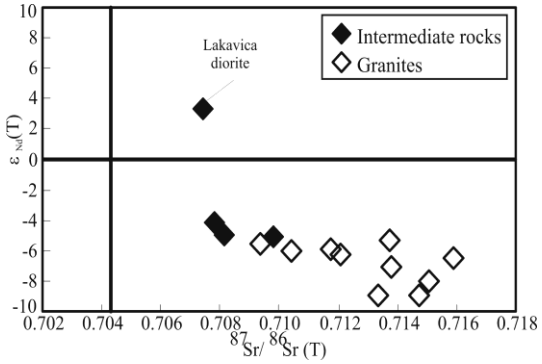


Figure 3. Sr–Nd isotope composition of the studied rocks

ASSIMILATION AND FRACTIONAL CRYSTALLIZATION PROCESSES

Field evidence, petrography and, geochemistry of the Macedonian Jurassic intermediate and acid rocks imply that their evolution was dominated by open system processes. They contain different crustal xenoliths and are associated with zones of partially migmatitized metamorphic rocks of the Serbo-Macedonian Massif. Additionally, the relationship between the Sr and Nd initial isotope ratios and SiO_2 contents, inflections and gaps on Harker diagrams, the lack of igneous microgranular mafic enclaves and disequilibrium textures, indicate that assimilation and fractional crystallization (AFC) played a major role in the evolution of the rock suite.

The AFC model given by De Paolo (1981) and the EC-AFC model of Bohrson and Spera (2007) were applied to the chemical composition of the Macedonian intermediate-acid suite (Figure 4). The Lakavica diorite was taken as parental magma since it has the lowest SiO_2 (50 wt%), the highest V contents (279 ppm), and the highest $\varepsilon_{Nd}(T)$ values (3.3). The analyzed xenoliths from Macedonia have lower Sr and higher Nd initial isotope ratios than the most evolved granites and, thus, do not properly represent the entire range of assimilant compositions. Therefore, a gneiss sample reported by Christofides et al. (2007) was used as crustal contaminant in the models.

The AFC modeling was performed using lower (AFC_1) and higher (AFC_2) partition coefficients for the given elements for two lines of evolution. Rate of assimilation over the rate of fractionation (r) was taken to be 0.6 for AFC while for EC-AFC modeling the *X*-value of 0.7 (the mass of anatectic melt delivered to the magma body relative to the mass of anatectic melt generated) was adopted. Both modelings fit well for the $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs $^{143}Nd/^{144}Nd$ correlation, as well as for the correlations between Sr and Nd isotopes and Y, Yb, Ba, and Rb concentrations, while for other trace elements the models did not reproduced the observed patterns.

Two main characteristics of both models are: (1) obviously high r (0.6) and *X* values (0.7) and (2) decoupling between isotope and trace element data. High r and *X* values suggest that assimilation processes played a great role in the petrogenesis of the studied rocks and it is confirmed by field and petrographical evidence. The scatter of some trace elements is explained by the fact that accessory minerals control the behavior of these elements that may be selectively depleted if incorporated in early crystallizing phases or left behind in refractory phases. Furthermore, non-modal melting of the assimilant could produce chemical and isotopic disequilibrium between melts and their residual source, i.e., the isotopic and chemical composition of the restitic source material may be different from the one of the extracted partial melt.

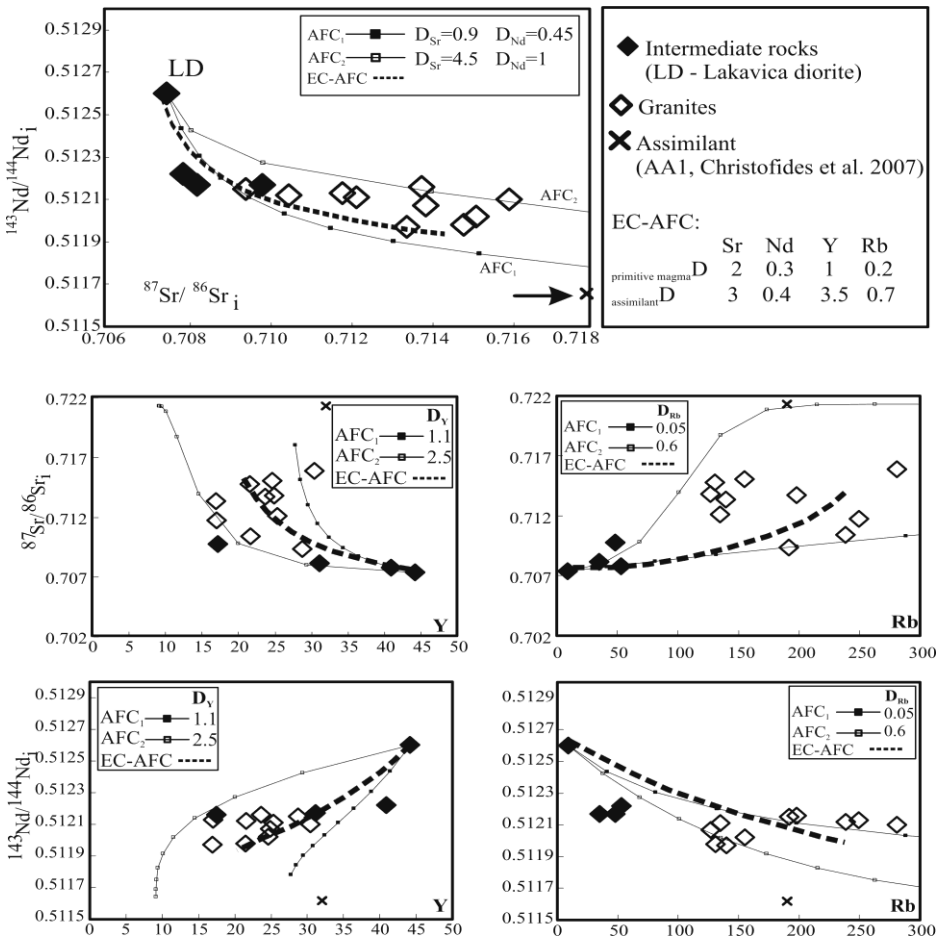


Figure 4. AFC modeling (De Paolo, 1981) and EC-AFC modeling (Bohrson and Spera, 2007) of the Macedonian Upper Jurasssic rock suite. Lakavica diorite (LD) is used as parental magma and gneiss from Serbo-Macedonian Massif (sample AA1; Christofides et al., 2007) is used as assimilant

SUMMARY

The Upper Jurassic calk-alkaline acid to intermediate rock suite of Macedonia is developed along the boundary between the East Vardar Zone and the Serbo-Macedonian Massif. They cut both metamorphic basement and ophiolites indicating that their genesis is connected with final stages of emplacement of ophiolites and closure of the Vardar ocean.

Field evidences as well as petrography and geochemistry suggest that evolution of the studied suite was led by open system processes and assimilation and fractional crystallization process was responsible for modification and evolution of the primary magma. Genesis of the granitoids could be explained by forming of mantle- and lower crustal magmas. The primary melts were later modified by both fractional crystallization and assimilation giving a rock suite from diorites to xenolith rich quartzmonzodiorites and finally leucocratic granites.

ACKNOWLEDGEMENT

This research has been supported by the Ministry of Science of the Republic of Serbia (Project No. 146013) and the Serbian Academy of Sciences and Arts (Geodynamics Project).

REFERENCES

Bohrson, WA. and Spera, FJ. (2007) Energy-Constrained Recharge, Assimilation, and Fractional Crystallization (EC-RA$_X$FC): A Visual Basic computer code for calculating trace element and isotope variations of open-system magmatic systems. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 8, 11, doi: 10.1029/2007GC001781.

Christofides, G., Perugini, D., Koroneos, A., Soldatos, T., Poli, G., Eleftheriadis, G., Del Moro, A. and Neiva, A.M. (2007) Interplay between geochemistry and magma dynamics during magma interaction: An example from the Sithonia Plutonic Complex (NE Greece). Lithos 95, 243-266.

De Paolo, DJ. (1981) Trace element and isotopic effects of combined wall rock assimilation and fractional crystallisation. Earth and Planetary Science Letters 53, 189-202.

Federal Geological Institute of SFRJ (1970) Geological map 1:500.000. Military Geographical Institute Belgrade.

Ivanovski, T. (1970) Explanatory book for sheet Guevgeli, Basic Geological Map 1:100.000. Federal Geological Survey, Belgrade 52 p. (in Macedonian)

Karamata, S. (2006). The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwanan and Eurasian units. In: Robertson, A.H.F., Mountrakis, D., (Eds.), Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region. Geological Society of London, Special Publications 260, 155–178.

Krstić, B. and Karamata, S. (1992) Terranes of the Carpatho-Balkanides of the eastern Serbia. Comptes Rendus des Seances de la Societe Serbe de Geologie livre jubilaire (1891-1991) 57-74.

Mercier, J. (1965) Sur la geologie de la Macedoine centrale: le tufs volcaniques a poolens et spores d'Almopias. Annales Geologie Pays Helleniques 1, XX, 792 p.

Šarić, K., Cvetković, V., Romer, R.L., Christofides, G., Koroneos, A. (in press) Granitoids associated with East Vardar ophiolites (Serbia, F.Y.R. of Macedonia and northern Greece): origin, evolution and geodynamic significance inferred from major and trace element data and Sr-Nd-Pb isotopes. Lithos, doi: 10.1016/j.lithos.2008.06.001.

Šoptrajanova, G. (1967) Petrological and geochronological characteristics of some granitoids of Macedonia. Doctoral thesis, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade 105 pp. (in Serbian).

Plio-Pleistocene ultra- to high potassium volcanic rocks in Republic of Macedonia: Geohronological data

Blazo Boev[1], Yotzo Yanev[2], Carlo Doglioni[3], Fabrizio Innocenti[4,5], Piero Manetti[5], Zoltan Pecskay[6], Sonia Tonarini[5], Sonja Lepitkova, Massimo D'Orazio[4]

[1] *University Goce Delcev Stip, Faculty of Mining, Geology and Polytechnics, Shtip, R. of Macedonia; blazo.boev@ugd.edu.mk*
[2] *Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, 1113 Sofia, Bulgaria; yotzo@geology.bas.bg*
[3] *Universita di Roma, Dipart. di Scence della Terra, 00184 Roma, Italia; carlo.doglioni@uniroma1.it*
[4] *Universita di Pisa, Dipart. di Scence della Terra, 50126 Pisa, Italia; innocen@dst.unipi.it*
[5] *Istituto di Geoscienze e Georisorse, 56124 Pisa, Italy; manetti@cesit1.unifi.it*
[6] *ATOMKI, Hungarian Academy of Sciences, H-4001 Debrecen, Hungary; pecskay@namafia.atomki.hu*

Abstract

The studied volcanics outcrop in the Vardar zone and span in age form the Pliocene (1.81-3.24 Ma) to the Pleistocene (1.47-1.70 Ma). According to the TAS diagram and K/Na ratio they are ultrapotassic (phonotephrites to ultarapotassic shoshonites and latites) and high potassic rocks (shoshonites and latites to trachytes). The ultrapotassic volcanics contain phenocrysts of forsterite, Al-containing diopside-augite, flogopite ± leucite or amphibole in a groundmass of microlites and sub-phenocrysts of the above minerals, poicilitic embedded in Na-sanidine, Ba-Ti phlogopite ± anorthoclase, ± Sr-rich oligoclase and Mg-containing calcite. According to mineral composition the studied rocks are not lamproites but leucite phonotephrites of Roman Province Type. The normalized spidergrams exhibit extreme enrichment in LILE, Th and Pb as well as negative Ta-Nb and Hf anomalies – typical features of magma that was generated in metasomatised mantle. The Sr isotopic ratio varies from 0.708 to 0.7106 and correlates with the increasing content of Mg and K. The variation of the Sr isotopic ratio with respect to SiO_2 points to the AFC process as a probable reason for magma evolution with prevailing fractionation crystallization. According to the proposed genetic model, the discussed volcanic rocks were generated in metasomatized lithospheric mantle, which was metasomatized probably during the Late Cretaceous subduction of the Western Vardar Ocean and the Apulian plate. They are related to the Pliocene-Pleistocene extension in the Vardar zone as a result of the opposite extension of the Pannonian basin to the NE and the Aegean basin to the SSW.

Introduction

The central and northeastern part of the Balkan Peninsula was affected since Cretaceous by NE-directed subduction, with both SW (Hellenides-Dinarides) and NE (Balkans) migration of the orogenic conjugate fronts and intervening later extension. As a result an intricate geotectonic evolution developed, associated during the Late Paleogene with a volcanism essentially calc-alkaline and shoshonitic composition (Fig. 1). The volcanic manifestation form over 1600 km long NW-SE zone, cross-cutting the orogen. This zone extends from Southeastern Austria across the Balkan Peninsula into Northwestern Turkey (Harkovska et al. 1989; Yanev, 2003).

Across this magmatic zone another type of magmatism, ultra- to high potassic (shoshonitic), developed a NNW-SSE belt in the central part of the Balkan Peninsula (essentially in the Vardar zone). From another hand this magmatism takes part of the Mediterranean ultrapotassic province extended from Spain to the West to Syria to the East. It includes in the Balkan Peninsula, from north to south, the later magmatic manifestations:

The ultra- to high potassic rocks of the Macedonian part of this magmatic zone are the object of the paper. Their petrologic features are studied by Kononova et al. (1989) and the mineralogical composition of the ultrapotassic rocks only – by Sveshnikova et al. (1986). Terzić and Svešnjikova (1986) presented two K-Ar data. All this features are summarized in the review paper of Boev and Yanev (2001 and references therein) where their within plate character is demonstrated and a three components genetic model (on the base of the model of Serri et al., 1993) is developed. Preliminary new petrological, mineralogical and geochemical data are presented by Yanev et al. (2003). Later Altherr et al. (2004) also exposed a new mineralogical (regarding the phlogopite only),

geochemical and isotopes data. In these papers an origin from metasomatized mantle was proposed.

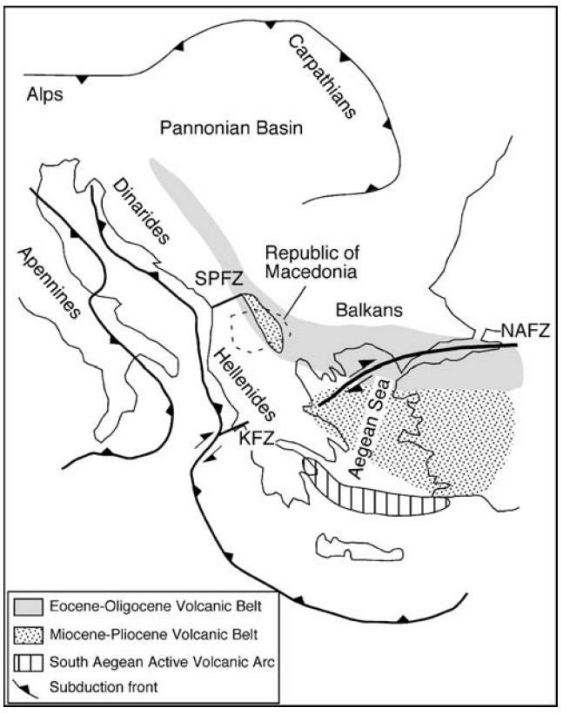


Fig. 1. Simplified tectonic map of the Eastern Mediterranean region (modified after Dumurdzanov et al. 2004) with the location of Eocene–Oligocene, Miocene–Pliocene and active volcanic belts. SPFZ Scutari-Peć Fault Zone, KFZ Kefalonia Fault Zone, NAFZ North Anatolian Fault Zone

In this paper we present new petrological, mineralogical, geochemical, isotope data and age determinations about this ultra- to high potassic volcanic rocks of Macedonia. On this base an exact determination of the petrochemical type of the rocks is made. Finally, the obtained results compared with the existing published data and hypothesis are used to propose some conclusions on their genesis and genetic source and to constrain the geodynamic evolution of the area.

Tectonic setting

Macedonia is located in the core of the Dinarides orogen, where the oceanic sliver of the Vardar units is sandwiched between continental basement rocks of the upper Western European plate (Serbo-Macedonian metamorphic rocks) and the lower Apulia plate (Pelagonian unit, Carminati et al., 2004). Subduction record goes back at least to the Paleocene, but Cretaceous evidence supports an earlier onset. Collision took place in the Paleocene-Eocene. Macedonia is still in the hangingwall of an active subduction zone, although the present subduction rate along the eastern coast of the Adriatic Sea seems to be very slow (e.g., Battaglia et al., 2004). A long history of subduction-collision is then compatible with the calcalkaline-shoshonitic magmas occurring in the country. However, widespread extension with NNW-trending grabens affected the area since the Paleogene (Dumurdzanov et al., 2004) and Macedonia represents an area where both the southern margin of the eastward propagating Pannonian extension ends, and the northwestward margin of the southwestward propagating Aegean extension overlap in time and space. A number of Paleogene, and Miocene to Pleistocene grabens filled by gravels and volcanic rocks accomplished the two independent and coexisting extensional settings. Possibly, the Aegean link is the most effective in the area because it is closer, and as also suggested by the southwestward migration of the magmatism from Paleogene to Pliocene-Pleistocene in Macedonia.

Methods

- The age determinations are made in ATOMKI, Debrecen (Hungary) by Z. Pécskay on the whole rocks samples by K-Ar method. The analytic technique is described in details in other papers (e.g., Cvetković et al., 2004).
- The microprobe determination of rock forming minerals are made in University of Florence using Jeol 870 Superprobe (WDS, 15 kV, 10 nA, beam 5 μm - analyst the deceased F. Olmi) and in Geological Institute, Sofia using the Jeol 733 Superprobe (EDS, 15 kV, 1 nA, beam 5 μm - analyst Tz. Ilyev).

Location

The discussed volcanic rocks outcrop in the Vardar zone (Fig. 2) south of the Scutari-Peć transverse fault zone that is considered to be a northern limit of influence of the Aegean extension (Kissel et al., 1995). The studied region falls between the NW oriented present-day active faults of Skopje and Lakavica (NW of Strumica town) determined by Dumurdzanov et al. (2005). Some of the volcanic bodies (Ejevo Brdo and Kureshnichka Krasta) are directly attached to the present-day active faults. The volume of emitted products is always limited; they

generally form small and thin lava flows in some cases connected with the feeder dykes as in Kureshnichka Krasta and Ezevo Brdo areas where erosion remnants of a vent (necks) are also present.

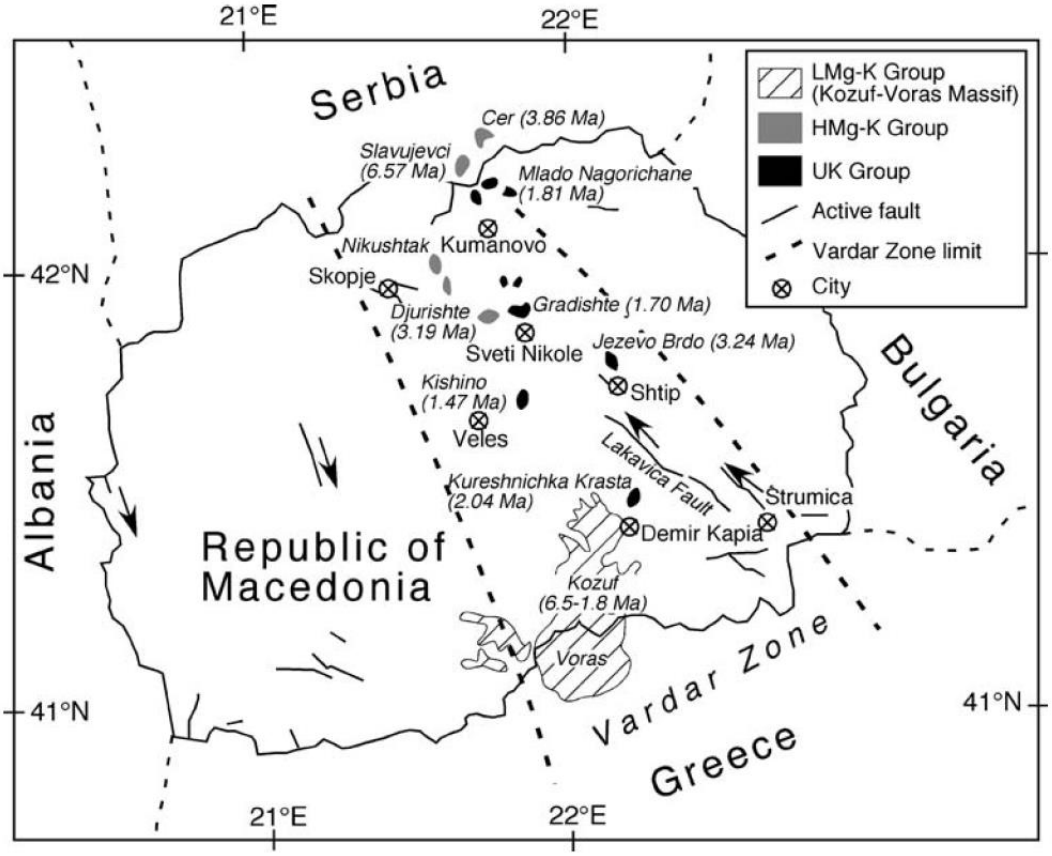


Fig. 2. Sketch map of Republic of Macedonia showing locations of the volcanic centers studied. In parentheses the K–Ar ages (Ma) of volcanic rocks (this work and literature data)

In Mlado Nagorichane the volcanic cover with a thickness ranging from 10 to 30 m, displays the greatest extension; it is constituted by several superimposed lava flows separated by thin scoria levels which extend on an area of about 15 km^2.

K-Ar age

The existing two datations (Terzić and Svešnjikova, 1986: Mlado Nagoricane, 9.5 Ma and Ejevo Brdo, 5.5 Ma) are in disaccord with the geological data because one of the dated lava, Mlado Nagoricane, crosscut and overlies the Pliocene sands and clays.

Our data indicate the presence of two age groups (Table 1):

- Late Pliocene (from 3.24 to 1.81 Ma): Mlado Nagorichane (near Kumanovo town), Djurishte (near Sveti Nikole town), Ejevo Brdo (near Shtip town), and Kureshnichka Krasta (near Demir Kapia town) including Cer in southernmost Serbia (3.86±0.17 Ma, Cvetković et al., 2004);
- Pleistocene (from 1.70 to 1.47 Ma): Gradishte (near Sveti Nikole town), and Kishino (near Veles town).

The volcanic rocks of Nikushtak, Ostrovitsa, both situated near Skopje and Kumanovo, and Malino (near Djurishte) are not dated in our work and they are not the objects of this study.

Table 1. K/Ar datings of Macedonian ultra- to high potassic volcanics

Sample number	***Locality***	Dated fraction	K (%)	$^{40}Ar_{rad}$ (ccSTP/g)	$^{40}Ar_{rad}$ (%)	K/Ar age (Ma)
6807	Mlado Nagorichane	whole rock	5.46	3.856×10^{-7}	40.4	1.81±0.07
6806	Djurishte	whole rock	4.24	5.259×10^{-7}	42.8	3.19±0.12
6809	Gradishte	whole rock	4.78	3.161×10^{-7}	32.8	1.70±0.08
6808	Kishino	whole rock	3.87	2.221×10^{-7}	24.3	1.47±0.09
6811	Ejevo Brdo	whole rock	5.05	6.369×10^{-7}	56.2	3.24±0.11
6810	Kureshnichka Krasta	whole rock	4.85	3.848×10^{-7}	27.0	2.04±0.10

These datations demonstrate that the studied ultra- to high potassic volcanism is manifested about 20 Ma after the end of the orogenic calc alkaline to shoshonitic volcanism of Macedonia (Boev and Yanev, 2003 with references therein).

Petrochemical characteristics

Two types of rocks according to their total alkali vs. silica contents are presented in both age groups: Saturated (shoshonitic) – one differentiated series from shoshonite (some samples of Djurishte, Gradishte and Kureshnichka Krasta), latite (Kishino, Gradishte and Djurishte) to trachyte (Nikushtak, Ostrovitza, according to Altherr at al., 2004) and

- Undersaturated (alkaline) – phonotephrite (Ejevo Brdo, Mlado Nagorichane, Malino, and some samples of Kureshnichka Krasta).

The major part of the studied volcanic rocks (all undersaturated and some shoshonitic) have ultrapotassic character according to the criteria of Foley et al. (1984): K_2O>3% wt., K_2O/Na_2O> 2, and MgO>3% wt .Kureshnichka Krasta (K_2O/Na_2O=3.47-5.5) –phonotephrite to ultrapotassic shoshonite; Mlado Nagorichane (2.78-4.49), Malino (2.9, Altherr at al., 2004), and Ejevo Brdo (1.93-2.94) – phonotephrites; Gradishte (1.97-2.06) and Kishino (2) – the both ultrapotassic latites. However, the alteration of the potassium-bearing minerals (especially leucite) in the rocks of some localities decreases the primary ration a bit below 2.(Fig.3, 4).

Foley et al. (1984) separate the ultrapotassic rocks into four groups: lamproites, kamafugites, Roman Province type rocks, and one transitional group according to their Al, Si, Ca contents or K/Na ratio. On some of the discrimination diagrams the Macedonian ultrapotassic rocks fall on the field of Romanian Province Type, but on the other they plot between the fields of lamproites and the rocks of Romanian Province Type.

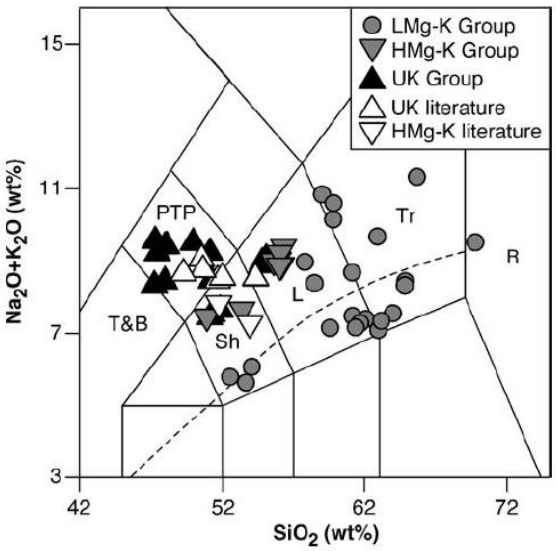


Fig. 3. Total alkali-silica classification diagram. T&B tephrite and basanite, PTP phonotephrite, Sh shoshonite, L latite, Tr trachyte, R rhyolite. The dashed line between alkaline and subalkaline rocks of Irvine and Baragar (1971) is also plotted. Literature data for this diagram and the following ones are from Altherr et al. (2004) and Cvetković et al. (2004)

The rocks of Serbia also fall on the same place on these diagrams (Prelević et al., 2001; 2007). Nevertheless Altherr at al. (2004), Božović et al. (2005), and Prelević et al. (2007) named the macedonian ultrapotassic rocks lamproites.

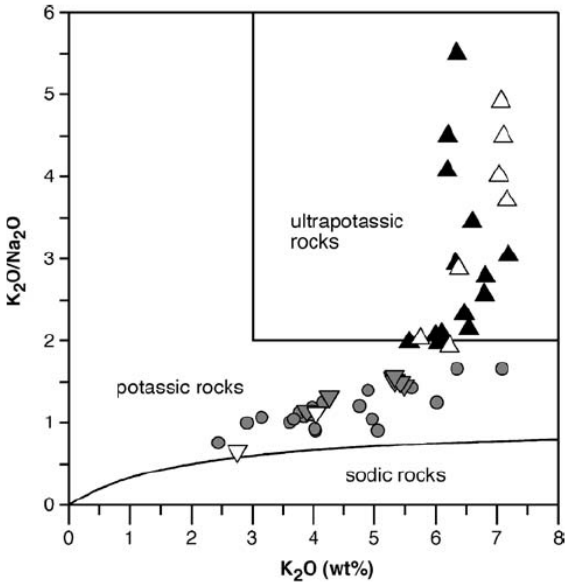


Fig. 4. K2O/Na2O vs K2O (wt%) diagram. Ultrapotassic rocks are defined following the chemical criteria of Foley et al. (1987). The line separating sodic and potassic rocks was drawn according to Le Maitre (1989). Symbols as in Fig. 3

In this case following the recommendation of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks (Le Maitre, 1989) only the mineralogical composition can provide more precision on their character and their precise name.

Mineralogical composition

The studied volcanics consist of phenocrysts, microphenocrysts and microlites in a groundmass. Often the crystals in the groundmass are strongly oriented.

The phenocrists are of olivine, clinopyroxene (Kishino excluding), phlogopite, and leucite in some ultrapotassic rocks (Mlado Nagorichane). In some samples the phenocrysts form the glopmeroporphyritic groups. Altherr et al. (2004) indicated the presence of alkali amphibole in Malino (do not studied in this paper).

The ***olivine*** phenocrysts, up to 1-2 mm in size, are slightly rounded by the corrosion of the groundmass, often zoned (e.g. in Kureshnichka Krasta: core Fo 81-93, periphery Fo 74-83) where they are encircled by a rim of clinopyroxene + phlogopite. The alteration in serpentine minerals is developed in the periphery and along the crystal cracks. We do not observe the Cr-spinel inclusion in the olivine phenocrysts that they were found in other ultrapotassic rocks (e.g., in Serbia – Prelević et al., 2005, 2007).

The ***clinopyroxene,*** (then 1 mm in size, is automorphe, lightly zoned (e.g. in Gradishte and Kureshnichka Krasta), sometime with altered periphery or corroded by the groundmass. The composition correspond to the diopside-augite with variation of the Al content from 0.43 to 4.95 % wt. (in Ejevo Brdo).

The ***phlogopite*** as phenocrysts forms long spiny or platy crystals, slightly rounded, often completely opacitized into magnetite + clinopyroxene in the periphery and/or an intermediate zone. In some cases (e.g. in Kureshnichka Krasta) they are strongly zoned with Ba-rich core.

The ***microphenocrysts*** are presented by the same minerals + Ti-magnetite (in Djurishte ilmenite also). The leucite is abundant (excluding Djurishte and Gradishte). Often the leucite crystals are automorphe with concentric inclusions of clinopyroxene and/or apatite spines. In the older lavas the leucite microphenocrystals are partially (Mlado Nagorichane) or completely transformed (Kureshnichka Krasta) into Na-sanidine, zeolites (lomontite, phillipsite and others not determined species) and clays. The leucite microphenocristals in Kishino are also partially transformed into nepheline ($Ab_{91.5}Or_{8}$,) and amorphous nephilintic mass ($Ab_{87.7}$ $Or_{11.2}$) with 4.5-7% H_2O.

The ***groundmass*** is different in the ultra- and high potassic rocks. In the ultrapotassic ones it consists of poikilitic feldspars crystals (Gradishte and Kishino exept) with a composition covering a continuous range between Na-sanidine and oligoclase (in Ejevo Brdo only, phlogopite and sporadically calcite (in Ejevo Brdo, Mlado Nagorichane and Kishino). All contains the olivine, clinopyroxene, phlogopite and Ti-magnetite microlites, sometime anorthoclase (Ejevo Brdo, Kishino). Often the microlites in the groundmass have lower Mg# that corresponding phenocrysts. The sanidine forms the big xenomorphe crystals some of them with Ba up to 5.19 % wt (Mlado Nagorichane). Sveshnikova et al. (1986) found in Kureshnichka Krasta Na-sanidine very rich in Sr and Ba ($Or_{44.2}Ab_{31.1}An_{6.2}Sr_{10}Cn_{8.4}$). In

Ejevo Brdo the groundmass contains macled crystals of zoned oligoclase some of them rich in Sr (up to 3.4 % wt) and Ba (up to 3.94 % wt). The phlogopite) forms very long semi-automorphe crystals, normally not opacitized. The calcite is rich in Mg (5-7% wt $MgCO_3$). Since the alteration affects only in some places the leucite microlites and does not affect the sanidine in the groundmass the K_2O/Na_2O ratio do not change drastically and maintains the ultrapotassic character.

In the volcanic rocks of Djurishte and Gradishte the groundmass is fluidal and consists of oriented Na-sanidine microlites with smaller amount of olivine, clinopyroxene, magnetite, anorthoclase and phlogopite ones. In the latites of Kishino the groundmass contains also huge amount of leucite subphenocrysts and microlites.

Some volcanic rocks contain miarolitic cavities (in Kishino) with Ba containing anorthoclase, nepheline and K-Ca phillipsite or vacuoles (in Mlado Nagorichane) filled with Ba-sanidine, recovered by saponite. In the rocks of Kureshnichka Krasta millimetric "pegmatitic" veins are found. They consist of Na-sanidine with magnetite dendrites, large Ti-Ba-phlogopite crystals and zeolites.

The presence in Djurishte of magnetite and ilmenite as accessory phases permit to determine (according to the method of Buddington and Lindsley, 1964) the temperature of oxide crystallization (988-994^oC) and the fugacity: lgf_{O2} are from –9.46 to –9.58, i.e. a little above NNO buffer. Ternary-feldspars geothermometer of Fuhrman and Lindsley (1988) indicates the temperature of groundmass cristallisation in Ejevo Brdo as 868-882^oC and 818-856^oC according to two Na-sanidine crystals.

The phlogopite needs special attention. In the latites and shoshonites of Djurishte, Gradishte and Kishino the mica is typical phlogopite with low Ba and in Gradishte only with low Ti and high Cr (up to 1%) contents. Inversely, the phonotephritic phlogopite is Ti-rich and the crystals of the groundmass contain huge amounts of Ba. The microlites of Ejevo Brdo phonotephrites are richest in Ba (up to 8.2 % wt.). So, they may be classified between the titanian-barian phlogopite and kinoshitalite-anandite end members. The huge amounts of Ba and Ti provoke a deficiency of tetrahedral Al, "filled" by tetra-Fe^{2+} ion as in the tetra-ferriphlogopite. The studied phlogopites are similar to the Roman Province phlogopites according to their Al content but with higher content of Ti and they differ from the lamproite phlogopites.

The mineralogical composition of the studied rocks can provide a possibility to better classify these rocks. Indeed, they contain Ti rich phlogopite phenocrysts, forsteritic olivine and in the groundmass poikilitic titanian (5-10 wt. % TiO_2) phlogopite, all characteristic for lamproites. But according to the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks (Le Maitre, 1989) "*The presence of the following minerals precludes a rock from being classified as a lamproite: primary plagioclase* (here presented in Ejevo Brdo), *Na-rich alkali feldspars* (presented in the groundmass of all phonotephrites as Na-sanidine and anorthoclase in Ejevo Brdo and Kishino) *and Al-rich pyroxene*" (here up to 5% wt.). So, according to the mineralogical criteria these volcanic rocks are not lamproites; these are Roman Province Type rocks – leucitic phonotephrites.

Trace elements and isotope contents

The studied rocks have within-plate character according to their trace elements content (Boev and Yanev, 2001). The both petrochemical groups of rocks (ultrapotassic and shoshonitic) trace elements contents normalized on the primordial mantle indicate a strong enrichment of all LIL elements including also Th and especially Pb. They have the negative anomalies of Ta-Nb and Hf, typical features of characteristic for supra-subduction magmas.

The REE distribution shows a strong enrichment of the light ones and a weak Eu negative anomaly despite the absence of early plagioclase crystallization, probably due to the characteristic of the magma source.

The correlation of some elements (e.g., La) with MgO content is different in the both petrochemical groups: it is negative in the ultrapotassic volcanic rocks and positive in the shoshonitic ones. This plays in a favor of different ways of the crystal fractionation.

The studied volcanic rocks have high $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio, above 0.708 . Very enriched in radiogenic Sr are the ultrapotassic shoshonites of Kureshnichka Krasta and the latites of Gradishte ($^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio up to 0.7104). The next peculiarities are observed in the Sr isotope distribution :

- With increasing MgO contents (from 5.5 to 10 % wt.) the $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio also increases;

- The Pliocene volcanic rocks the younger ones have the higher $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio. They are also more potassic and more magnesian.

Sr and Nd isotopes ratios of the studied volcanic rocks have an intermediate values in respect to the all rocks of the Mediterranean ultrapotassic province extended from Spain to the West to Turkey and Syria to the East. Macedonian ultra- to high potassic volcanic rocks according to theirs Sr isotope ratio correspond to the volcanic rocks of the Romance Province Type but they have a little higher Nd isotopic ratio (except one samples).

We do not studied Pb isotopes but according to Altherr et al. (2004) their variation is very restricted (e.g., $^{206}Pb/^{204}Pb$ = 18.68-18.88).

Discussion on the geneses of the ultra- to hign potassic rocks of Macedonia and conclusion

According to the schema of Doglioni this volcanic activity is probably result of two concomitant extensional settings, active since at least the Oligocene, i.e., 1) the southern termination of the Pannonian Basin rifting in the hangingwall of the E-ward retreating Carpathians subduction zone and 2) the northwestern prolongation of the Aegean Sea rift. The rifting episodes collapsed and stretched the previously thickened lithosphere, providing an uplift of the underlying previously metasomatised mantle. This opposite movement creates favorable conditions for generation of ultra- to potassic magmas firstly in the Oligocene-Early Miocene in the central Serbia, and later, in the Late Miocene to Pleistocene - in southernmost Serbia and in Macedonia.

What is the source of the studied ultrapotassic magmas? Following the idea of Mitchell and Bergman (1991), Rock (1991) and Peccerillo (1992) many authors explain that the ultrapotassic to shoshonitic magma in the Vardar zone are the products of partial low degree melting of the mantle, metasomatized during an earlier subduction and contaminated by subducted sediment component (Boev and Yanev, 2001 according to the model of Serri et al., 1993, Yanev et al., 2003 for Macedonian lavas; Prelević et al., 2001, 2005, 2007, Cvetković et al., 2004 for Serbian lavas and Altherr et al., 2004). We suppose that this subduction is the Upper Cretaceous eastwards subduction of the Western Vardar Ocean with the Apulian plate under the edge of the Eurasian one (Fig.5, Carminati et al., 2004). The remnants of the subducted Apulian plate are visible on the tomographic profiles (Spakman, 1986).

During the metasomatization of the mantle edge above the subduction zone phlogopite + carbonate (below 100 km in the depth), richterite + carbonate (above 100 km) are formed (Pearce et al., 1990; Sato et al., 1997). So, the magma of the studied volcanic rocks is generated in a depth more than 100 km.

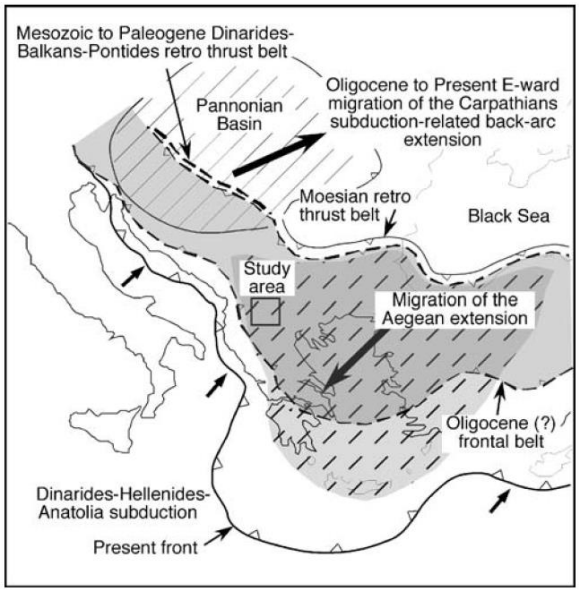


Fig. 5. Sketch map showing the geodynamic setting of the Aegean-Balkanic region. The study area (box) is located in the hangingwall of the Mesozoic to present-day Dinaric subduction (small black arrows), which underwent widespread late and syn-subduction Cenozoic extension associated with the Aegean rift and, to the north, with the Pannonian rift. The origin of the HMg-K und UK volcanic rocks of Macedonia is consistent with a subduction setting and coeval extensional tectonics Miner Petrol

This type of source is supported by the presence of large (up to 1 cm long) mantle phlogopite xenocrysts (with high Cr, low Ti and Ba contents) which were found by Altherr et al. (2004) in the studied phonotephrites. Some of the ultrapotassic rocks contain also carbonate reflecting the CO_2–bearing conditions. The LILE and especially Pb enrichment of the discussed ultrapotassic volcanic rocks also support this type of

magmatic source. For example Th content in these rocks exceeds 500-1000 times its contents in the primordial mantle and those of the Pb – 200-300 times. This genetic source explains the high Sr isotope ratio, characteristic for a western and central part of the Mediterranean ultrapotassic province The very restricted variation of the Pb isotopes vs. high Sr isotopic ration indicate that the metasomatic component is predominant in the ultrapotassic melt and the low degree of melting of the mantle peridotite (Prelevic et al., 2007).

This evolution of the ultrapotassic magma centers can be study on the $^{87}Sr/^{86}Sr$ vs SiO_2 diagram where three groups of volcanic centers are distinguished: Ejevo Brdo (3.24 Ma) → Mlado Nagorichane (1.81 Ma); Kureshnichka Krasta (2.04 Ma) → Gradishte (1.70 Ma) and latite-shoshonitic group: Cer in southernmost Serbia (3.86 Ma) → Djurishte (3.19 Ma). In these groups the more evolved (more siliceous), respectively younger rock has a little higher $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio. This indicates an AFC (assimilation + fractional crystallization) processes as responsible for the magmatic evolution with predominance of the FC one. The variation of some trace elements in the ultrapotassic rocks shows that the precipitation of phlogopite (the amphibole is missing phase) or/and magnetite seems to be the responsible for this evolution (according the diagrams of Pearce and Norry, 1979). The decreasing of the La content (not shown here) and Nb/Zr ratio in the younger volcanic rocks indicates an increasing degree of the partial melting (Fitton et al., 1991), producing more Mg and more potassic magmas.

The shoshonite-latite group involves also in the AFC model, but their evolution is different reflecting on the La distribution that it is inversely respectively to the distribution in the ultrapotassic rocks .These rocks are not entirely dated and it is difficult to follow their petrochemical evolution in the time. They have the lowest $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio between all studied rocks, reflecting probably another magmatic source.

References

Altherr, R., Meyer, H.-P., Holl, A., Volker, F., Alibert, C., McCulloch, M.T. and Majer, V., 2004. Geochemical and Sr-Nd-Pb isotopic characteristics of Late Cenozoic leucite lamproites from the East European Alpine belt (Macedonia and Yugoslavia). Contrib. Miner., Petrol. 147, 58-73.

Battaglia, M., Murray, M. H., Serpelloni, E. and Bürgmann, R., 2004. The Adriatic region: An independent microplate within the Africa-Eurasia collision zone. Geophys. Res. Lett. 31, L09605, doi: 10.1029/2004GL019723.

Boev, B. and Yanev, Y., 2001. Tertiary magmatism within the Republic of Macedonia: a review. Acta Vulcanol. 13 (1-2), 57-72.

Božović, M., Prelević, D. and Cvetković, V., 2005. Neogene lamproitic volcanism of Jezevo Brdo (Macedonia): petrography, geochemistry and geotectonic constrains. In: 14th Congress of Geologists of Serbia and Montenegro. Book of Abstracts. Novi Sad, p.12.

Buddington, A.F. and Lindsley, D.H. 1964. Iron-titanium oxide minerals and synthetic equivalents. J. Petrol. 5, 310-357.

Carminati, E., Doglioni, C., Carrara, G., Dabovski, C., Dumurdjanov, N., Gaetani, M., Georgiev, G., Mauffret, A., Sartori, R., Seranne, M., Scrocca, D., Scionti, V., Torelli, L., Zagorchev, I. and Argnani, A., 2004. Transmed: section III. In: Cavazza, W., Roure, F., Spakman, W., Stampfli, G. and Ziegler, P. (Eds), The Transmed Atlas. IGC Florence, CD-rom. Berlin, Springer.

Cvetković, V., Prelević, D., Downes, H., Jovanović, M., Vaselli, O. and Pécskay, Z., 2004. Origin and geodynamic significance of Tertiary postcollisional basaltic magmatism in Serbia (central Balkan Peninsula). Lithos 73, 161-186.

Dumurdzanov, N., Serafimovski, T. and Burchfiel, B.C., 2004. Evolution of the Neogene-Pleistocene Basins of Macedonia. Geological Society of America, Digital Map and Chart Series 1, 1-20.

Dumurdzanov, N., Serafimovski, T. and Burchfiel, B.C., 2005. Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. Geosphere 1, 1-22.

Elkins, L.T. and Grove, T.L., 1990. Ternary feldspar experiments and thermodynamic models. Amer. Mineral., 75, 544-559.

Fitton, J.G., James, D. and Leeman, W.P., 1991. Basic magmatism associated with Late Cenozoic extension in the Western United States: compositional variations in space and time. J. Geophys. Res. 96, 13693-13711.

Foley, S.F., Venturelli, G., Green, D.H. and Toscani, L., 1987. The ultrapotassic rocks: characteristics, classification, and constraints for petrogenetic models. Earth Sci. Rev. 24, 81-134.

Fuhrman, M. and Lindsley, P., 1988. Ternary feldspar modeling and thermometry. Amer. Mineral. 73, 201-215.

Harkovska, A., Yanev, Y. and Marchev, P., 1989. General features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria. Geologica Balc. 19, 1, 37-72.

Kissel, C., Speranza, F. and Milićević, V., 1995. Paleomagnetism of external southern and central Dinarides and northern Albanides: Implications for the Cenozoic activity of the Scutari-Peć transverse zone. J. Geophys. Res. 100, 14999-15007.

Kononova, V.A., Terzić, M. and Svešnjikova, E.B. 1989. Petrochemical series of alkaline basalts in the Vardar zone and Carpathian-Balkans (Yugoslavia). Maced. Acad. Sci. and Arts Contrib. Section of Mathemat. and Techn. Sci. 8 (2), 29-44.

Le Maitre, R.W. (ed.), 1989. A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the IUGS Subcommission on the Systematics of Igneous Rocks. Oxford, Blackwell Sci. Public., 193p.

Mansker, W.L., Ewing, R.C. and Keil, K., 1979. Barian-titanian biotites in nephelinites from Oahu, Hawaii. Amer. Miner. 64, 156-159.

Mitchell, R.H. and Bergman, S.C., 1991. Petrology of Lamproites. New York, Plenum Press, 447 p.

Pearce, J.A. and Norry, M.J., 1979. Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. Contrib. Mineral. Petrol. 69, 33-47.

Pearce, J.A , Bender, J.F., De Long, S.E., Kidd, W.S.F., Low, P.J., Güner, Y., Saroglu, F., Yilmaz, Y., Moorbath, S., Mitchell, J.G., 1990. Genesis of collision volcanism in Eastern Anatolia, Turkey. J. Volcanol. Geotherm. Res. 44, 189-229.

Peccerillo, A., 1992. Potassic and ultrapotassic rocks: compositional characteristics. petrogenesis and geologic significance. Episodes, 15, 243-251.

Prelević, D., Foley, S.F., Cvetković, V., Jovanović, M. and Melzer, S., 2001. Tertiary ultrapotassic-potassic rocks from Serbia, Yugoslavia. Acta Vulcanol. 13 (1-2), 101-115.

Prelević, D., Foley, S.F., Romer, R.L., Cvetković, V. and Downes, H., 2005. Tertiary ultrapotassic volcanism in Serbia: Constraints on petrogenesis and mantle source characteristics. J. Petrol. 46, 1443-1487.

Prelević, D., Foley, S.F. and Cvetković, V., 2007. A review of petrogenesis of Mediterranean Tertiary lamproites: A perspective from the Serbian ultrapotassic province. Geol. Soc. Amer. Special Paper 418, 113-129.

Rock, N.M.S., 1991. Lamprophyres. Glasgow, Blackie & Son, 285 p.

Sato, K., Katsura, T., Ito, E., 1997. Phase relations of natural phlogopite with and without enstatite up to 8 GPa: Implication for mantle. Earth Planet. Sci. Lett. 146, 511-526.

Serri, G., Innocenti, F. and Manetti, P., 1993. Geochemical and petrological evidence of the subduction of delaminated Adriatic continental lithosphere in the genesis of the Neogene-Quaternary magmatism of Central Italy. Tectonophys. 223, 117-147.

Spakman, W., 1986. Subduction beneath Eurasia in connection with the Mesozoic Tethys. Geol. Mijnbow 65,145-153.

Sveshnikova, E.V., Tersić, M. and Laputina, I.P., 1986. Rock forming minerals of the leucite-bearing volcanic rocks. In: Osobennosti Porodoobrasuyushchih Mineralov magmaticheskih Porod (Peculiarities of the Rock Forming Minerals of the magmatic Rocks), Moscow, Nauka Publ. House, 165-192 (in Russian).

Terzić, M. and Svešnjikova, E.V., 1986. Age of the leucite rocks in Yugoslavia. In: Sbornik Serb. Acad. Nauki 3, 283-288 (in Serbian with English abstract).

Velde, D., 1979. Trioctahedral micas in melilite-bearing eruptive rocks. Carnegie Inst. Wash. Yearbook 78, 468-475.

Yanev, Y., 2003. Mantle source of the Paleogene collision-related magmas of the Eastern Rhodopes (Bulgaria) and Western Thrace (Greece): Characteristics of the mafic magmatic rocks. Neues Jahrb. Mineral. Abh. 178, 2, Stuttgart, 131-151.

Yanev, Y., Boev, B., Doglioni, C., Innocenti, F., Manetti, P. and Lepitkova, S., 2003. Neogene ultrapotassic-potassic volcanic association in the Vardar zone (Macedonia). C.-R. Acad. bulg. Sci. 56, 4, 53-58.

Mineralogical and geochemical characteristics of the Igralishte pluton, Southwestern Bulgaria

[1]Eugenia Tarassova, [1]Mihail Tarassov, [2]Albrecht von Quadt, [2, 3]Irena Peytcheva

[1] Central Laboratory of Mineralogy and crystallography, BAS, 1113 Sofia, Bulgaria; etarassova@mail.bg; mptarass@dir.bg
[2]Institute of Isotope Geochemistry and Mineral Resources, ETH–Zurich, 8092 Switzerland; quadt@erdw.ethz.ch
[3]Geological Institute, BAS, 1113 Sofia, Bulgaria; peytcheva@erdw.ethz.ch

Abstract
The Igralishte pluton is composed of muscovite-containing peraluminous granite (monzogranites according to its modal composition). In the periphery parts of the intrusive body as well as in some zones parallel to the magmatic flow structures, the rocks are altered due to high-temperature alkaline (potassium and, to less extent, sodium) metasomatism. The obtained mineralogical and geochemical data specify the pluton rocks as so called "cold" granites formed from the crust sources as result of "wet" anatexis and in the late to post collision tectonic setting.

Key words: two-mica granite, rock-forming minerals, accessory minerals, geochemistry

INTRODUCTION

The Igralishte pluton outcrops on an area of about 32 km^2 in Southwestern Bulgaria, as a part of the Ograzhden Block of the Serbo-Macedonian massif (CMM). The recent isotope-geochronological and geochemical investigations of Zidarov et al. (2004) showed that the intrusion is of the early Triassic age (~245 Ma) and its initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratio of 0.70804 for the whole-rock argues crust dominated source of the initial granite magma (Zidarov et al., 2004). The present paper is further investigation of the Igralishte pluton rocks, giving more detailed information on their mineralogy, geochemistry and alteration processes to assess more precisely the conditions of the pluton formation including tectonic setting, source characteristics and P-T conditions.

TERRAIN OBSERVATIONS

The Igralishte pluton is intruded among high-grade metamorphic rocks – two-mica gneisses (metagranites with Ordovician age according to Zidarov et al. (2003)), amphibolites and garnet-biotite-muscovite gneisses (fig. 1). Primary magmatic flow structures are well distinguished in the intrusion as narrow sub-vertical zones with almost invariable orientation in the whole pluton-NE 330/25 (Ignatovski, 1969). The magmatic foliation is highlighted by parallel alignment of plagioclase phenocrysts. Partially resorbed amphibolite xenoliths with size to 1 m as well as felsic microgranular enclaves with size to about 30 cm are common inclusions in

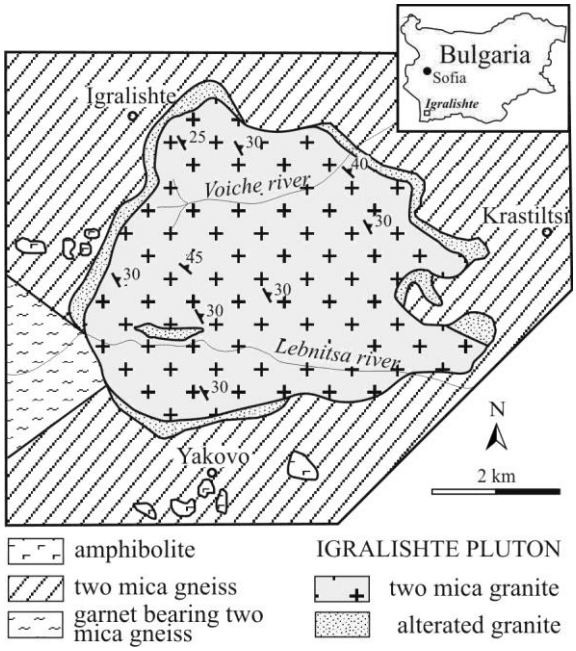


Fig. 1. Schematic geological map of the Igralishte pluton (after Ignatovski (1969) complemented by the author)

the pluton in its western (near-contact) and northwestern parts, respectively. Metasomatically altered granites with distinct leucocratic outlook are observed as fragmentary strip with width of 200-300 m in the periphery part of the pluton and as 5-20 m width zones parallel to the contacts of magmatic flow structures – in the internal parts of the intrusion (Tarassova, Tarassov, 2007).

PETROGRAPHY CHARACTERISTICS OF THE PLUTON

The Igralishte pluton is built up of two-mica (biotite + muscovite) granites with variably pronounced (from scarcely to clearly) porphyritic textures after feldspars phenocrysts, and with fine-grained (in the southern parts of the pluton) to middle-grained (in its northern parts) matrix masses.

Main rock-forming minerals in the granites according to their crystallization succession are: plagioclase, biotite, muscovite, quartz, potassium feldspar. The latter mineral poykilitically envelops the earlier formed minerals thus causing the monzonitic texture of the rocks. Potassium feldspar and plagioclase are presented by phenocrysts with size 2.5-5 mm and episodically by megacryst to 8 cm. The main mass is composed of quartz, plagioclase, micas and secondary minerals. Accessory minerals are: zircon, monazite and xenotime. As result of postmagmatic processes are formed: muscovite, albite, microcline, epidote, chalcopyrite, pyrite, zeolites. Secondary REE-Y-Th-U-containing minerals are: allanite, apatite, thorite/huttonite, and uraninite.

The modal contents of plagioclase, potassium feldspar and quartz in the Igralishte granites plotted in the APQ diagram (Le Maitre, 1989) classify the rocks as monzogranites. Content of mica minerals in the different parts of the pluton is variable being 4.1-8.5 wt.% for biotite and 2.4-4.4 wt.% for muscovite.

POSTMAGMATIC ALTERATION

The most significant postmagmatic alteration of the Igralishte pluton rocks are caused by high-temperature alkaline (K and Na) metasomatism (Tarassova, Tarassov, 2007).

The potassium metasomatism is the earlier postmagmatic process and occurs as K-feldspathisation affecting most intensively the periphery parts of the Igralishte pluton. Four processes are recognized as related to the later sodium metasomatism: (i) enlargement of replacement perthites in magmatic K-feldspar; (ii) replacement of magmatic plagioclase (oligoclase) with postmagmatic albite; (iii) replacement of K-feldspar (magmatic and postmagmatic) with myrmekites; and (iv) replacement of biotite and plagioclase with secondary muscovite.

The considered above processes are carried out at 600-450^{o}C are known to be typical for the apical and close-to-contact parts of intrusive bodies (Pirjano, 1992; Witt, 1988; Omelyanenko, 1978). In the Igralishte pluton, the localization of the metasomatic zones along the layers of magmatic flow most probably is an indication for the presence there of weaken zones and contraction fissures facilitating the fluids penetration and redistribution of K and Na in the rock.

The later and lower-temperature alterations of the rock are: sericitization of plagioclase, development of epidote after plagioclase (mainly in the central parts of crystals) and biotite, replacement of biotite by chlorite, formation of quartz veinlets with sulphide minerals, etc.

Deformations. The rocks of the pluton had been subjected to weak and non-uniform subsolidus deformation affecting both magmatic and postmagmatic minerals. The effects of deformation upon feldspars are manifested either by disappearance of lamellar microstructure and occurrence of undulose extinction or by brittle deformations including slight displacements of separate parts of some crystal. The magmatic quartz shows undulose extinction and only in the metasomatically altered zones demonstrates clear signs of recrystallization with distinct decreasing the grains size. The deformations in micas are visible as weak bending of their flakes. It is found that the deformation is more strongly pronounced in the altered rocks of the pluton, which means that, besides the regional tectonic events, the local tension after cooling and decompression of the pluton, causes significant deformation effect.

ROCK FORMING MINERALS

Plagioclase. Two generations of magmatic plagioclase (I and II) and one generation of postmagmatic plagioclase were established in the rocks. Plagioclase (I) forms polysynthetically twinned phenocrysts with large cores and thin periphery zones. According to its chemical composition the plagioclase is defined as oligoclase with normal crystal zoning - decrease of anorthite component from core ($An_{20-14.4}$) to periphery ($An_{14-10.3}$) of its crystals. Inclusions of monazite and zircon are common for the plagioclase cores. Plagioclase (II) crystals are with smaller size (0.6-1.2 mm) and composition corresponding to those of the pe-

riphery zones of plagioclase (I). Postmagmatic plagioclase with size ≤0.3 mm and composition $An_{0.9-8.4}$ either replaces the magmatic plagioclase crystals in its micro-fissures and periphery or builds up the myrmekites and perthites.

Phenocrystal potassium feldspar is presented by triclinic polymorph - microcline containing microperthite inclusions - albite exsolution lamellae with size <0.1 mm, both phases being resulted from the subsolidus phase transformations of the primary monoclinic alkaline feldspar (at temperatures below 500ºC). Postmagmatic K-feldspar is anhedral fine-grained (to 0.6 mm in size) microcline without any visible exsolution inclusions. The composition of both types of microcline (type I-the matrix of K-feldspar phenocrysts and type II-postmagmatic K-feldspar) is very similar being indication of chemical re-equilibration of the magmatic K-feldspar at the time of the postmagmatic K-feldspar crystallization. The proper K-feldspar component in the two types of microcline is 93.7-98.8 and 95.6-100 mol. % respectively, while albite component is 1.2-5.9 and 0-4.4 mol.%. Insignificant contents of Ba (in both types of microcline) and Ca (only in microcline-I) are found in the studied granites.

Quartz in the granites and metasomatically altered rocks occurs as anhedral crystals with undulose extinction. In the unaltered granite the quarts grains have essentially larger size - 1-2 mm than that in the metasomatic zones ≤ 0.2 mm.

Biotite is the only iron-magnesian mineral in the study granites. It is presented mainly by aggregates of dark-brown platy crystals with size 0.8-1.6 mm. Randomly it occurs together with muscovite. Biotite displays clear pleochroism from pale-yellow-green to brown- green color. The Fe/(Fe+Mg) atomic ratio in the contents of Al_2O_3 и MgO as well as the ratio FeO/MgO (with average value of 3.38) in the mineral reflect the peraluminous character of the enclosing rock (fig. 2).

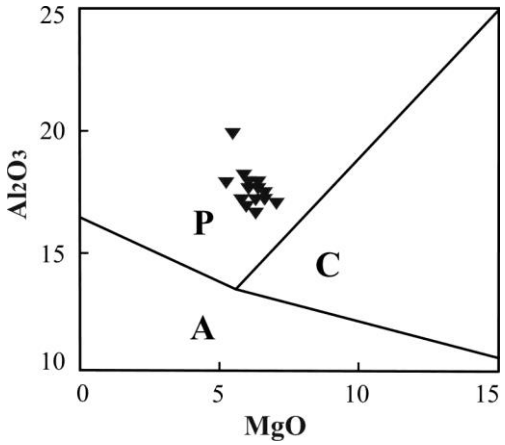


Fig. 2. Biotites from the Igralishte pluton on the diagram Al_2O_3 vs. MgO (wt. %) (according to Abdel-Rahman, 1994); granites: A - alkaline; C - calc-alcaline; P – peraluminous)

Muscovite. Two varieties of muscovite are found: primary magmatic muscovite (P) and secondary muscovite (S) formed as a product of high-temperature alkaline metasomatism. The P-muscovite occurs as 1.2 mm flakes commonly with biotite and seldom individually. The S-muscovite is presented by flakes with smaller size (below 0.6 mm), replacing biotite and plagioclase phenocrysts. The P-muscovite crystals are zonal, which is well manifested by decreasing the TiO_2 content from their core (~1.2 wt.%) to the periphery (~0.8 wt.%). The principle chemical difference between the two types of muscovite is in the contents of Ti, Na, which are higher in the P-muscovite, and Fe, Mg and Si, which are higher in the S-muscovite, and is well outlined in the Mg-Na-Ti diagram after Miller et al. (1981) (fig. 3).

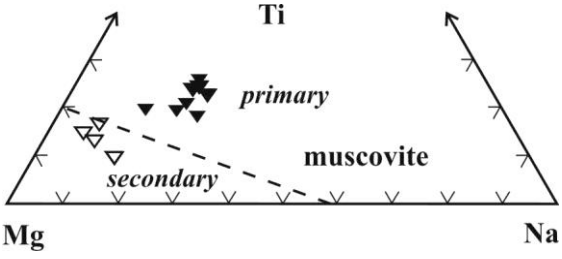


Fig. 3. Primary (filled triangles) and secondary (open triangles) muscovites from the Igralishte pluton on the Mg-Na-Ti (apfu) diagram (according to Miller et al., 1981)

ACCESSORY MINERALS

Zircon shows distinct zonal structure in cathode luminescence images. The chondrite normalized REE patterns of the mineral are typical for igneous rocks, but with weak negative Eu anomaly (Zidarov et al., 2004).

Xenotime is rarely occurred mineral in the study granites being of two varieties: magmatic (I) and postmagmatic (II) ones (Tarassov, Tarassova, 2005). Xenotime (I) forms gray-green euhedral crystals with size 0.01-0.25 mm which are partially or almost entirely replaced by apatite, allanite and uraninite aggregates (pseudomorphs). REE patterns of the mineral are typical for xenotime of magmatic origin. Xenotime (II) being with much smaller size (<0.01 mm) replaces monazite together with other REE, Th and U-containing minerals.

Monazite is one of the earliest minerals in the study granites occurring as inclusions in plagioclase, quartz and biotite, and, in its turn, containing zircon as inclusions. Monazite crystals are yellow-orange and 0.05-0.5 mm in size, initially being euhedral and with zonal structure, due to the pseudomorphous replacement by apatite and allanite, they (or their relics) have attained anhedral outlook (Tarassov, Tarassova, 2005). Aggregates of the relic monazite and its pseudomorphous products apatite+allanite most commonly are surrounded by corona of epidote.

Garnet is rare mineral in the pluton being presented by metacrysts (to 1.2 mm in size) replacing biotite and plagioclase in the two-mica granites and by "honey-comb" aggregates of euhedral crystals (0.2-0.8 mm) with secondary sericite inside the plagioclase - in the metasomatically altered granites. The chemical composition of the garnet only slightly varies from crystal to crystal, every one being nearly homogenous, and specifies the mineral as solid solution of almandine, spessartine, and grossular, and partly of pyrope ($Alm_{33-39}Sp_{32-34}Gr_{26-33}Py_{1.5-2.5}$). The chemical composition of the garnet as well as its relationships with the main rock-forming minerals in the rocks point to its postmagmatic origin.

CHEMICAL COMPOSITION

Major elements. According to its chemical composition and TAS diagram, the intrusive rocks of the Igralishte pluton are defined as granites, belonging, after Peccerilo & Taylor (1976), to the high-potassium calc-alkaline magmatic series. The aluminum saturation index ($ASI = Al_2O_3/[CaO+Na_2O+K_2O]$) equal to 1.05-1.29 specifies the granites as peraluminous that well corresponds to the presence of normative corundum in the CIPW norm.

REE elements. The sum of REE in the Igralishte pluton rocks varies in broad range 38-209 ppm being related to the heterogeneous distribution of their main repository phases – accessory minerals as monazite, xenotime, allanite and zircon.

The chondrite normalized REE patterns of granitoid rocks is known to depend mainly on the composition of the initial magma and the crystal-liquid equilibriums and very slightly - on the later hydrothermal alterations. The REE patterns of the study granites show clear enrichment in LREE compared to HREE (La_N/Lu_N=6.1-8.7) typical for crust granites, and moderate negative Eu-anomaly (Eu/Eu* = 0.43-0.45) (fig. 4) explained by the fractionation of the plagioclase in the magma.

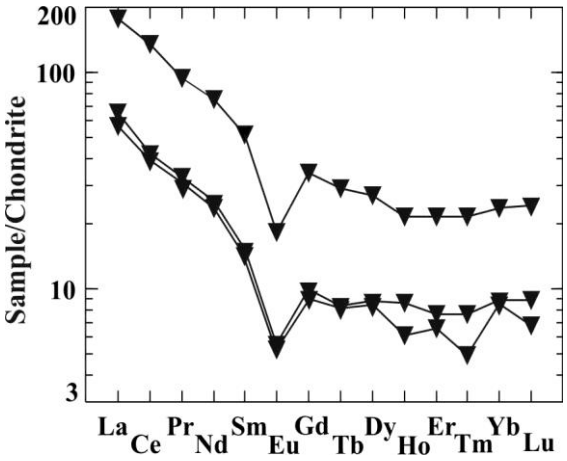


Fig. 4. Chondrite-normalized REE pattern for representative samples from the Igralishte pluton (data for chondrite according to Sun and McDonough, 1989)

ASSESSMENT OF FORMATION CONDITIONS

Tectonic setting. Cheochemical patterns of trace elements of the Igralishte granites, normalized to a hypothetical ocean riddle granite – ORG, classify them as collision ones (after Pearce et al., 1984) with distinct high content of Rb, and low of Hf, Zr, Sm (fig. 5). In the Hf-Rb-Ta ternary diagram (after Harris, 1986) commonly used for further subdividing the collision granites, the Igralishte rocks

occupy the field of late- or postcollision granites but in close proximity to the area of syncollision granites (fig.6).

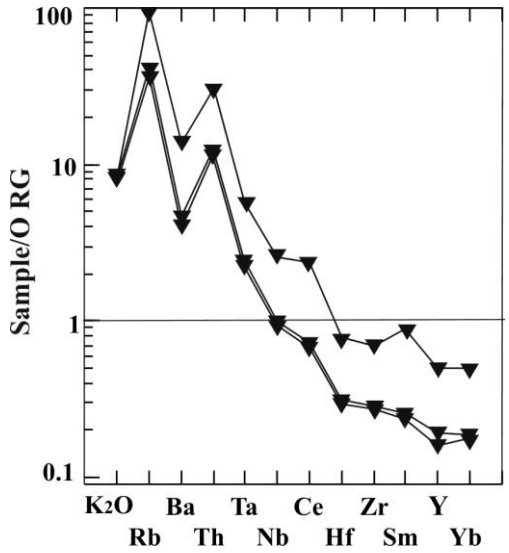


Fig. 5. ORG-normalized geochemical patterns for selected samples from the Igralishte pluton

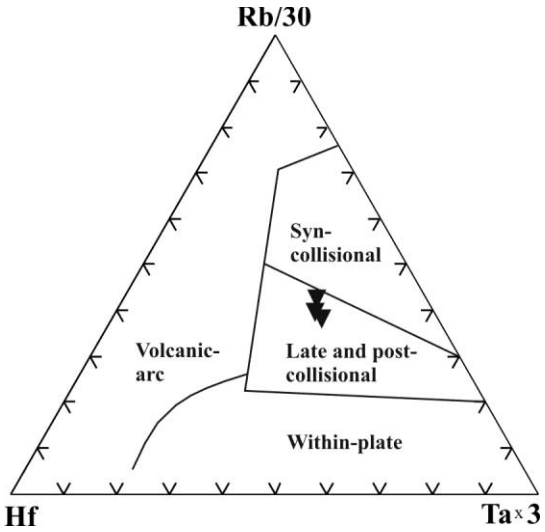


Fig.6. Positions of the Igralishte pluton rocks on the Hf-Rb/30-Tax3 discrimination diagram (after Harris et al.1986)

Source characteristics. Several features, as the presence of mineral assemblages including magmatic muscovite, accessory monazite and xenotime, the geochemical characteristics of some minerals as biotite, the chemical and isotope composition of the rocks, allow one to relate the studied rocks to the so-called "muscovite-containing peraluminous granites" (after Barbarin, 1996; 1999), crystallized from crustal source at high water fugacity and resulted from the "wet" anatexis. It is assumed that such wet magmas could not rise far through the crust from their initial position (Harris et al., 1986; Deer et al., 2003).

P-T estimations. The magma temperature is assessed calculating the so-called "zircon" (T_{Zr}) (Miller et al., 2003) and "monazite" (T_{LREE}) (Montel, 1993) saturation temperatures in granitic magmas. It is noticeable that the two models give almost the same temperature intervals for the studied granites - 817-740°C (average 770°C) for T_{Zr} and 819-720°C (average 767°C) for T_{LREE}, respectively thus indicating that the two early minerals most probably crystallize simultaneously. Although these temperatures are very close to the boundary value of ~800°C between the so-called "cold" and "hot" granites (Miller et al., 2003), the obtained average temperatures (<800°C) specify the studied rocks as "cold" granites. As an indicator for the pressure conditions for crystallization of the Igralishte rocks can serve the presence of magmatic muscovite which, according to the experimental data of Clarke (1981), Miller (1981) and Dear at al. (2003), crystallizes from acidic melt at minimal pressure of about 3 to 3.5 kbar (~11 km).

CONCLUSIONS

The obtained chemical, mineralogical and petrographical characteristics of the Igralishte pluton rocks allows one to conclude that:

- the pluton rocks are formed in the late to post collision tectonic setting;
- the intrusive rocks are the so-called "cold" granites which can be further specified as muscovite-containing peraluminous monzogranites crystallized from crustal sources formed as result of "wet" anatexis;
- the presence of high-temperature alkaline metasomatism zones in the periphery parts of the intrusive body as well as along the layers of magmatic flow typical for apical parts of granite intrusions, can be considered as an indication of the shallow erosion level of the pluton.

Acknowledgements:
This investigation is partially supported by the Bulgarian National Science Fund, Grant ES-1304/03.

REFERENCES

Abdel-Rahman, AM. (1994) Nature of biotites from alkaline, calc-alkaline, and peraluminous magmas. Journal of Petrology 35, 2; 525-541

Barbarin, B. (1996) Genesis of the two main types of peraluminous granitoids. Geology, 24, 4; 295-298

Barbarin, B. (1999) A review of the relationships between granitoid types, their origins and their geodynamic environments. Lithos, 46; 605-626

Clarke, DB. (1981) The mineralogy of peraluminous granites: a review. Canadian Mineralogist 19: 3-17.

Deer, WA., Howie, RA., Zussman, J. (2003) Rock-Forming Minerals, Sheet Silicates: Micas. Vol. 3A, 2nd edition (M.F. Fleet, ed); The Geological Society, London, 758 p.

Harris, NBW., Pearce, JA.,.Tindle, AG. (1986) Geochemical characteristics of collision-zone magmatism. In: Coward MP, Rais AC, (eds.), Collision tectonics. Special Publication, Geology Society 19: 67-81

Ignatovski, P. (1969) Structural behavior of the Igralishte pluton. Bulletin of Geological institute, Geotectonic, 18: 99-109 (in Bulgarian)

Le Maitre, RW., Bateman, P., Dukel, A., Keller, J., Lameyre, J., Le Bas, MJ., Sabine, PA., Sorenser, H., Streckeisen, A.,. Wolley, AR., Zanetin, B. (eds.) (1989) A Classification of Igneous Rocks and Glossary of Terms. Recommendations of the JUGS Subcommision on the Systematics of Igneous Rocks. Oxford, Blackwell Sci. Publ., 193 p.

Miller, CF., Stoddart EF., Bradfish, LJ., Dollase, WA. (1981) Composition of plutonic muscovite: genetic implications. Canadian Mineralogist 19: 25-34

Miller, C., McDowell, SM, Mapes, RW. (2003) Hot and cold granites? Implications of zircon saturation temperatures and preservation of inheritance. Geology 31, 6: 529-532

Montel, J-M. (1993) A model for monazite/melt equilibrium and application to the generation of granitic magmas. Chemical Geology 110: 127-146

Omelyanenko, BI. (1978) Wallrock hydrothermal alterations. Moscow, Nedra, 203 p. (in Russian)

Pearce, J.A., Harris, NBW, Tindle, A.G. (1984) Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Journal of Petrology 25: 956-983.

Peccerillo, A., Taylor, SR. (1976) Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastomonon area, Northern Turkey. Contribution of Mineralogy and Petrology 58: 63-81

Pirjano, F. (1992) Hydrothermal Mineral Deposits. Principles and Fundamental Concept for the Exploration Geologist. Berlin, Springer-Verlag, pp 709

Tarassov, M., Tarassova, E. (2005) Occurrence, Chemical Composition and Electron Probe Dating of Accessory REE-Y-Th-U Minerals from Igralishte Granite Pluton (Odrazhden Block, Serbo-Macedonian massif). Proceedings of International Conference, "80 years Bulgarian Geological Society", Sofia, 91-95

Tarassova, E., Tarassov M. (2007) Leucozone in Igralishte pluton (SW Bulgaria) as a result of hight-temperature autometamorphic processes. Proceedings of National Conference "Geosciences 2007", Sofia, 84-86 (in Bulgarian)

Witt, WK. (1988) Evolution of Hydrothermal Fluids Associated with Greisenization and Feldspathic Alteration of Tin-Mineralized Granite, Northest Queensland. Economic Geology, 83: 310-334

Zidarov, N., Peycheva, I., von Quadt, A., Andreichev, V., Macheva, L., Titorenkova R. (2003) Timing and magma sources of metagranites from the Serbo-Macedonian massif (Ograzhden and Maleshevska mountains, SW Bulgaria): constrains from U-Pb and Hf-zircon and Sr whole rock isotope studies. Annual of Scientific conference of Bulgarian Geological Society, "Geology 2003", 89-91

Zidarov, N., Peycheva, I., von Quadt, A., Tarassova, E., Andreichev, V. (2004) Timing and magma sources of Igralishte pluton (SW Bulgaria): preliminary isotope-geochronological and geochemical date. Proceedings of Scientific conference of Bulgarian Geological Society, "Geology 2004", Sofia, 116-118

ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГНАЈС-ГРАНИТИТЕ ОД ОКОЛИНАТА НА С. ДУПЈАЧАНИ-ПРИЛЕПСКО

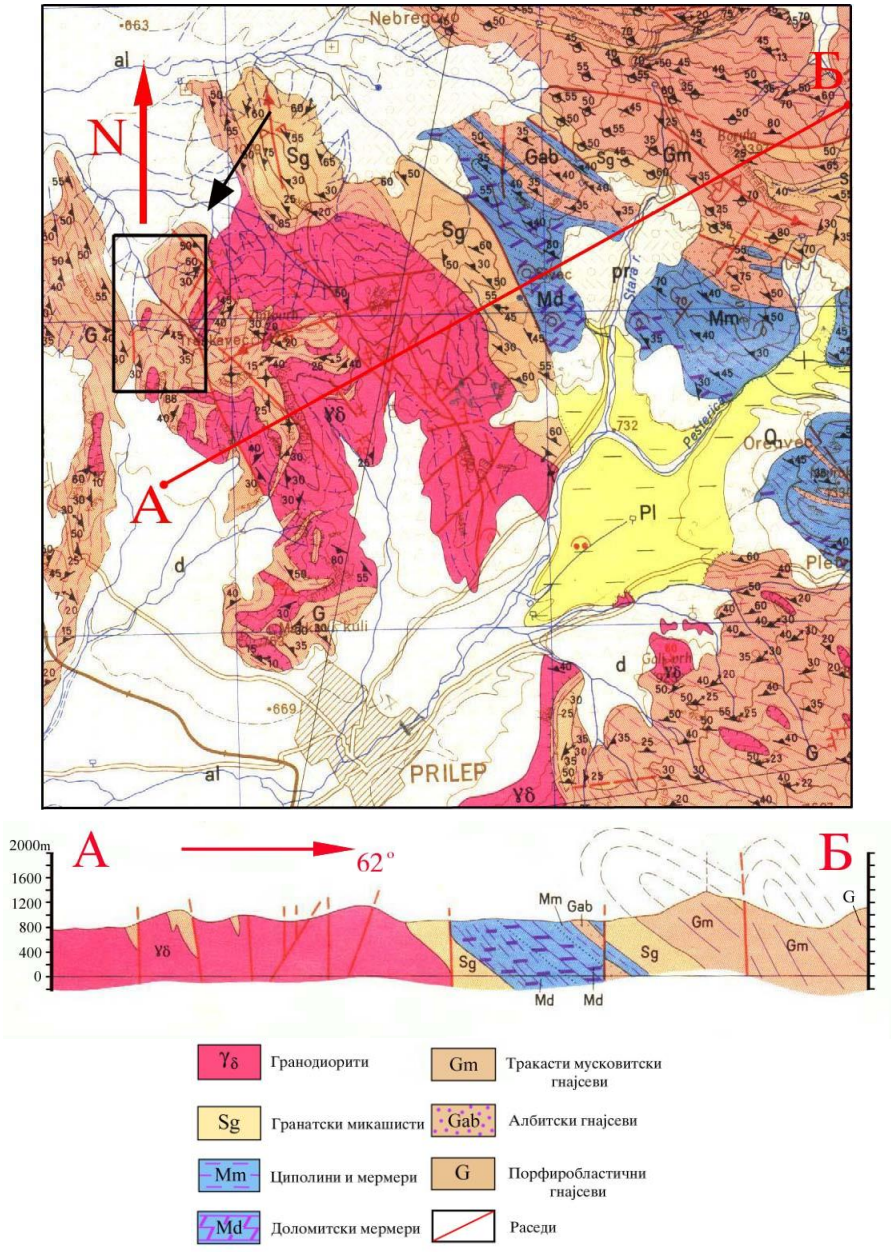
Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Љупче Кулаков
Факултет за Рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, Штип,
Република Македонија

Абстракт: Во овој труд се презентирани петрографските, минералошките и хемиските карактеристики на гнајс-гранитите од околината на с. Дупјачани-Прилепско, заради нивно евентуално користење како архитектонско градежен камен.

Клучни зборови: гнајс, гранит, лискун, фелдспат, циркон,

ВОВЕД

Теренот кој што беше истражуван е локализиран на околу 5 km северозападно од Прилеп, во непосредна близина на селото Небрегово **(сл.1).**



Сл. 1 - Дел од основна геолошка карта на *Република Македонија,* **Р 1:100000**

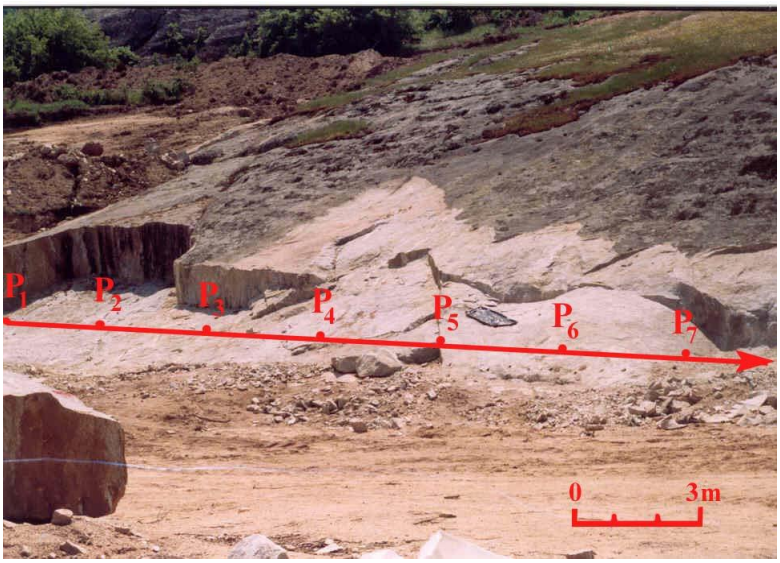


Фото: *Кулаков Љупче / Јуни2004*

Сл. 2 - Положба на профилската линија

Земени беа 10 примерока на растојание од 3м од карпите со помош на методата на точкасто земање на проби, при што опробувањето се вршеше по претходно одредена профилска линија. Истата беше во должина од 30m, во основа зафаќајќи правец на протегање исток-запад. (сл.2).

Испитуваната карпеста маса се одликува со порфиробластична структура.Текстурата и е во основа тракаста.

Резултати и дискусија

Проба Бр.1

Макроскопски карактеристикиа: Примерокот е со светло сива до бледо бела боја. На дадени места се забележуваат групирани концентрации на покрупни кристали од минерали со стакласта сјајност. Присуството на лушпести минерали е послабо изразено.

Структура: Порфиробластична *Текстура:* Тракаста

Микроскопски карактеристики: Во препаратот според степенот на нивната застапеност присутни се следниве минерали: кварц, мусковит, гранат, микроклин, биотит, плагиоклас.

Кварцот е апсолутно најдоминантен минерал во препаратот. Се појвува во најголем дел во облик на алотриоморфни до хипидеоморфни зрна и тоа како просирен и во помала мера жолтеникав. Големината на зрната е променлива. Меѓусебното поврзување на фенокристалите е запчесто и тоа исклучиво помеѓу покрупните кристали на кварц, а додека помеѓу помалите ова својство одстапува. Во одредени кристали на кварц се забележува присуство на ситни минерални индивидуи на мусковит кои неправилно лежат во кварцното зрно. На местата каде се концентрирани крупните минерални индивидуи на кварц нивната големина достигнува и до 2mm.

Мусковитот е исто така доста застапен во препаратот. Се појавува во првилни кристални форми со живи интерферентни бои од втор ред. По големина мусковитските зрна се најразлични при што не поминуваат повеке од 1mm во големина. За нив е карактеристично ориентационото насочување во одреден правец каде се и најчесто придружувани од гранатот. На неколку места се среќава нивно вклопување во кварцните и мусковитските зрна каде лежат неправилно распоредени.

Гранатот во најголем дел е доста распаднат. По боја е различно обоен до црн. Кај него е доста изразена концентрационата зависност од ориентационата положба на мусковитот каде и најмногу го има.

Микроклинот се појавува најчесто во крупни алотриоморфни зрна. Се среќава низ целиот препарат но го има

најчесто на местата со зголемена концентрација на кварц. Неговите индивидуи на неколку места достигнуваат големина и до 2mm. Лесно се приметува по својата решеткаста градба во форма на шаховско поле.

Биотитот е далеку помалку застапен лискун од мусковитот. Се појавува во два облика, и тоа како кристали чии што пресек е паралелен со рамнината (001), и (010). По форма е алотриоморфен до хипидеоморфен. Бојата му е кафеаво-зеленкаста. Локализиран е на повеке места во присуство на гранатот и мусковитот.

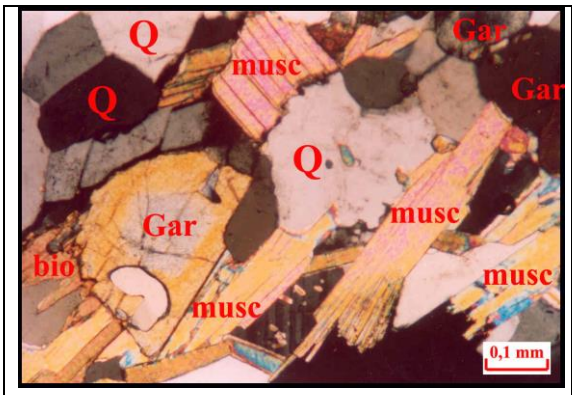
Плагиокласот е многу малку застапен. Тој се појавува со неколку зрна кај кои се забележува меѓусебно близнење. Во рамките на истиот се забележуваат вклопувања од ситнозрнест мусковит.

Од досега споменатото може да се заклучи дека станува збор за слабо метаморфна гнајс-гранитна карпа.

Проба Бр.2

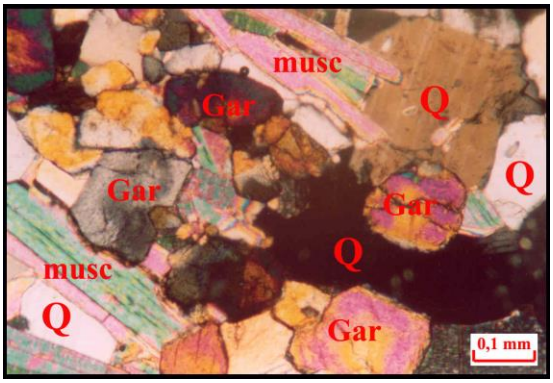
Макроскопски својства: Испитуваната карпа е со слични карактеристики како и претходната, со таа разлика што појавата на покрупни порфирски фенокристали со стакласта сјаност е по изразена, при што кај лискунските минерали се забележуваат нешто покрупни зрна во правците на нивна групирана насоченост.

Структура: Порфиробластична
*Текстура:*Тракаста



Q - *кварц*
musc - мусковит
Gar - гранат
bio - биотит

Sl.3. Proba br.1. (*XN zgolemuvawe 6.3)*



Q - *кварц*
musc - мусковит
Gar - гранат

Sl.4. Proba br.2 (*XN zgolemuvawe 6.3)*

Микроскопски карактеристики: Во анализираниот препарат се детектирани следните минерали според нивната застапеност во истиот: кварц, микроклин, мусковит, гранат, биотит, плагиоклас.

Кварцот се појавува во форма на алотриоморфни зрна со различна големина при што помалите зрна се со нешто по правилен облик. Истите на местата на концентрација каде се појавуваат во покрупни индивидуи меѓусебно се запчесто поврзани, а додека онаму каде се поситни зрната поврзувањето е нешто по правилно. Ваквите поситни примероци се всушност концентрирани на местата со зголемена концентрација на мусковит и гранат, односно тракастите зони од овие минерали. На неколку места во покрупните минерални индивидуи се забележуваат вклопувања од ситно

зрнест мусковит како и гранати кои неправилно лежат во кварцната основа. Ова воедно ни дава до знаење дека кварцот искристализирал последен.

Микроклинот за разлика од претходниот препарат е нешто позастапен, со претежно појавување во облик на покрупни алотриоморфни зрна. Заедно со кварцните, микроклинските зрна ги формираат зоните со крупни порфиробластични индивидуи. Големината на ваквите индивидуи на неколку места ја поминува границата од 2мм, при што во ваквите зони микроклинските зрна се апсолутно доминантни. Во рамките на фенокристалите на одредени места се забележуваат вклопувања од лискуни и поситни зрна на кварц.

Мусковитот се појавува во типично за него правилни прачкасти форми со различна големина кои имат јасна групирана насоченист во препаратот. Карактеристично за него е речиси константната придружба на гранатот. Појавата на ситни фенокристали во рамките на кварцот и микроклинот е честа, при што истите лежат дезориентирано во матичните зрна.

Гранатот е застапен во приближно иста концентрација со мусковитот. По боја е различно обоен до црн, при што на одредени места е доста распаднат. Во монолитните делови од истиот се забележуваат пукнатини кои се со различен интензитет. Доминантна концентрација се забележува во зоните на ориентациона зависност на мусковитот, каде и најмногу го има. Големината на минералните зрна е речиси воедначена, така да најголемите примероци не поминуваат големина од околу 0.5мм.

Биотитот во испитуваниот препарат е доста забележителен и лесен за идентификација. Многу важно за истиот во овој препарат е тоа што се појавува во доста крупни примероци кои ги има низ целиот препарат, со нагласена присутност во зоните со мусковит. По форма зрната се идиоморфни до хипидеоморфни. Се појавува во двата за него карактеристични облика во зависност од пресекот со рамнините (010) и (001), при што бојата му е најчесто темнозеленикава.

Плагиокласот е застапен со неколку зрна кои главно се лоцирани помеѓу кварцните и микроклинските кристали. Големината им е прилично воедначена со исклучок на две до три зрна кои во просек се со големина од околу 1мм. Кај истиот не се забележува близнење како во претходниот случај. По форма минералните индивидуи се исклучиво алотриоморфни.

Низ препаратот не се забележуваат пукнатини, освен на неколку места во рамките на покрупните зрна на кварц, што ни укажува на прилично големата тврдина која ја има оваа карпа.

Од претходно споменатото може да се заклучи дека станува збор за истиот тип на карпа како и во претходниот примерок, со таа разлика што овој има нешто по значитална концентрација на микроклин во споредба со мусковит, и поголема механичка трвдина заради отсуството на системот од пукнатини низ него.

Проба Бр.3

Макроскопски карактеристики: Примерокот се одликува со бледо бела боја чија основна маса е изградена од кристали на минерали со стаклеста сјајност. На одредени места се забележува групирање на покрупните кристали во примерокот. Доста воочливо е сосема малото присуство на темни лушпести минерали во земаната проба.

Структура: Порфиробластична
Текстура: Тракаста

Микроскопски карактеристики: Според степенот на застапеност се детектирани следните елементи: кварц, микроклин, мусковит, гранат, плагиоклас, биотит.

Кварцот како и досега, се појавува во најголема концентрација во препаратот. Истиот се појавува во различна големина, при што зрната во најголем дел се алотриоморфни. Поврзувањето помеѓу покрупните зрна е запчесто, а додека кај помалите индивидуи тоа е нешто по правилно. Во зоните со ситнозрнест кварц се сместени правците на ориентална

насоченост на мусковитот. Исто и овде како и претходно се забележува вклопување на ситни мусковитски зрна во поголемите кристали на кварц. Во периферните делови на препаратот се забележуваат ситни пукнатинки низ неколку покрупни зрна на кварц.

Микроклинот е скоро исто застапен како и во претходниот препарат, но поради далеку помалата застапеност на лискунските минерали се добива впечаток за негова зголемена концентрација во истиот. Се среќава пред се како крупнозрнест со неправилна форма на кристалите, при што најчесто е во опкружување на кварцните зрна. Големината на ваквите индивидуи не преминува 2мм, иако во најголем дел зрната се приближни на таа. Забележливо е вклопување на доста ситни лискунски зрна во одредени кристали, но со далеку помала големина одколку кај оние во кварцот.

За мусковитот во овој преперат е важно да се каже тоа што е сконцентриран исклучиво во зоните на негова групна насоченост, така формирајќи траки кои ја даваат дотичната текстура. Зрната се доста уситнети и имаат константна придружба на гранат. Ретки се случаевите кога на неколку места се забележува негова дезориентирана присутност и тоа најчесто во зоните со кварц.

Гранатот е доста воочлив во препаратот. Тој се наоѓа во најголем дел како придружен минерал во зоните со мусковит. Неговите зрна се во најголем дел распукнати и распаднати, при што во препаратот доминираат гранатите кои што се црни по боја. На одредени места се среќаваат монолитни примероци од истиот кои се локализирани најчесто во зоните со покрупен микроклин.

Поради крајно малата застапеност на биотитот во овој препарат, плагиокласните зрна го завземаат нивното место во него. Практично како и кај претходните примероци, и овдека е скоро иста застапеноста на плагиокласот со таа разлика што кај истиот не се забележува близнење. Може да се детектира низ целиот препарат, но сепак е карактеристично неговото појавување во зоните со кварцна околина.

Биотитот е претставен само со неколку зрна кои се наоѓаат во рамките на мусковитката концентрација. Карактеристично е неговото доминантно присуство во облици чиј пресек е паралелен на рамнината (010).

Нешто слично како и кај првиот препарат, и овдека се појавуваат одредени пукнатини низ истиот кои овдека покрај оние во правците на мусковитските траки се забележуваат и низ зоните на покрупна кварцна асоцијација.

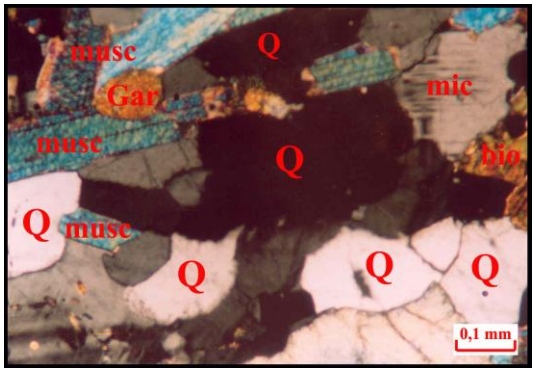
Проба Бр.4

Макроскопски карактеристики: Примерокот се одликува со светло сива боја и присуство на поголема концентрација на темни минерали, највероајтно лискуни.

Структура: Лепидобластично-Порфирobластична *Текстура:* Тракаста

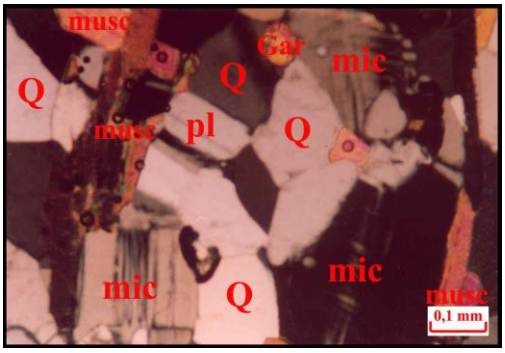
Микроскопски карактеристики: Според степенот на застапеност се детектирани следниве минерали: кварц, мусковит, микроклин, гранат, биотит, плагиоклас.

Појавата на кварцот е типична како и досега. Поврзувањето на покрупните кристали на кварц е запчесто, што дава одлика на импликациска структура, но поради ограничената појава на истата не може да се земе како доминантна за целиот препарат.



Q - *kvarc*
musc - мусковит
Gar - гранат
bio - биотит

Сл.5. Проба 3, (XN зголемување 6.3)



Q - *kvarc*
musc - мусковит
Gar - гранат
bio - биотит

Сл..6. Проба 4 , (XN зголемување 6.3)

Во зоните на ориентациона зависност на мусковитот кварцните зрна се поситни и со нешто поправилна форма, при што начинот на нивното поврзување дава одлики на мозаична структура. На неколку места во рамките на кварцот се забележуваат одредени неправилни пукнатини, а истите се лоцирани искучиво во местата со лискунска доминација.

Плагиокласот се појавува во карактеристични алотриоморфни зрна со големи димензии кои на одредени места достигнуваат големина и преку 2мм. Нешто слично како и кај кварцните зрна, и овдека се групирани повекето крупни фенокристали на микроклин, давајќи ја одликата на порфиробласти во препаратот. Акцесорната застапеност на лискунот во истиот овдека е послабо изразена и тоа исклучиво во поголемите зрна.

За мусковитот е важно да се каже дека се појавува во поголема концентрација отколку претходно, со јасна групираност во зоните на паралелна ориентација. Зрната се идиоморфни со приближно иста големина и воочливи живи интерферентни бои од втор ред. Споредувајќи ги зоните со мусковитски траки со оние од претходните примероци, овдека истите се со нешто по изразена положба.

Гранатот е присутен најповеќе во зоните со лискунска концентрација. Појавата на истиот во останатиот дел од препаратот е крајно ретка. Се појавува најчесто во облик на зрна со правилна геометриска форма кои во голем дел се механички распаднати.

Биотитот е сместен во основа помеѓу мусковитските зрна завземајќи ја нивната просторна положба. По боја истиот е најчесто зеленишкаво-кафеав. Кај истиот се забележуваат знаци на промени кои се доста јасно воочливи. Зрната му се најчесто алотриоморфни.

Плагиокалсот е многу малку застапен што го прави да биде не толку битен за дефинирање на препаратот. Се појавува на неколку места и тоа во облик на алотриоморфни зрна чија големина е помала од 1мм.

Врз база на претходно кажаното можеме да заклучиме дека станува збор за слабо метаморфна карпа од редот на гранитогнајсевите која се одликува со јасно изразена тракаста текстура добиена од ориентационата поставеност на лискуните.

Проба Бр.5

Макроскопски карактеристики: Примерокот е со слични

макроскопски карактеристики како и претходниот, со таа разлика што лискунските минерали во истиот се појавуваат во поголеми зрна.

*Структура:*Лепидобластично-порфиробластична *Текстура:*Тркаста - Набрана

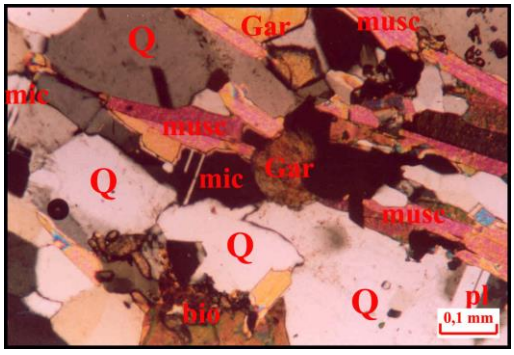
Микроскопски карактеристики: Според степенот на застапеноста се утврдени следните минерали: кварц, микроклин, мусковит, гранат, биотит и плагиоклас.

Кварцот ја чини основната маса во препаратот. Претставен е со крупни алотриоморфни зрна и во облик на поситни нешто по правилни форми. Кај крупните порфиробластични зрна на кварц, се појавува запчесто срастување. Истиот претставува основен материјал за издвојување на траките со лискун. Карактеристично за него е тоа што ги нема или се сосема незначително застапени вклопувањата на лискун.

Микроклинот е доста застапен и тоа во прилично големи кристални форми. Големината на истиот не ја преминува границата од 2мм. Најчесто неговите порфиробласти се сместени во заедница со кварцот давајќи основа за порфиробластична структура. Зрната му се исклучително алотриоморфни, со јасна воочливост добиена од неговата решеткаста градба. Најзначајно за истиот е појавата на близнаци.

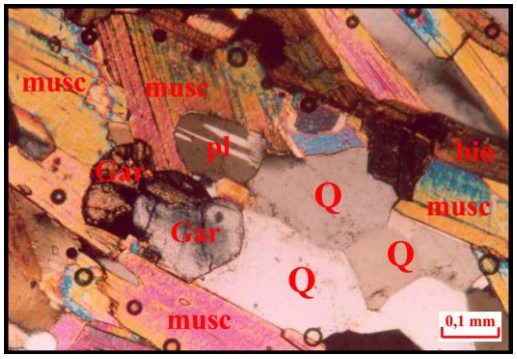
Појавата на мусковитот е иста како и во претходниот примерок. Јасна ориентациона насоченост и скоро идиоморфни облици на кристалите е нивна најзначајна карактеристика. Детектирањето на мусковитот надвор од овие зони е крајно ретка појава. Одредени мали вклопувања на мусковит се забележуваат во некои помали зрна на кварц и микроклин, кои не претставуваат некоја позначителна масовна појава како во некои од претходните примероци.

Гранатот во одредена мера се појавува во убави геометриски форми, но најчесто е испукан и во основа механички распаднат. Неговата локализација е најчесто во деловите со лискунска концентрација, но за одбележување е тоа што се појавува и на останатите делови во препаратот каде е физички по компактен, но доста по редок.



Q - *kvarc*
musc - мусковит
Gar - гранат
bio - биотит
pl - плагиоклас
mic - микроклин

Сл.7. Проба 5, (XN зголемување 6.3)



Q - *kvarc*
Musc- мусковит
Gar - гранат
pl - plagioklas

Сл.8. Проба 6, (XN зголемување 6.3)

Биотитот е локализиран нешто слично како и во претходниот преперат најчесто во зоните со мусковит каде се појавува во форма на алотриоморфни зрна. Во споредба со мусковитот, неговата ориентациона зависност е послабо изразена.

Плагиокласот е најмалку застапен. Тој практично и е константен по содржина во споредба со останатите минерали во претходните препарати. Има алотриоморфна форма и доста воедначени минерални индивидуи. Не се среќаваат форми на близнење како во некои од претходните примероци.

Со оглед на овие податоци, може да се заклучи дека станува збор за типична гранитогнајсна карпа со доминантна присутност на кварц и микроклин.

Проба Бр.6

Макроскопски карактеристики: Оваа карпа се одликува со тоа што во истата не може да се забележат лушпести минерали како кај претходните примероци, а апсолутно е доминантна застапеноста на крупните кристалести минерали во одредени зони. По боја е сивкасто бела.

Структура: Порфиробластична
Текстура: Тракаста

Микроскопски карактеристики: Детектирани се следниве минерали: кварц, микроклин, мусковит, биотит, плагиоклас.

Кварцот се појавува во различни големини, најчесто алотиоморфни форми кај поголемите кристали, кои во споредба со оние на микроклинот се нешто помали. Вклопувањата од лискуни се отсутни поради многу слабата застапеност на истите во препаратот.

Што се однесува до микроклинот, истиот е застапен во облик на алотриоморфни зрна со големи димензии кои имат битна улога при дефинирањето на структурата. Иако во нешто помала мера е застапен во споредба со кварцот, на прв поглед во препаратот се најјасно воочуваат зрната од истиот поради огромните фенокристали кои се застапени во значителна мера. Всушност овдека е и најзастапен во споредба со претходните препарати. Големината на минералните индивидуи на повеке места ја поминува грницата од 2мм. Во споредба со кристалите на кварц ваквите зрна се значително поголеми.

Мусковитот се појавува во правилни идиоморфни форми со црвенишкаво-плави бои од втор ред. Истиот е распореден во правците на насочена ориентација, додека надвор од тоа не се забележуваат особени концентрации.

Гранатот е локализиран најчесто во местата со лискунска концентрација и тоа како физички доста распаднат. Монолитни и правилни форми на појавување од истиот се забележуваат поретко и тоа во околните зони на претходно споменатата лискунско-гранатска асоцијација.

Биотитот е застапен во многу мала концентрација и тоа исклучително во рамките на групациата со мусковитот. По форма е алотриоморфен, а се појавува доминантно во облик чиј пресек е паралелен со рамнината (010).

Плагиокласот е исто така застапен. Негова главна карактеристика во овој препарат е тоа што се јавува во досега нај крупни зрна. Истите се лоцирани на крајните делови од петрогената маса, при што во нив се забележуваат повеќе ситни вклопувања од мусковит.

Од досега анализираните, овој препарат се одликува со нај изразита порфиробластична структура во која се забележуваат огромни кристали на повеке минерали а е јасно воочливо намаленото присуство на лискун. Што се однесува до појавата на пукнатини, овдека тие отсуствуваат.

Проба Бр.7

Макроскопски карактеристики: Внимателно анализирајки го парчето од карпата, може да се забележи значителна концентрација на темни лушпести минерали со различна колемина кои имаат неусогласени правци на нивна насоченост. Примерокот е со светло сива боја и појава на посветли дамки од групирани кристали со стаклеста сјајност.

Структура: Порфиробластична
Текстура: Тракаста до благо набрана

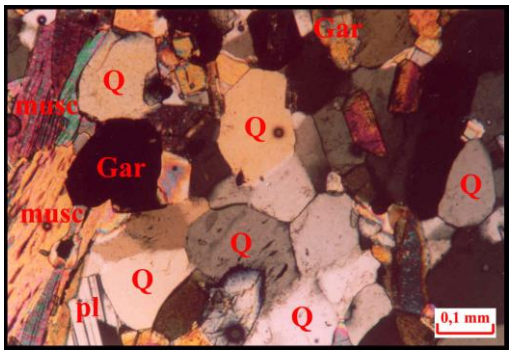
Микроскопски карактеристики: Според редоследот на нивната застапеност утврдено е присуство на следниве минерали: кварц, микроклин, мусковит, гранат, биотит, плагиоклас.

Кварцот се појавува како основна маса во препаратот. Појавата на истиот во покрупни форми е пропратена со неправилно-запчесто поврзување на меѓусебните кристали, особено оние во деловите каде е покрупен. Ваквите џиновски кристали на кварц не ја поминуваат границата од 2мм, со што во најголем дел се со големина помала од истата. Појавата на вклопени минерални зрна на лискуни во истите е присутна, но во не така изразена концентрација. Во зоните каде се среќава во заедница со лискуните е многу поситен, при што овде има по правилен начин на меѓусебно поврзување.

Микроклинот е доста застапен и тоа во прилично големи кристални форми. Зрната му се исклучително алотриоморфни. Во рамките на фенокристалите на одредени места се забележуваат вклопувања од лискуни и поситни зрна на кварц.

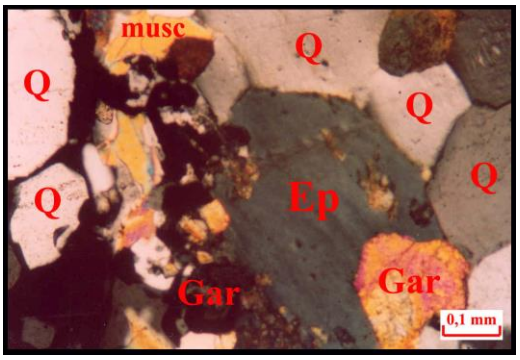
Кај мусковитот не е јасно изразена групационата насоченост во препаратот. Истиот се одликува пред се со идиоморфни до хипидеоморфни зрна. Забележителна е појава на мусковитот во кварцните зрна.

За гранатот во овој примерок може да се каже дека се појавува во досега најслаба застапеност. На повекето места се среќава како доста физички распаднат, а додека присуството на монолитни индивидуи е нешто по незначително. Биотитот е прилично слабо застапен. По форма неговите индивидуи се со неправилна форма кои се резултат на распаѓањето.



Q - *kvarc*
Musc-мусковит
Gar - гранат
pl - плагиоклас

Sl.9. Proba 7, (XN zgolemuvawe 6.3)



Q - *kvarc*
musc - мусковит
Gar - гранат
Ep - епидот

Sl.10. Proba 8, (XN zgolemuvawe 6.3)

Плагиокласот е застапен во облик на алотриоморфни зрна низ целиот препарат, но во доста мал број на индивидуи. Кај истиот е забележително вклопувањето на мусковитски зрна со мали димензии кои се неправилно распоредени во истиот, нешто слично како кај микроклинот.

Со детална анализа на препаратот може да се заклучи дека станува збор за карпа од редот на гранитогнајсевите.

Проба Бр.8

Макроскопски карактеристики: Карпата се одликува со групација на крупни кристалести минерали и црни листести минерални состојки кои во споредба со претходните карпи се поситни и помалку застапени.

Структура: Порфиробластична
Текстура: Траказта

Микроскопски карактеристики: Според редоследот на нивната застапеност присутни се следните минерали: кварц, микроклин, мусковит, гранат, биотит, плагиоклас и епидот.

Кварцот е застапен главно со алотриоморфни облици на зрната, и различна големина на истите. Се забележуваат позначителни пукнатини низ фенокристалите на кварц на неколку места. Ситнозрнестиот кварц кај кого меѓусебното поврзување е нешто поправилно е лоциран во зоните со лискунска групација. Големината на поголемите фенокристали на кварц не ја преминува границата од 2мм.

Што се однесува до микроклинот, истиот се среќава во доста големи индивидуи кои во реоните со нивна концентрација се појавува исклучително како крупнозрнест. Големината на ваквите индивидуи не така ретко е над 2мм, а додека останатите групирани кристали се нешто помали. Во истиот се забележуваат вклопувања од ситен мусковит кој неправилно лежи во микроклинската основа. Ваквата појава е поизразена пред се во покрупните зрна на микроклин.

Мусковитот е застапен релативно помалку во споредба со некои од претходните проби. Јасно забележлива е неговата концентрациона зависност од правците на насоченост во препаратот. Се појавува во идиоморфни форми и живи интерферентни бои од 2 ред. Големината на зрната е претежно воедначена.

Локализацијата на гранатот во дадениот препарат е помеѓу траките со лискуни. Големината не неговите зрна не поминува 1мм. Се појавува со облик на правилни геометриски форми, при што треба да се напомене дека истиот во поголем дел е физички доста распаднат. По боја е најчесто темен до потполно црн.

За појавата на биотитот е важно да се каже тоа што иако малку е застапен во препаратот, се појавуава во скоро идиоморфни облици со поголеми димензии. Неправилно е распореден, така да го има и во зоните со микроклинска концентрација.

Плагиокласот е сосема малку застапен. Се појавува исклучиво во алотриоморфни облици и зрна со просечна големина. Бројноста на ваквите индивидуи е мала, при што за истата може да се каже дека не ја преминува границата од 5 до 6 зрна во препаратот.

Како досега најважна констатације е појавувањето на епидотот во препаратот. Истиот се појавува во прилично крупно зрно кое е со хипидеоморфен облик и зеленишкава боја. Зрното од епидот е опкружено со кварцната основа, а во негова придружба се јавува и гранатот кој е доста распаднат.

Како битна забелешка во овој препарат покрај појавувањето на епидотот е и големата испуканост на карпата, која во препаратот е јасно воочлива. Ваквите пукнатини се појавуваат најчесто во правците на траказта насоченост на лискуните, како и попречно на нив. Како резултат на ова испитуваниот примерок се дефинира како гранитогнајсна карпа со нагласена физичка деградираност на истата.

Проба Бр.9

Макроскопски карактеристики: Карпата е со нешто потемно сива боја во споредба со претходните примероци. Низ неа се забележува присуство на поголем број на лушпести темни минерали, кои

групирано формират тенки усмерени траки низ примерокот.

Структура: Лепидобластично-Порфиробластична *Текстура:* Тракаста

Микроскопски карактеристики: Според редоследот на нивната застапеност се забележуваат следните минерали: кварц, мусковит, микроклин, гранат, биотит, плагиоклас.

Кварцот е најзастапен минерал во препаратот, но со нешто помала доминација над останатите минерали споредувајки го со некои претходни примероци. Истиот се среќава како алотриоморфен, со различна големина на фенокристалите. Крупните минерални индивидуи кои се групирани во одредени зони во препаратот се во просек помали од оние кај микроклинот. Ваквите групации на кварц се појавуваат помеѓу траките со лискун. И овдека поврзувањето на кварцот кај поголемите зрна е запчесто, а додека кај оние помалите истото е нешто по правилно.

Мусковитот е малку повеке застапен од микроклинот. Тој најчесто има правилна до хипидеоморфна форма на зрната. Се среќава како вклопен во микроклинот и кварцот каде лежи неправилно во овие зрна. Доста важна одлика во овој како и во претходните препарати е неговата линиска групираност при што е во речиси константна придружба со гранатот и биотитот. Појавата на мусковит надвор од овие зони е послабо изразена.

За микроклинот е доста важен фактот што тој во овој препарат се појавува во многу големи кристални форми кои најчесто се групирани. Ваквите зрна на микроклин на неколку места достигнуваат големина и преку 2мм. Истиот има исклучително алотриоморфна форма и јасно воочлива решеткаста градба.

Кај гранатите е за одбележување нивната скоро идеална градба која на неколку места се среќава. Овде индивидуите на гранат се најчесто со нешто по живи бои при што зонарната градба кај истите е јасно воочлива. Нивната застапеност во препаратот е нешто помала во споредба со претходниот примерок. Поситните зрна на гранат се потемни до тотално црни, и кај нив испуканоста е послабо изразена.

Биотитот иако малку застапен, истиот се појавува во доста крупни минерални индивидуи. Големината на зрната во просек се движи некаде околу 1мм. Лоциран е исклучиво само во зоните со мусковит. По форма неговите зрна имат од идиоморфни до алотриоморфни облици.

Плагиокласот се среќава доста малку во препаратот. Најчесто се среќава помеѓу кварцните зрна, и тоа исклучиво во алотриоморфни облици. Големината на зрната е доста воедначена при што за одбележување е неговото прилично тешко пронаоѓање поради големата количина на микроклин.

Од претходно кажаното можеме да заклучиме дека станува збор за гранитогнајсна карпа која во себе содржи прилично голема концентрација на лискун.

Проба Бр.10

Макроскопски карактеристики: Се карактеризира со сива боја и доста голема концентрација на темни лушпести минерали со различн големина.

Структура: Лепидобластично-Порфиробластична *Текстура:* Тракаста

Микроскопски карактеристики: Присутни се следниве минерали: кварц, мусковит, микроклин, гранат, биотит и плагиоклас.

Кварцот се појавува во алотриоморфни до хипидеоморфни форми при што неговите зрна се со различна големина. Поврзувањето на минералните зрна е правилно со исклучок кај некои поголеми индивидуи кај кои е запчесто. Големината на зрната достигнува и до 2мм. Уклопците на лискун се послабо изразени, и тоа само на неколку места во рамките на некои поситни зрна.

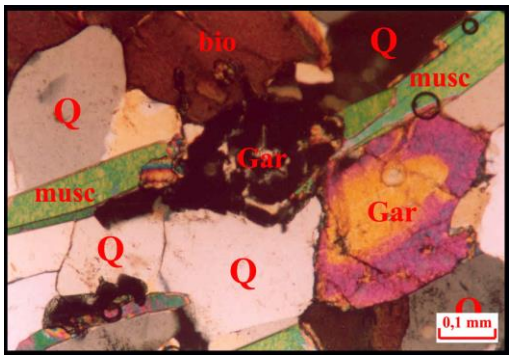
Мусковитот е доста застапен. Се јавува прилично уситнет, со јасна насочесност на минералните зрна. Тој всушност е основата за формирањето

на тракастата линија. Зрната му се прилично воедначени по големина, а истите се во најголем дел со идиоморфна до хипидеоморфна форма.

Мироклинот се одликува со појава на исклучително големи зрна чија големина достигнува и преку 2мм. По форма зрната му се исклучително алотриоморфни со појава на групна концентрација на одредени места, најчесто помеѓу траките од лискуни. Гранатот и биотитот се скоро исто застапени во препаратот. Гранатските зрна се лоцирани во најголем дел во зоните со лискун. Нераспаднати, послабо испукани зрна на гранат се забележуваат на повеке места, при што нивната боја варира до потполно црни. Појавата во правилни геометриски форми е послабо изразена, при што се забележуваат зголемен број на пукнатини низ кристалите.

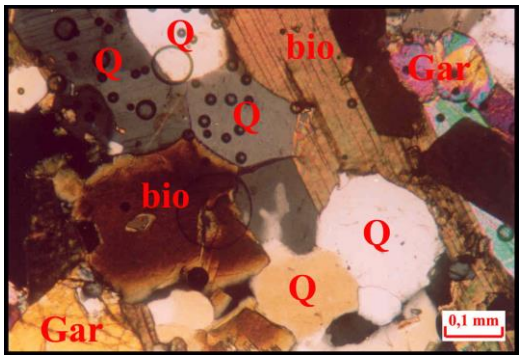
Биотитот е приближно исто застапен со гранатот во препаратот. По боја е светло зелен. Се појавува во исклучително големи индивидуи кои имат скоро иста големина. Главно е сместен во зоните со мусковитска насоченост.

Плагиокласот се појавува доста ретко во препаратот. Важна негова одлика е појавата во облик на близнаци. Зрната му се исклучително алотриоморфни.



Q - *kvarc*
musc - мусковит
Gar - гранат
bio - биотит

Сл.11. Проба 9, (XN зголемување 6.3)



Q - *kvarc*
musc - мусковит
bio - биотит

Сл.12. Проба 10, (XN зголемување 6.3)

Врз база на претходно кажаното, може да се заклучи дека станува збор за карпа од редот на гранитогнајсевите која има зголемена концентрација на лискуни во себе.

:

4.3.2 *Хемиски карактеристики*

За хемиска анализа на карпите беа земени пет проби означени како П1, П3, П5, П7, и П9 Со ваквата постапка беше испитана концентрацијата на главните и споредни компоненти, при што за главните компоненти беа добиени следниве резултати

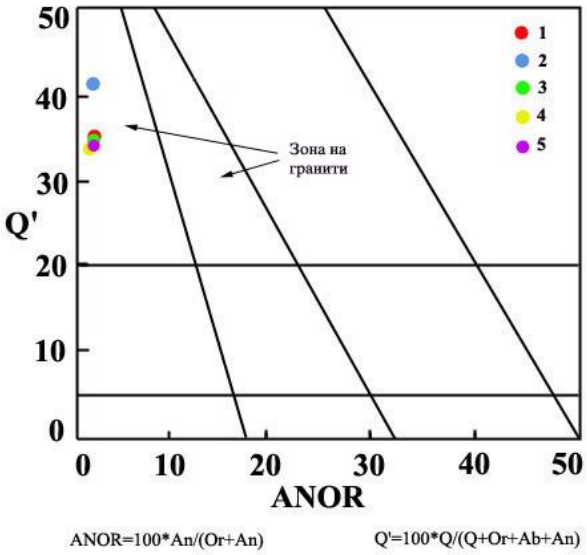
Табела. 1 - Резултати од анализата на макрокомпонентите

(%)	P1	P3	P5	P7	P9	P(AVG)
SiO2	65.85	67.44	65.95	67.41	66.94	66.718
Al2O3	13.67	13.29	13.75	13.19	13.24	13.428
CaO	4.25	3.76	3.75	3.10	3.77	3.726
MgO	0.567	0.597	0.696	0.427	0.602	0.5778
Na_2O	7.06	6.94	7.34	6.89	6.44	6.934
K2O	7.84	7.37	7.81	8.63	8.46	8.022
FeO	0.116	0.110	0.124	0.082	0.113	0.109
TiO2	0.744	0.562	0.530	0.427	0.258	0.5042
P_2O_5	0.224	0.194	0.155	0.140	0.220	0.1866
MnO	0.006	0.005	0.006	0.004	0.006	0.0054
suma	100.33	100.27	100.11	100.30	100.04	100.21

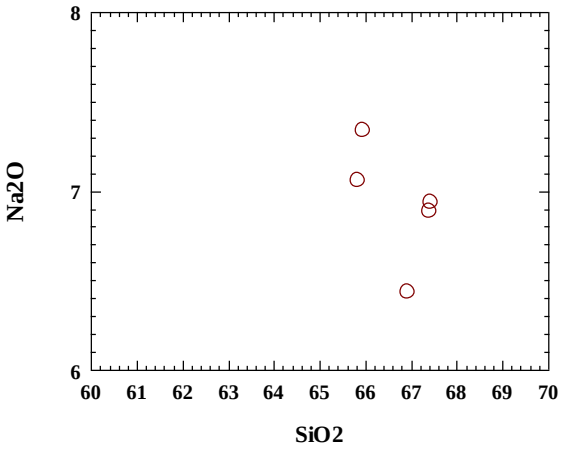
Во поглед на добиените резултати зададени во **табела 1,** може да се заклучи дека во речиси сите проби концентрацијата на калиумовата и натриумова компонента е зголемена.

За подобро прикажување на добиените резултати беа направени повеке дијаграми, како за содржината на главните, така и за елементите во трагови.

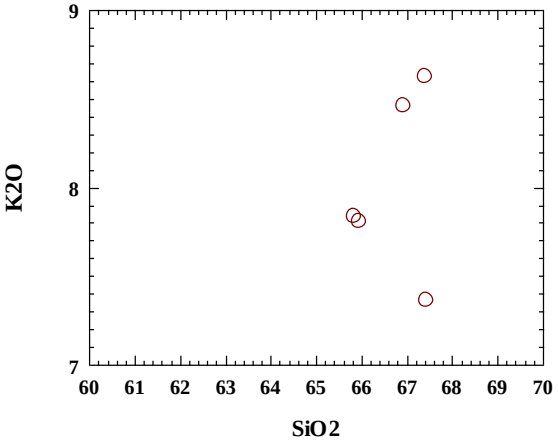
На сликата под **Бр.13** ни е прикажана положбата на точките кои ни ја претставуваат соодветната проба, а од кои јасно се гледа дека анализираните карпи се со гранитоиден состав.



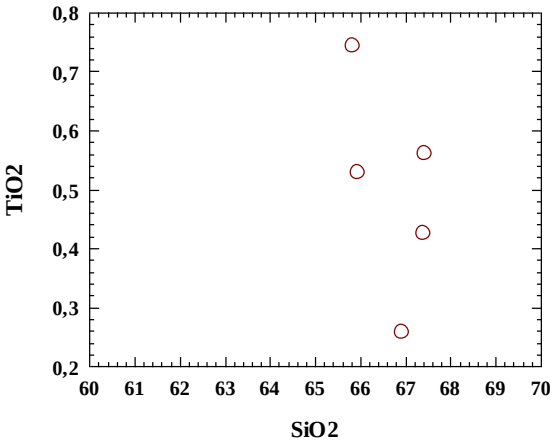
Сл. 13 - Нормативен состав од анализираните примероци добиени со **CIPW** пресметките
Класификациона шема според ***Streckeisen и Le Maitre*** *(1979)*


Na2O
8
7
6
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
SiO2

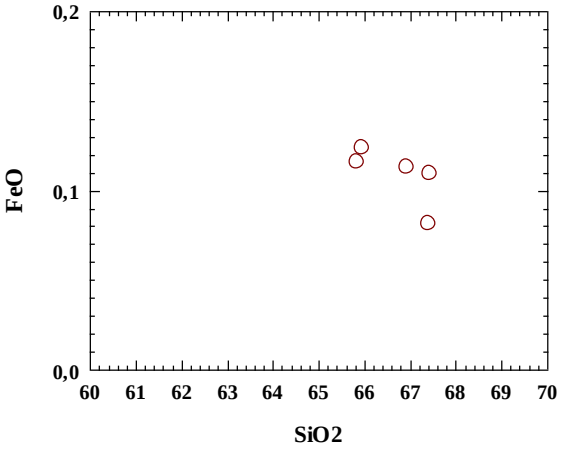
а)


K2O
9
8
7
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
SiO2

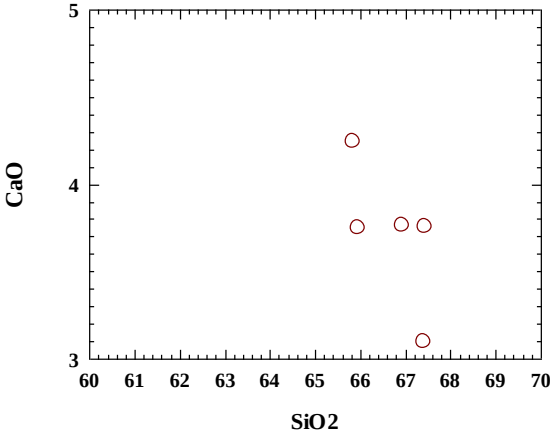
б)


TiO2
0,8
0,7
0,6
0,5
0,4
0,3
0,2
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
SiO2

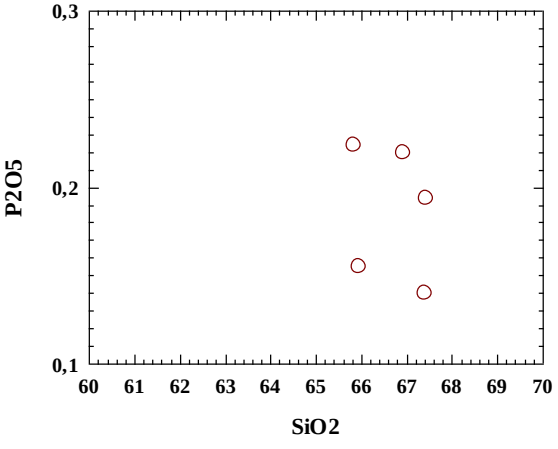
в)


FeO
0,2
0,1
0,0
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
SiO2

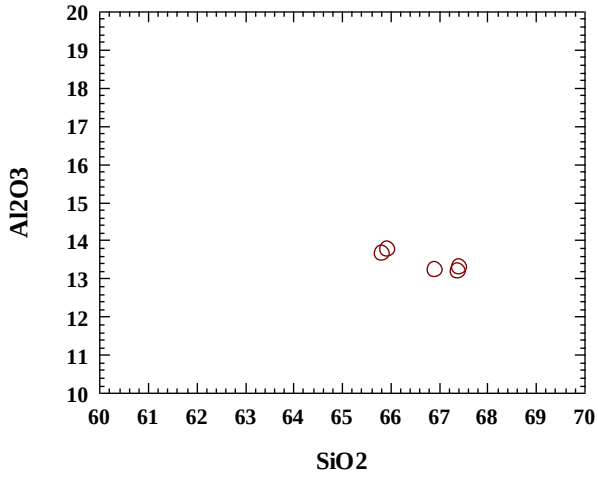
г)


CaO
5
4
3
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
SiO2

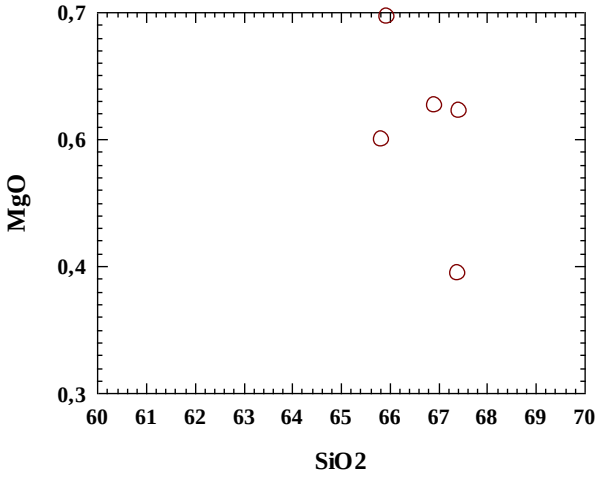
д)


P2O5
0,3
0,2
0,1
60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70
SiO2

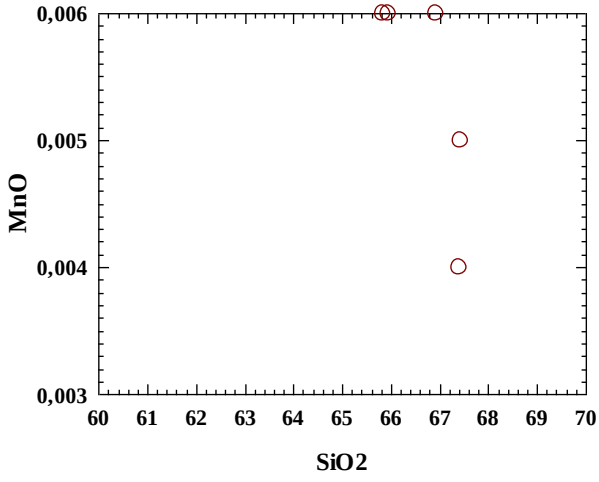
ѓ)



e)



ж)



з)

Сл. 14 - Харкерови дијаграми SiO_2 / **a)**Na_2O, **b)**K_2O, **v)**TiO_2, **g)**FeO, **d)**CaO, **|)**P_2O_5 ***e)****Al_2O_3,* ***`)****MgO,* ***z)****MnO*

Од претходно прикажаните дијаграми може да се контатира дека Al_2O_3, FeO и во помала мера P_2O_5 и Na_2O се јавуваат во доста воедначени концентрации. Најголеми осцилации во поглед на застапеноста се јавува кај TiO_2 компонентата.

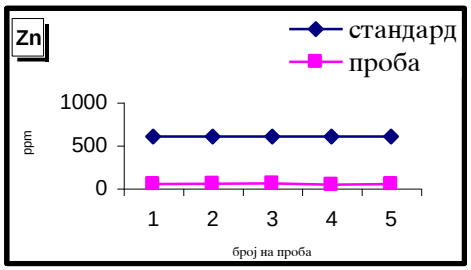
Што се однесува до анализата за застапеноста на микро елементите, беа добиени следниве резултати:

Табела. 2 - Застапеност на микрокомпонентите во соодветните проби

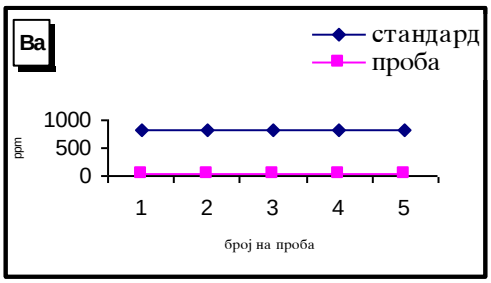
(ppm)	P1	P2	P3	P4	P5	AVG standard
Sr	205.19	184.74	214.68	209.90	202.05	300
Ba	29.836	26.149	31.789	34.852	33.011	830
Zn	48.446	52.421	56.567	39.656	47.851	600
V	80.265	64.363	64.673	50.424	75.688	40
Cu	23.478	14.385	14.450	16.213	9.491	20
Pb	18.200	14.163	18.955	19.120	17.265	20
Co	10.107	8.135	8.318	6.057	9.764	5
Cr	5.130	4.634	6.505	5.372	4.893	4.1
Ni	3.091	4.147	3.161	3.864	4.164	5
Cd	3.560	3.286	4.717	3.270	4.429	0.1
Ag	3.285	1.788	0.966	0.393	0.445	0.05
As	6.442	1.523	2.999	<1	2.374	1.5
W	21.755	11.927	15.378	11.395	14.776	1.5
Mo	17.212	8.539	3.046	13.519	18.036	1.3

Од табелата **Бр.2** е јасно воочлива зголемената концентрација на среброто во речиси сите проби кои беа земени.

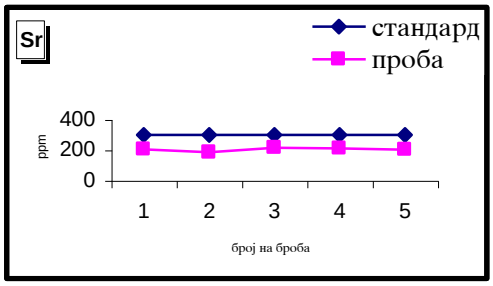
За подобро анализирање на резултатите од извршената микроанализа е направено графичко прикажување на секоја компонента посебно, со што за секоја одделно е дадена споредба со стандардните вредности на истата за соодветниот тип на карпа.



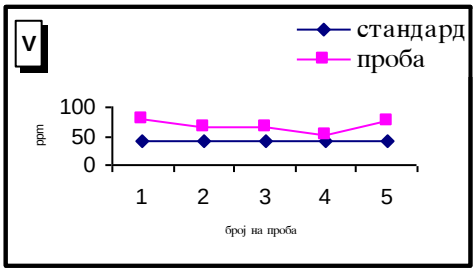
а



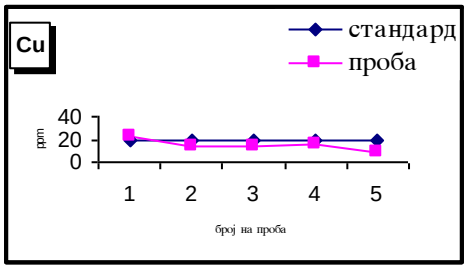
б



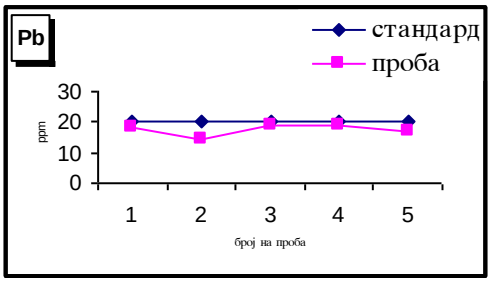
в



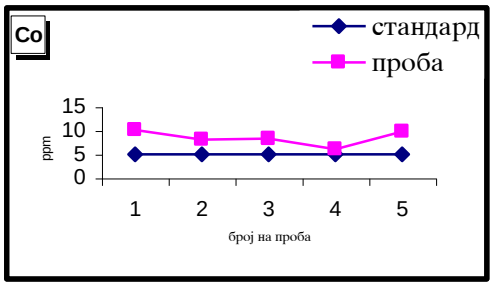
г


Cu
стандард
проба
40
20
0
ppm
1
2
3
4
5
број на проба

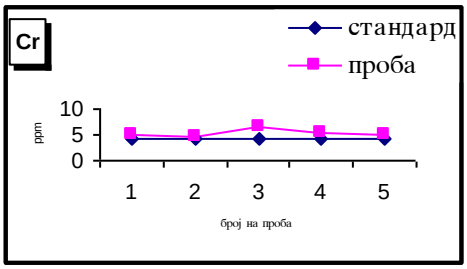
д


Pb
стандард
проба
30
20
10
0
ppm
1
2
3
4
5
број на проба

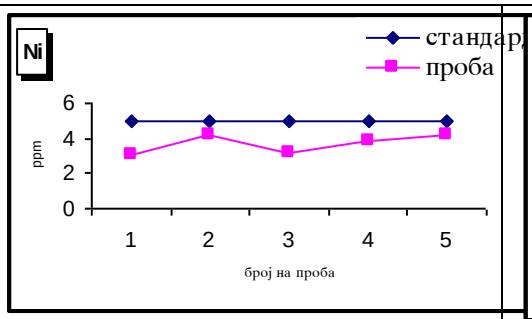
ѓ


Co
стандард
проба
15
10
5
0
ppm
1
2
3
4
5
број на проба

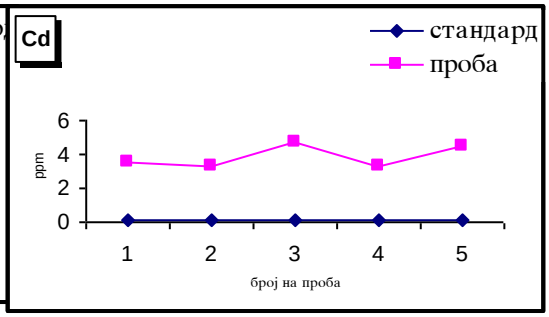
е


Cr
стандард
проба
10
5
0
ppm
1
2
3
4
5
број на проба

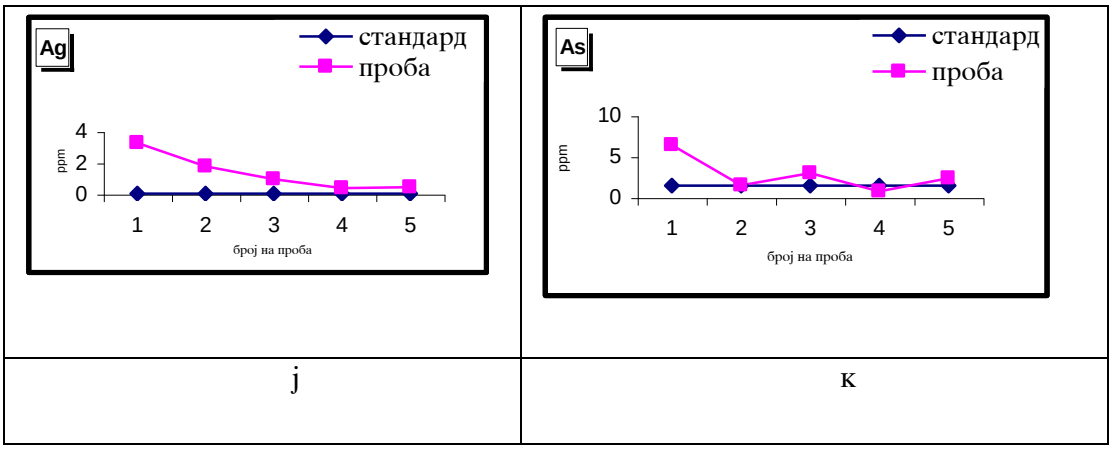
ж


Ni
стандард
проба
6
4
2
0
ppm
1
2
3
4
5
број на проба

з


Cd
стандард
проба
6
4
2
0
ppm
1
2
3
4
5
број на проба

и



j	к

Сл.16. Дијаграм на споредба за добиените резултати и стандардните вредности за *а) Zn,б) Ba, в) Sr, г)V,д) Cu, ѓ) Pb, е)Co, ж)Cr* з)Ni, и)Cd, ј)Ag, к)As

Од претходно прикажаните графици јасно е воочлива зголемената концентрација на сребро, при што кај истото се забележува скоро линеарно опаѓање на концентрацијата одејќи од првата према последната проба. Покрај тоа забележлива е и зголемената концентрација на кадмиум, како и доста малата содржина на бариум и цинк во карпите.

ЗАКЛУЧОК

Од досега изнесените прилози, анализи, табели, графички податоци, теренски испитувања, како и друг вид на информации како за наоѓалиштето вДупјачаниг, така и за карпите од овој тип во целина, може да се донесат следниве зклучоци:

Гранитогнајсните карпи од локалитетот вДупјачаниг претставуваат слабо метаморфни гранитни карпи кои по своите петрографски, физичко-механички и хемиски својства се доста блиски до гранитите од овој регион. Нивна главна одлика е тракастата текстура и порфиробластична структура кои имаат големо влијание на нивните физичко-механички својства. Во најголем дел од претходно анализираните препарати се забележителни појави на зголемена присутност на лискуните, чие поголемо присуство во карпата се смета за негативна појава. Правците на ориентациона концентрираност на лискуните во облик на траки претставуваат механички ослабена зона по која карпата има помала тврдина. Во карпите покрај кварцот во голема количина на неколку места се среќава и микроклинот, кој доминира со своите доста крупни зрна во зоните помеѓу траките од лискун. Иако детектирана, појавата на пукнатини низ примероците не беше забележана во толкава мера да истата генерално влијае на квалитетот на самата карпа.

Во петрографските примероци од наоѓалиштето беа детектирани следниве минерали: *Кварц, Микроклин, Мусковит, Гранат, Биотит, Плагиоклас, Епидот, Циркон.*

Овдека е важно да напоменеме дека појавата на цирконот во препаратот беше детектирана на неколку места во биотитските зрна, но поради многу малите индивидуи кои наместа доста тешко се воочливи, не беше претходно споменат и дефиниран во петрографските препарати.

Од извршената хемиска анализа е нај впечатлива зголемената концентрација на среброто и неговото скоро линеарно опаѓање вдолж направениот истражен профил. Истото е најверојатно сместено во рамките на лискунските минерали.

Како значителна одлика на оваа карпа е нејзината хемиска инертност која беше јасно воочлива при нејзиното разложување во лабораториски услови. Појавата на жолти дамки на одредени места на површината кај испитуваните карпи, не ја става претходната забелешка во сенка бидејќи истите пратставуваат резултат на распад на одредени лискунски минерали и формирање на секундарен лимонит под дејството на атмосверските влијанија.

Раседнатоста и испуканоста кај наоѓалиштето не е изразена, што го чини истото да може да биде користено за масовна експлоатација.

Од досега дадените забелешки и претходно споменати сознанија за гранитогнајсните карпи во ова наоѓалиште, може да заклучиме дека истите се со доста висок квалитет кој е за нешто помал од оној кај матичните гранитни карпи. Итите се погодни за вертикални и пред се хоризонтални архитектонски обложувања, како за внатрешно така и за надворешно градежно и пред се декоративно разубавување на просторот.

ЛИТЕРАТУРА

Deer W.A., Howite, R.A. and Zussman., 1986: Rock-formating minerals, disilicates and ring silicates London

Baric, Lj., tajper, M., 1967: Mikrofiziografija petrogenih minerala Zagreb

Christofides, G., Soldatos, T., Koroneos, A., 1990; Geohemistry and Evolution of the Fanos Granite, N Greece (Department of Mineralogy-petrology-Economic Geology, University of Thesssaloniki, Greece

Боев, Б., Стојанов, Р., 1994: ПетрографијаРударско-Геолошки факултет-Штип

Стојанов, Р., Боев,Б., 1996: Петрологија на метаморфни карпи Рударско-Геолошки факултет Штип.

Streckeisen, A. & Le Maitre, R.W. 1979. A chemical approximation to the modal QAPF classification of the igneous rocks. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Abhandlungen,* 136, 169-206

МИНЕРАЛОШКО-ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТАЛКОТ ОД НАОЃАЛИШТЕТО РЖАНОВО

Т. Шијакова*, В. Панева*, Г. Богоева- Гацева, И. Донова*****

* Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет "Гоце Делчев"-Штип,
** Технолошко-металуршки факултет, Универзитет "Sv. Кирил и Методиј"-Скопје
*** Природно-математички факултет, Универзитет "Sv. Кирил и Методиј"-Скопје

Апстракт: Во овој турд се презентирани минералошко-хемиските карактеристики на талкот од Ржаново. Испитувањата се направени во лабараториите на Факултетот за рударство, геологија и политехника, Технолошко-металуршкот факултет, Природно-математичкиот факултет како и во лабораториите на Бугарската академија на наука во Софија.
Хемискиот состав е одреден со AES-ICP. Термогравиметриската (TGA) односно диференцијално-термичката анализа (DTA) е направена на инструментот Perkin-Elmer Diamond TGA/DTA, со користење на 10 mg прашкаста супстанца, при бризна на снимање од 10 °C/min, во средина на инертен гас (азот), во температурното подрачје од 25°C до 1100°C.
Рентгенограмите се снимени на прашкасти примероци со дифрактометар Bruker D8 со Cu Kα зрачење и SolX детектор. мерењето е вршено за 2θ od 5 до 95˚ на секои 0.04˚.
Резултатите кои ги добивме потврдија дека се работи за талк кај кој содржината на никел се движи во граници од 1.3-3.1% односно претставува никлоносна фаза во рамките на рудата од рудното наоѓалиште Ржаново.

Клучни зборови: Ржаново, талк, термогравиметриска, диференцијално термичка, рендгенско дифракциона анализа.

Вовед

Наоѓалиштето Ржаново е откриено во 1952 година од страна на Т.Иванов. Спаѓа во групата на преталожени железно никелови лежишта. Настанато е со распаѓање на ултрамафитски карпи накнадно метаморфисани во услови на регионален метаморфизам. Материјалот кој учествувал во создавањето на лежиштето води потекло еден дел од кората на ултрамафитните карпи и дел од шкрилци односно глиновити седименти [7, 8].

Лежиштето е зафатено со регионален метаморфизам со високи притисоци и ниски температури. Рудниот слој во основа е изграден од неколку литолошки членови кои имат посебни минералошки и хемиски карактеристики [2, 3]:

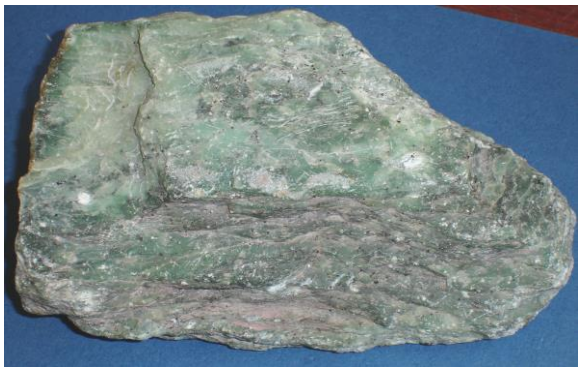
- оолитска хематитска руда
- шкрилеста хематитска руда
- компактна хематитска руда
- компактна магнетитска руда
- шкрилеста магнетитска руда
- стилпномелански шкрилци
- доломитско-талкни шкрилци
- рибекитски шкрилци
- серпентинити
- талкни шкрилци

Врз основа на претходните истражувања констатирано е дека минералната асоцијација на рудата од рудното наоѓалиште Ржаново е следната: магнетит, хематит, клинохлор, талк, сепиолит, магнезиорибекит, лизардит, доломит, флогопит, стилпномелан, кварц, албит, пирит, магхемит, пиротин, дигенит и милерит. Од сите овие минерали само пет имат континуирана присутност. Тоа се: магнетит, хематит, клинохлор, талк, магнезиорибекит [1, 4, 9].

Резултати и дискусија

Талкот кристализира моноклинично и триклинично 2/m и 1 или $\bar{1}$ просторната група е C2/c (политип $2M_1$) или P1 (политип 1A) a=5.287 Å, b=9.158 Å, c=18.95Å, β=100˚, Z=4(2M1) и a=5.291Å, b=9.460Å, c=5.290 Å, α=98.68˚, β=119.90˚, γ=85.27˚. Z=2(1A)

Структурата е двослојна изградена од слоеви на Si-O тетраедри и октаедри од катјони на магнезиум Si-Mg-Si.....Si-Mg-Si..... Има совршена цепливост по (001). Тврдина 1, густина 2.82, по боја е бледо зелен (сл. 1), има масен опип, а сјајноста е масна. Во микроскопски препарат е безбоен. Зависно од пресекот, Np 1.539-1.550, Nm 1.589-1.594, Ng-1.589-1.600. Има низок релјеф. Интерферентните бои се од трет ред. Во зависност од пресекот аголот на потемнување во однос на правците на цепливот варира од 0˚-3˚. (-) 2V 6˚-30˚.



Сл. 1. Талк од Ржаново

Хемискиот состав на талкот е одреден со AES-ICP, а добиените резултати се дадени во табела бр. 1. Од добиените податоци може да се види дека содржината на Ni се движи од 1.3-3.1%

Табела 1. Хемиски состав на талк од Ржаново.

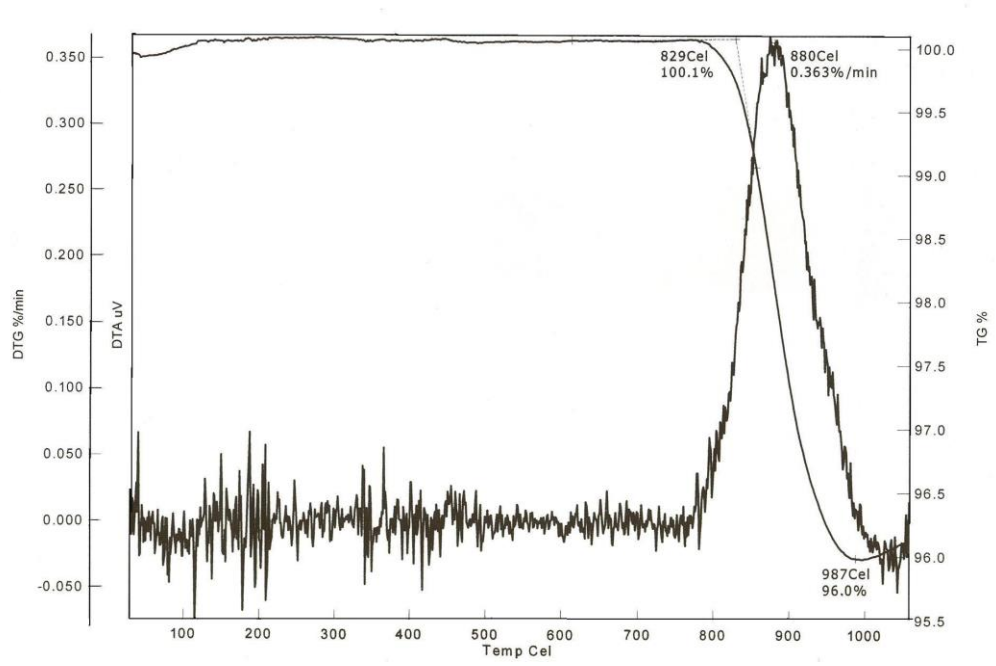
	ТАЛК		
	%		
	1	2	3
SiO_2	60.1	60.6	59.6
MgO	30,7	30.3	23.9
Al2O3	0,04	0.1	0.1
FeO	3,5	2.4	7.3
NiO	1.3	1.6	3.0
H_2O	4.3	4.5	4.1
Вкупно	99.94	99.5	99.3
	Збир на јони за основа од 24 (O)		
Si	7.8	7.9	8.04
Al	0.01	0.02	0.01
Mg	5.8	5.8	4.8
Fe	0.4	0.3	0.8
Ni	0.1	0.2	0.3
H_2O	3.6	3.9	3.9
	mg/kg		
Ca	99,1	94.4	98.9

Sr	1,5	1.7	1.3
Ba	7,5	7.8	7.6
Mn	954,4	942.5	963.3
Ti	5,4	5.1	5.9
P	<5	<5	<5
Cr	252,0	250.2	258.4
Zn	35,0	36.1	35.2
Cu	4,6	4.2	4.4
Pb	10,4	10.8	10.6
Cd	6,3	6.1	6.8
Co	66,2	65.8	64.7
As	212,6	203.1	206.4
Ag	0,6	0.4	0.6
V	5,2	5.6	5.1
Mo	<5	<5	<5

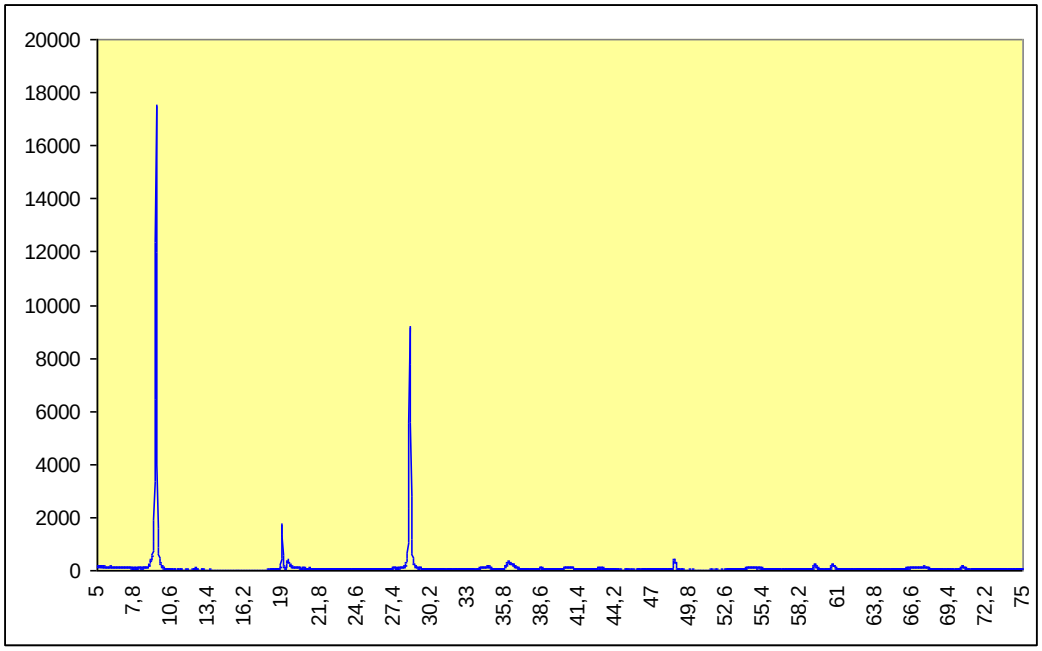
1. $(Si_{7.8}Al_{0.01}Fe_{0.19})_{8.01}$ $(Mg_{5.8}, Fe_{0.11}, Ni_{0.1})_{6..01}$ O_{20} $(OH)_4$
2. $(Si_{7.9}Al_{0.02}Fe_{008})_{8.00}$ $(Mg_{5.8}, Fe_{0.12}, Ni_{0.2})_{6.1.2}$ O_{20} $(OH)_4$
3. $(Si_{8.0}Al_{001.})_{8.01}$ $(Mg_{4.8}, Fe_{0.8}, Ni_{0.3})_{5..9}$ $O_{20}(OH)_4$

На слика 2 се прикажани TGA и DTG-кривите на талкот од Ржаново.

Термичката деструкција резултира во вкупна загуба на маса од околу 4%. Максималната брзина е достигната при 871-880 °C и изнесува 0,041 %/°C. До температура од околу 800°C не се регистрирани загуби во маса на примерокот.



Сл.2. Термогравиметриска (TGA) и соодветна DTG-крива на талкот снимени во инертна средина при брзина на загревање од 10 K/min



Сл.3. Рендгенограм на талк од Ржаново

На слика 3 е даден рендгенограмот на талкот од Ржаново. На сликата јасно се гледаат трите пика кои се карактеристични за талк (табела 2) и кои се во согласност со светски признатите JCPDS стандарди.

Табела 2. Вредности за 2 θ и d определени од рендгенограмот на талкот

2 θ	9.43	18.96	28.60
d	9.36	4.64	3.11

Заклучок

Врз основа на добиените резултати од извршените испитувања може да се констатира следното.

Талкот од рудното наоѓалиштте Ржаново е релативно обогатен со никел. Содржината на NiO се движи од 1.3- 3.0% Мал дел од силициумот е заменет со алуминиум. Дел од магнезиумот во октаедарската положба е заменет со железо и никел.

Резултатите добиени со термогравиметриската анализа на прашкастата супстанца во даденото температурно подрачје покажаа дека во инертна средина, термичката деструкција резултира во вкупна загуба на маса од околу 4%, при што максималната брзина е достигната при 871-880 °C и изнесува 0,041 %/°C. До температура од околу 800°C не се регистрирани загуби во маса на примерокот. Термалната декомпозиција на талкот резултира со формирање на клиноенстатит и кристобалит.

На талкот се направени и рендгенски снимања Добиените вредности се во согласност со светски признатите JCPDS стандарди.

Според испитувањата на Б.Боев [1],[2],[6]. во рудата од рудното наоѓалиште Ржаново талкот е застапен околу 22.90%.

Литература:

Боев, Б., 1982: Метаморфизам на рудната серија Ржаново-Студена вода маг. теза., Рударско-геолошки факултет Белград, 93 стр.

Boev, B., Stojanov, R., 1985: Metamor phisam of Ni-Fe ores from Rzanovo-Studena voda and the Zone Almopias, Geologica Macedonica, T.1.

Боев, Б., Серафимовски, Т., 1992: Состав на некои од главните минерални фази во продуктите од предредукцијата на никлоносните руди од наогалистето Ржаново-Македонија 24 Советување на рударите и металурзите, Бор, 1992.

Боев, Б.,Лепиткова, С., 1994; Квантитативна минералошка анализа на руда од железно-никлоносното наоѓалиШте Ржаново, 24 Октомвриско советување, Бор.

Boev, B., Serafimovski, T., 1995:Metalogenetic features of the Fe-Ni lateritic deposits in the Vardar zone, Republic of Macedonia Second National Simposium" Metalogeny of Bulgaria' Sofija, 1995.

Боев, Б., Јанкович, С., 1996: Наоѓалишта на никел и никлоносно железо во Вардарската зона со посебен осврт на рудната серија Ржаново-Студена вода

Иванов, Т., 1960: Никлоносно - железна руда на планини Кожуф код села Ржаново, Трудови на Геолошки завод Скопје, св. 7.

Иванов, Т., 1962: Никлоносна руда железа Ржаново на планини Кожуф Македонија, Зб. рад. II Конгрес. геол. Југ., 2. 249-264, Будва

Maksimovic, Z., Panto, Gy., 1982 b; The main nickel-bearing phases in magnesioribeckite. Bull. Akad. Serbe sci. Arts, 82, 23, 77-96, Belgrade

ГЕОФИЗИКА

АРХЕОГЕОФИЗИКА, МОЖНОСТИ И ПРИМЕНА ВО АРХЕОЛОГИЈАТА

Новица Столиќ
ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје, ул. Црвена скопска општина бб, Скопје, тел/факс: +389 (2) 3221 118, e-mail: geologing@geologing.com.mk, www. geologing.com.mk

Апстракт

Овој труд претставува обид, нашата стручната јавност која се занимава со археолошката и геолошката проблематика, да се запознае со можностите на археогеофизичките испитувања, за брзо, ефтино, ефикасно и недеструктивно откривање и проспекција на покриените археолошки градби, за одредување на степенот на оштетеноста на површинските археолошки градби (ѕидови, столбови во цркви, манастири и др.), кои се битни за планирање на нивната заштита и натамошна конзервација. Прикажани се теориски постапки на класични и современи геофизички методи и дел од можностите за примена во археолошките истражувања, со неколку практични примери од светот (Италија, Грција, Русија и Србија), како и кај нас на локалитетите Скупи и Суво Грло - Штипско. Покакажано е дека, со правилен избор на геофизичките методолошки постапки, може да се добие голем број на драгоцени информации за одреден археолошки проблем.

Клучни зборови: археогеофизика, археологија, метода, испитување, ископување

ВОВЕД

Геофизика е физика на Земјата, односно наука која се занимава со изучување на физичките појави, состојбите и процесите сврзани со Земјата како планета или нејзините делови. Во поширок смисол, геофизиката опфаќа: метеорологија, физичка океоанографија, аерономија, физика на внатрешноста на Земјата, сеизмологија, гравиметрија, геомагнетизам, тектонофизика, геохронологија, вулканологија, глациологија и други дисциплини. Применетата геофизика се базира врз испитување на природните или вештачки создадените физички полиња, со цел за побрзо и поекономично решавање на одредени геолошки, хидрогеолошки, рударски, градежни и други проблеми, како и за откривање на објекти и предмети од човековата дејност под површината на земја.

Постојат повеќе геофизички методи како што се: гравиметриска, геомагнетна, геоелектрична, електромагнетна, сеизмичка, сеизмолошка, дупнатински каротаж, радиометриска, геотермална и др.

Примената на геофизичките методи во археологијата е од понов датум. Брзиот развој на геофизичките истражувања и испитувања, како и нивната почеста и поактивна примена во археологијата, придонесоа за создавање на нова научна дисциплина, во светот позната како археогеофизика. Во нашата земја геофизичките методи во археологијата многу ретко се применуваат, и тоа само во последните неколку години.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСПИТУВАЊА

Примената на геофизичките методи на испитувањата во археолошките истражувања се базира на фактот дека подземните археолошки објекти и предмети предизвикуваат извесни пореметувања на физичките полиња (геофизички аномалии) кои можат да се регистрираат на површина на земјата со многу прецизна мерна техника.

Изведувањето на геофизичките испитувања се состои од три етапи: теренски мерења, процесирање на податоци и интерпретација. Геофизичките мерења можат да се вршат терестички т.е. на површината на земјата, во воздух (со сателити, авиони, хеликоптери) и во вода (реки, езера, мориња). По мерењата, со примена на соодветни математички постапки и компјутерски софтверски пакети, мерените податоци и геофизичките секции се обработуваат и се интерпретираат, т.е. се преведуваат во геолошко-археолошки модели на подземјето.

Мерната техника и опрема со која се изведуваат теренските мерења е портабилна и не предизвикува никакво оштетување на археолошките објекти и предмети т.е. ги задоволува еколошките критериуми.

Во следниот текст накратко ќе се објаснат некои од најчесто користените геофизички методи, кои во археологијата можат да се применат за откривање на подземни, затрупани градби или нивни остатоци пред раскопувањата, а при тоа да не се оштетат.

Геоелектрична метода

Оваа метода е најразновидна и најбројна класична геофизичка метода. Геоелектричните методи се базираат на изучување на природните и вештачки предизвикани полиња (електрични и електромагнетни). Природните полиња можат да бидат од глобален карактер (електромагнетно поле на Земјата) и од локален карактер (поле на електрични празнења во атмосферата, поле на сопствен потенцијал и др.). Вештачките полиња се создаваат со напојување на земјата - карпестите маси со еднонасочна или наизменична струја (галвански начин на напојување), или со предизвикување на струјни токови во земјата преку индукција од магнетно поле создадено на површина на земјата (индуктивен начин на напојување).

Во археолошките истражувања најчесто се применуваат следните геоелектрични методи: геоелектрично картирање, геоелектрично сондирање и метода на предизвикана поларизација. Примената на овие методи во археологијата се засновува на разликите во електричните особини помеѓу археолошките објекти или предмети и околната средина. Така, со геоелектричните методи можат да се решат следните археолошки проблеми:

- картирање на стари ровови, канали, бунари и рударски ископи;
- проспекција и истражување на некрополи;
- истражување на остатоци од стари градови и населби (во зона на простирање на културен слој), камени ѕидови, древни костурници, подземни објекти, складишта со оружје и др.

Електромагнетна метода

Постојат повеќе типови на оваа метода, како што се VLF, TURAM, SLINGRAM, а од археолошки аспект најважна е методата георадар.

Георадар е една од најсовремените геофизички методи, која иако е скапа и има мала длабочина на испитувања, во последните години многу често се применува во светот, поради голема ефикаснот и давање прецизни информации. Методата се базира на емитирање на електромагнетни бранови преку трансмитер и нивната регистрација со приемник (антени) по рефлексија од некои подземни граници или површини. Испитувања со георадар можат да се вршат од површината на теренот и од воздух. Така, со оваа метода со вселенската програма "APOLLO" на NASA откриени се празнини на месечината длабоки до 150 м.

Поради големата ефикасност, исклучително за плитки длабини, оваа метода има широк спектар на примена во археологијата. Со неа можат да се откријат стари рударски работи (ходници, галерии), подземни простории како што се катакомби, ризници, гробници и др.

Со **георадарската томографија** (Ground Penetrating Radar - GPR) преку емисија на GPR сигнал низ објект - предмет (прозрачување) може да се определи дебелината на ѕид, цевка, столб, споменик и некои други предмети. Исто така, оваа метода дава прецизни податоци во испитувањата на степенот на оштетеноста на надземните археолошки градби.

Геомагнетна метода

Со геомагнетните методи се проучува магнетно поле на Земја и феномените кои се создаваат, како и процесите на магнетизација на карпите. Проучувањата се вршат со терестички, аеромагнетни и сателитски мерења на елементите на геомагнетното поле. Магнетни феномени се регистрираат во геомагнетни опсерватории и секуларни станици. Влијанието на Сонцето се изучува со магнетотелурски и јоносферски мерења.

Геомагнетната метода најчесто се користи во проспекција и истражување на рудни тела врз основа на магнетните особини. Во археологијата, со оваа метода може да се изврши оконтурување на објектите и предметите кои се затрупани со неврзани седименти. Предмет на истражувањата е културниот слој кој се наоѓа воглавно во квартерните седименти, а содржи предмети од човековата дејност. Најмаркантни елементи од културниот слој се остатоци од градби и други предмети за различна намена. Често пати тие се разликуваат по магнетичноста од околната средина, што овозможува успешна примена на геомагнетните методи. Предизвикувачи на поинтензивни магнетни аномалии можат да бидат: печки и огништа, керпични ѕидови, места на пожари, натрупување на керамика, т.е. сите објекти и предмети кои имаат терморемanентна магнетизација. Исто така, промените во геомагнетно поле се забележуваат над затрупани бунари, јами, раскопи, канали, кои во текот на користењето биле затрупувани со органските остатоци и со различни природно магнетични предмети. Понекогаш, со геомагнетните испитувањата е можно да се дефинира границата на културниот слој со околната средина.

Поради малите димензии и плиткото залегнување, археолошките објекти предизвикуваат мало покачување на интензивниот и значаен градиент на геомагнетните аномалии. Поради тоа, мерењата треба да се вршат во густа мрежа со точна локација на мерните точки.

Археомагнетна метода

Археомагнетната метода се базира на геомагнетни испитувања на археолошките објекти и предмети кои се одликуваат со зголемена и стабилна терморемanентна магнетизација. Целта е изучување на карактерот на геомагнетното поле и нејзините варијации, посебно на "западен од" во текот на последните неколку милениуми.

Во археомагнетните испитувања, пред се се користат керамички предмети од печена глина (вазни, садови, лонци и сл.), а во последно време доминираат тули од археолошки објекти. Од посебен значај се резултатите од испитувањата на делови од огништа и печки, кои се сочувани "insity" во времето на нивното последно користење. Така, врз основа на испитувањата на керамички предмети, може да се одреди интензитетот и евентуално инклинацијата на векторот на геомагнетното поле на местото каде предметот е испечен. Врз основа на испитувањата на испечените глиновити делови од огништата и печките, може да се одреди и деклинацијата на геомагнетното поле во време на последното печење.

Археомагнетните изучувања укажуваат на периодичноста на промената на елементите од геомагнетното поле (инклинација и деклинација), како и на тоа дека во минатото интензитетот на геомагнетното поле бил два пати поголем од сегашниот. Постои добра основа за приближно одредување на староста на археолошките ископини врз основа на "магнетната меморија" на археолошките материјали.

Гравиметриска метода

Со оваа метода се изучуваат карактеристиките на Земјиното гравитационо поле предизвикано од карпестите маси. Најчесто се мери забрзувањето на силата на земјината тежа. Основен услов за примена на гравиметриската метода е да постојат разлики во густината помеѓу археолошкиот објект - предмет и околната средина. Поради комплексноста на оваа конвенционална метода, ретко се применува во археологијата, освен микрогравиметрија. Со овој вид на метода се овозможува откривање на гробници, некрополи, катакомби, пештери, затрупани ѕидови и разрушени камења, стари рударски работи, макроструктури, мезоструктури или перструктури на пирамиди или затворени објекти и др.

Геотомографија

Оваа геофизичка метода настанала во 1970 година по примената на томографијата во медицината. Геотомографија преставува начин на реконструкција на физичките полиња на испитуваните геолошки средини врз основа на мерните податоци. Постојат три типа на геотомографија: сеизмичка, електромагнетна и геоелектрична, кои се базирани на проучување на брзините на сеизмичките бранови, електромагнетните бранови и електричната отпорност.

Хидроархеолошка метода

Оваа метода е базирана на испитувања на подводни археолошки објекти. Со овие испитувања со користење на сонарите може да се врши картирање на рељефот на морското дно, идентификација на контурите на потонати бродови, потонати објекти од стари цивилизации, предмети од керамика (амфори, ќупови), метални предмети и др.

Покрај овие најчесто користените методи, во археологијата можат да се примени и радиоактивната метода за одредување на апсолутната старост, термографската и други методи.

ПРАКТИЧНА ПРИМЕНА НА АРХЕОГЕОФИЗИКАТА ВО АРХЕОЛОШКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА

На многубројни архелошки локалитети во Италија, Франција, Грција, Германија, Велика Британија и други земји со богато културно-историско наследство, се користат сите најнови научно-технички достигнувања, вклучувајќи ги и геофизичките методи на испитувањата.

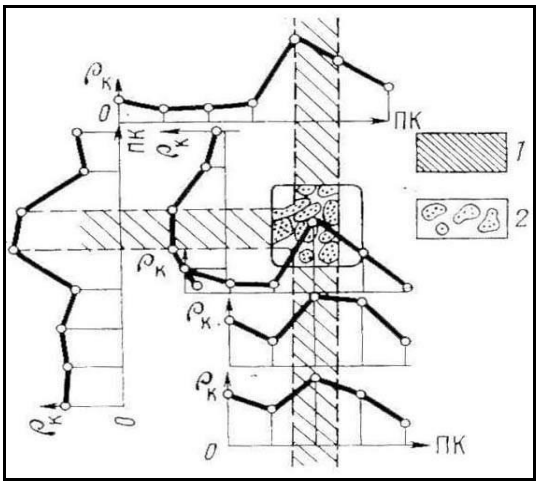
Можностите за примена на геофичките методи во археологијата се огромни. Ќе се прикаже дел од тие можности, поткрепен со повеќе примери на некои археолошки локалитети од странство и кај нас.

Затрупани камени градби

Во археолошките истражувања геофизичките методи најчесто се применуваат за откривање на ваков вид археолошки објекти или нивните остатоци, кои се изградени од неврзани цврсти карпи - камен (sидови, темели и др.). Најдобри резултати даваат геоелектричните методи геоелектрично картирање и вертикално геоелектрично сондирање во специфични геолошки услови кога камените градби се покриени со добро врзани седиментни наслаги. Тоа се поволни услови за примена на геоелектричните методи, со оглед на тоа дека се создава голем контраст на електричната отпорност помеѓу археолошките камени градби (со голема електрична отпорност) и околната средина која се карактеризира со помала електрична отпорност.

На сликата 1 е прикажано како со геоелектрично картирање се откриени камени sидови и темели врз основа на максимумот на електричната отпорност. Исто така, тие се случајно откриени при копање на еден бунар.

Со оглед на фактот што археолошките објекти од камен имаат помала магнетичност во однос на околната средина, за откривање на затрупаните подземни камени градби покрај геоелектричната метода може да се примени и геомагнетната метода. Со геомагнетните испитувања индицирани се контурите на затрупаните темели во Античката област во Крим, врз основа на негативни геомагнетни аномалии.



Легенда:1-контури на sидови врз основа на електрична отпорност, 2–дел од sидот откриен со бунар

Слика 1. Истражување на камени sидови врз основа на геоелектрично картирање (по Карасев А.Н., 1996).

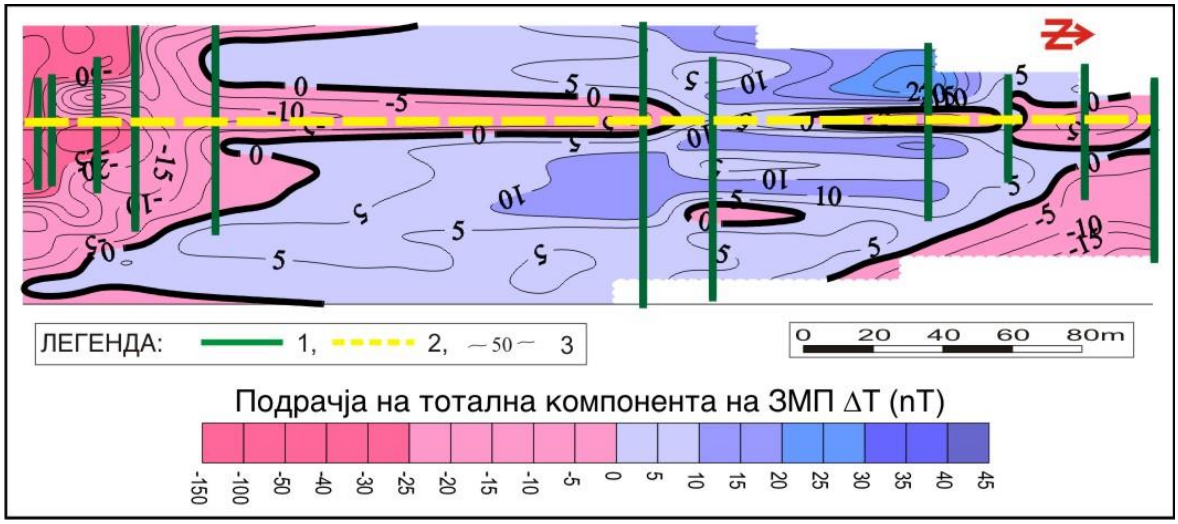
За откривање на археолошките градби најдобри резултати се добиваат со комбинација на две или повеќе методи, со што се овозможува еднозначна интерпретација и толкување на аномалиите.

Со таквата методологија (геомагнетизам и геоелектрика), на археолошкиот локалитет "Скупи" во 2000 година беа извршени археогеофизички испитувања со цел откривање на положбата на затрупаните темели.

Од сликата 2, на која е прикажана геомагнетна карта на еден дел од овој локалитет, се гледа како маркантно е

индицирана оската на темелот врз основа на негативно геомагнетни аномалии.

Во 1994 година врз основа на геофизичките испитувања е откриен, а подоцна со ископувањата е потврден археолошкиот локалитет "Суво грло". Тој се наоѓа помеѓу селата Лакавица и Суво Грло кај Штип. На овој простор во време на изведувањето на геофизичките испитувања постоеле три мали ридчиња (могили) од насипен глиновито-песокливо-чакалест материјал. Во насипот, а и околу него, се забележувале парчиња и плочи од зелени банковити еоценски песочници кои се погодни за ѕидање. Се претпоставува дека ридчињата биле направени за време на Втората светска војна, при повлекувањето на германската војска. По барање на АРМ, најголемото ридче (могила II) е детално геофизички испитано за да се индицира можното присуство на затрупани вештачки објекти и предмети, како и нивните димензии и длабочината на залегање. Ридчето има форма на купа со зарамнето плато, со височина од околу 3m и пречник од околу 20m.



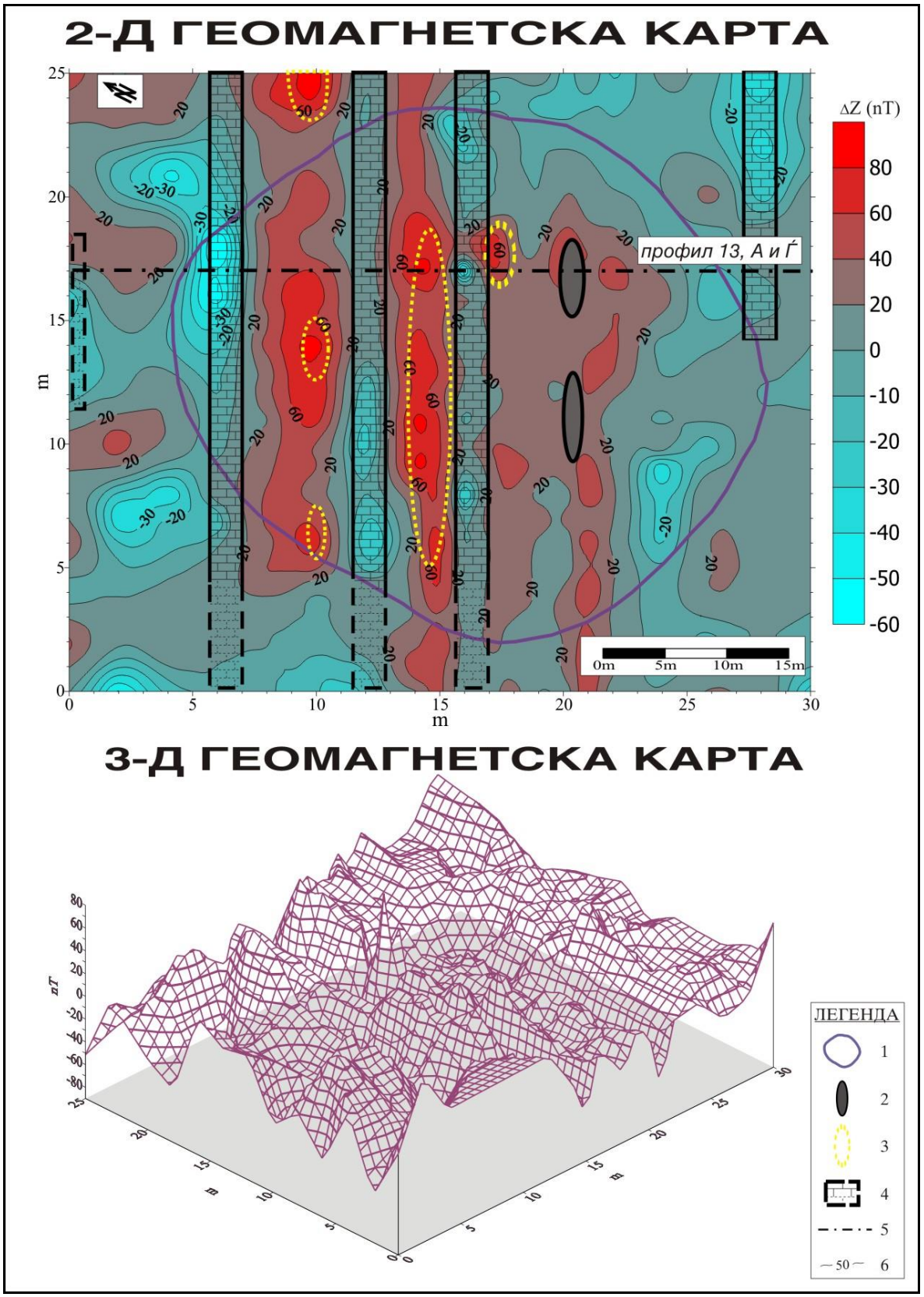
Легенда: 1-геомагнетен профил; 2-оска на темел; 3-изолинии на тотална компонента на ЗМП ΔT (nT)

Слика 2. Геомагнетна карта на дел од археолошкиот локалитет "Скупи" - Скопје (по Делипетров Т., 2000).

Применети се следните методи: геомагнетизам по мрежа 1×1m (мерење на вертикалната компонента на Земјиното магнетно поле - ЗМП), геоелектрично картирање и вертикално геоелектрично сондирање.

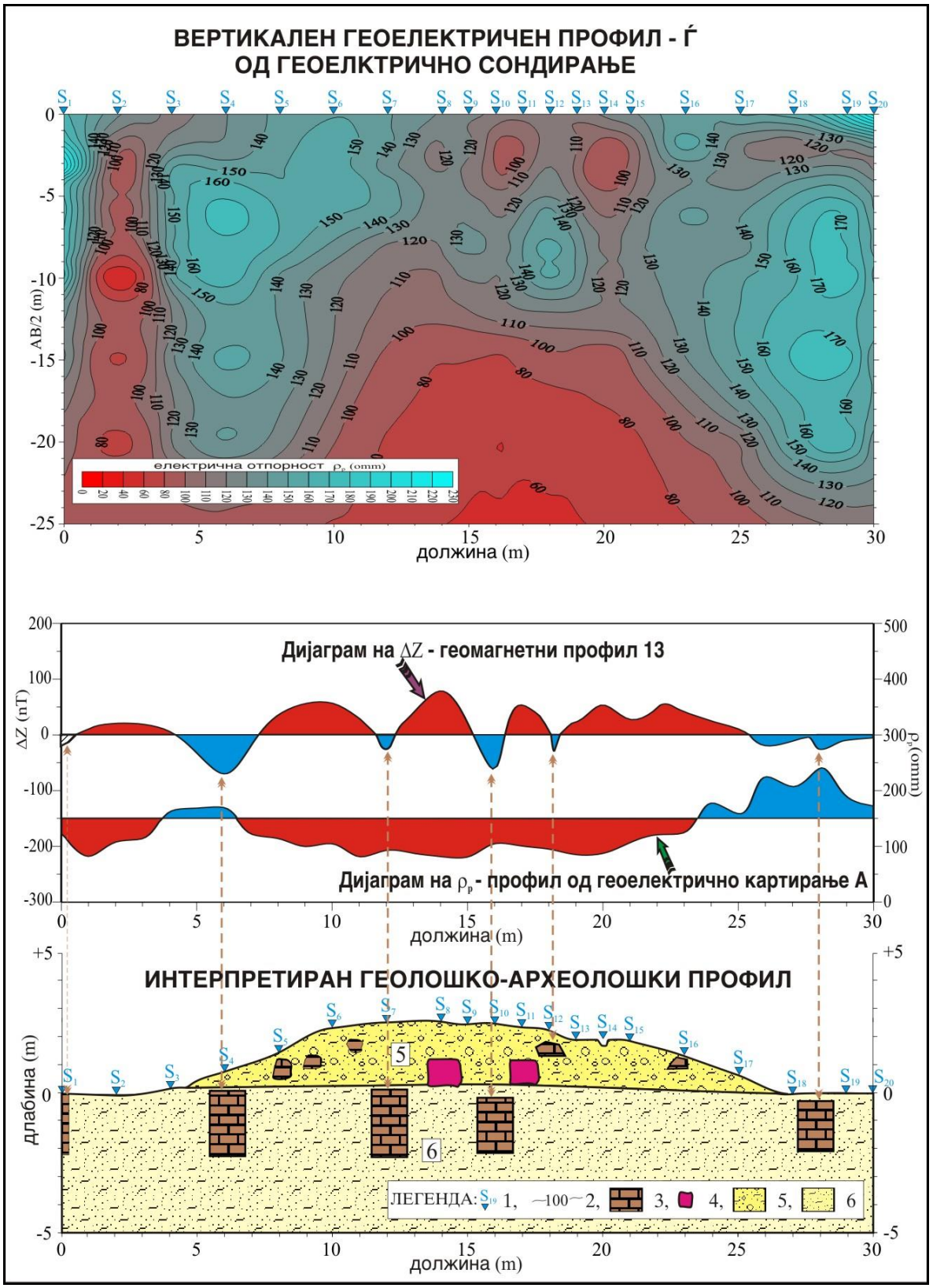
Резултатите од геомагнетските испитувања се прикажани на слика 3, со гемагнетната карта во дводимензионална и тродимензионална форма, на која е прикажан и реконструиран изгледот на земјиштето во план.

За проверка и еднозначно толкување на регистрираните геомагнетни аномалии, долж неколку профили извршено е геоелектрично картирање. За попрецизно дефинирање на затрупаните објекти и предмети во вертикален пресек, односно нивното длабинско залегање извршено е вертикално геоелектрично сондирање долж еден профил (слика 4).
Со комплексна интерпретација на резултатите од сите три методи, на пет места се констатирани остатоците од темелите и ѕидовите, врз основа на маркантни негативни геомагнетни аномалии и зголемена електрична отпорност. Позитивните геомагнетни аномалии, кои се поклопуваат со помала отпорност, укажуваат на затрупани предмети со присуство на метал. Слични индикации се регистрирани околу два рова во кои се наоѓаат чаури и слично. Овие резултати се потврдени со раскопувањето, при што се откриени гробови и разни предмети од археолошки значај, како што садови од керамика и стакло, сите од III-IV век и др. По овие истражувања, локалитетот "Суво грло" добил соодветен археолошки третман и на археолошката карта на Република Македонија од 1996 г. е означен како "Гробишта-Чукарки, могили од римското време" (*Санев В., Белдедовски З., 1996*).



Легенда:1 - контура на насип; 2 - ров; 3 -позитивна геомагнетна аномалија - затрупан предмет; 4 - затрупан камен темел; 5 - профили: од геомагнетизам 13 од геоелектрично картирање А и од геоелектрично содирање ѓ); 6 - изолинии на вертикалната компонента на ЗМП ΔZ во nT

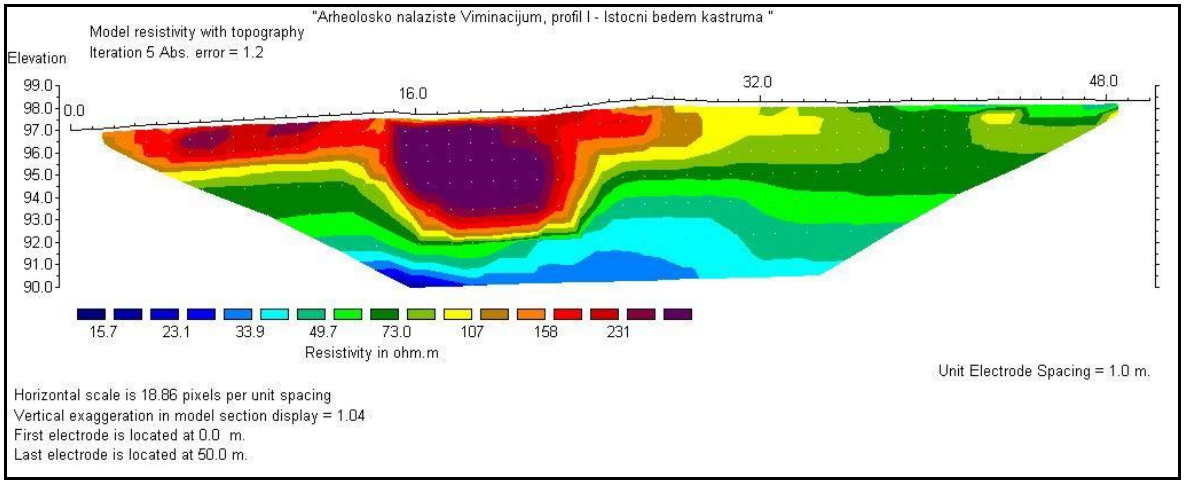
Слика 3. Дводимензионална и тродимензионална геомагнетна карта на археолошкиот локалитет "Суво грло" - Штипско (по Столиќ Н., 1994).



Легенда:1 - геоелектрична сонда; 2 - изооми во omm; 3 - затрупан камен темел; 4 - аномалиска зона-затрупан предмет; 5 - насип; 6 - глиновито-песоклива почва

Слика 4. Графички приказ на резултатите од геофизичките испитувања со методите вертикално геоелектрично сондирање, геоелектрично картирање и геомагнетизам на археолошкиот локалитет "Суво грло" - Штипско (по Столиќ Н., 1994).

На сликата 5 е прикажано како со методата геоелектрична томографија може успешно да се открие затрупан бедем и да се одредат неговите димензии, од примерот на археолошкото наоѓалиште "Виманицијум" во Србија. Бедемот од каструмот, со дебелина од околу 6m и длабина околу 4m, јасно е маркиран во средишниот затемнет дел од сликата.



Слика 5. Профил I од геоелектричната томографија, на источниот бедем на каструмот на археолошкото наоѓалиште "Виманицијум" во Р. Србија (по Вукадиновиќ М., 2001).

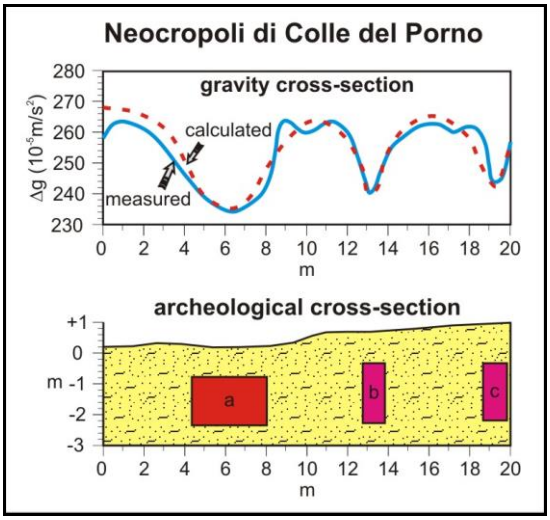
Плоштади и некрополи

За откривање на затрупани плоштади, некрополи и слични археолошки градби може да се користи: геоелектрична, гравиметриска, геомагнетна метода, електрична и сеизмичка томографија, сеизмичките методи, како и најновата електромагнетна метода георадар.

Така, со методата георадар, со моностатичка антена со фреквенција од 500Mhz, е откриен дел од плоштадот на катедралата во градот Сиена во Италија. Аномалијата предизвикана од делот од плоштадот е регистрирана на длабочина од 1÷1,2m.

На гробиштата во Monte Abbagone, со геоелектрично картирање се откриени еднокоморни гробови, кои биле затрупани во туфовите, врз основа на зголемена електрична отпорност.

Со примена на гравиметриската метода, со постапката микрогравиметрија, се откриени затрупани некрополи на археолошкиот локалитет Montelibreti во близина на Рим Италија. На сликата 6 е прикажан дијаграм на мерените и пресметаните вредности на Δg над теренот со затрупаната гробница и два поединечна гроба. Во долниот дел од сликата е прикажан интерпретираниот археолошки пресек на теренот, каде густината на околната средина изнесува 1.750 kg/m^3.



Легенда: a - гробница, b и c - гробови

Слика 6. Дијаграми на Δg и археолошки пресек на Некрополата Sabina di Colle del Forno (по Michele di Filippo и Beniamino Toro, 1992).

Магацини со оружје, муниција и др.

За откривање на овие археолошки објекти и предмети, најпогодна е геомагнетната метода, поради нивната зголемена магнетичност. Како алтернатива, или во комбинација со неа, може да се примени геоелектричната метода предизвикана поларизација, а во поново време геотомографија и георадар.

Ровови, подземни ходници, бунари, рударски ископи

Овие затрупани подземни градби најдобро можат да се откријат со методата геоелектрично картирање.

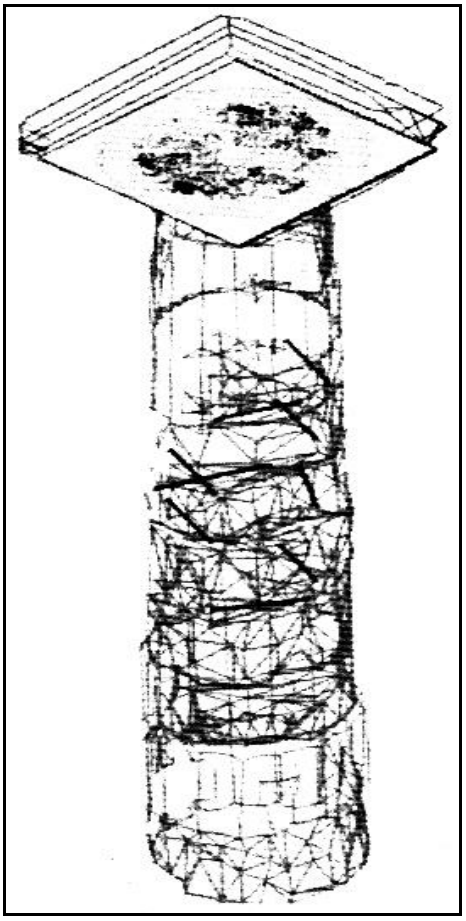
Во градот Гнатиа во Русија, подземните ходници кои беа изградени во туфовите на длабочина од 3m се откриени со геоелектричната метода геоелектрично картирање во аномалиските зони со зголемена електрична отпорност.

За откривање на положбата и големината на затрупаните канали, покрај геоелектричните методи можат да се применат и сеизмичките методи, како што е изведено на археолошкиот локалитет "King Xerxes' Canal" на полуостровот Халкидики во Грција. Во 480-та година п.н.е., персискиот крал Ксеркс при походот на Грција прокопал канал долг 2km за да се заштити од страна на р'тот Атос. Долж претпоставениот канал извршени се рефлективни и рефракциони сеизмички испитувања. Со интерпретација на двете методи реконструиран е модел на примарно ископаниот канал.

Покрај проспекцијата и откривањето на подземните археолошки градби, геофизичките методи можат да се искористат за испитување на степенот на внатрешната оштетеност на надземните објекти, што е многу битно за нивната санација и конзервација.

Така, во 1999 година на 24 столба на црквата "St. Francesco Severno" во градот Палермо Италија, врз основа на сеизмичка и електромагнетна метода GPR томографија или т.н. "недеструктивни тестирања" (НДТ) испитан е степенот на оштетеноста на столбовите кои биле изградени од мермерите од Јурската старост.

Во 2000 година, слични испитувања, но само со електромагнетната метода GPR томографија, се извршени на столбовите на храмот "Selinunte" во југозападен дел на Сицилија. Овој храм бил посветен на Хераклеа и е еден од најстарите и најголемите акрополи кои се изградени во грчкиот и римскиот стил. Изграден е во шестиот век п.н.е. од калкаренитските карпи. Во првиот век од нашата ера храмот бил целосно уништен од Картагинците или од земјотресите. Во периодот од 1925 до 1927 година, на северната страна повторно биле подигнати 13 столба. Големите оштетувања на столбовите, настанати од дожд, мраз и ветер, не можеа целосно да се санираат и во осумдесетите години, кога им е засилена структурата со вградување на челична арматура и со инјектирање на специјална смола. Затоа, во 2000 година пред санацијата и реставрацијата беа изведени обемни геофизички испитувања за да се идентифицират правците, приближните димензии и положбата на пукнатините и прслините во внатрешноста на столбовите. Пример за успешно идентификување на пукнатините е прикажан на слика 7 за столбот бр. 13, чија височина изнесува 8,6m и дијаметар во основата 1,9m.



Слика 7. Тродимензионален изглед на столбот бр. 13 на храмот "Selinunte" во Сицилија (по Cosentino A. и др., 2000).

Покрај спомнатите можности, геофизичките методи можаат да се применат и во истражувања на спелеолошки археолошки објекти, како н.п.р. во пештерите, каде со методата геоелектрично сондирање може да се определи дебелината на елувиално-делувиален нанос создаден од распаѓање на карбонатни карпести маси (варовници, доломити, мермери ...).

ЗАКЛУЧОК

Археогеофизиката има значајна улога во археолошките истражувања, на што укажува богато светско искуство, како и добиените позитивни резултати на некои наши локалитети. Со археогеофизичките испитувања, покрај другото, може да се осознае положбата и приближните димензии на подземните археолошки градби, како и степенот на внатрешната оштетеност на надземните објекти, а при тоа тие да не се оштетат. Секако, тоа не значи дека можат да ги заменат археолошките раскопувања или дека можат да се применат за решавање на било кој проблем. Нивната примена се засновува на рационално планирање и насочување на ископувањата, со што се скратува времето, финансиските средства и се избегнуваат оштетувања на објектите и предметите. Исто така, геофизичките методи се применуваат за решавање само на одредени археолошки проблеми, што пред се зависи од геолошките, геофизичките и другите услови на теренот.

Поради сложеноста на работите и за зголемување на ефикасноста, како во фазата на планирање така и при изведувањето на испитувањата, потребна е перманентна соработка помеѓу археолозите, геофизичарите, геолозите и експертите од други слични струки.

ЛИТЕРАТУРА

Cosentino A., Cosentino P., Taormina G., Terranova L.M., (2000): GPR tomografy of the structures of C Temple, Selinunte (south - western Sicilia). Proceding of the 6th Meeting of the Environmental and Enginering Geophzsical society (Europian Section), Bochum - Germany;

Cosentino P., Martorana R., Miraglia D., Sanfratelo V., Terranova L.M., (2000): Seismic and GPR tomographies on a marble column. Proceding of the 6th Meeting of the Environmental and Enginering Geophysical society (Europian Section), Bochum - Germany;

Франтов Г.С., Пинкевич А.А., (1966): Геофизика в археологии. "Недра" Ленинград;

Gruppo di autore. (1992): Bollettino di geofisica teoretica en aplicata. "Monograph on the geophysical exploration of the archeological park (Sicilia), vol DZDZDZIV, Trieste, Italia;

Gruppo di autore. (1991): Quaderni atti del seminario "Geofisica per1' archeologia", No 1, Porano Consiglio nazionale delle ricerche, Roma;

Harald von der Osten-Woldenburg., (2000): Combination of radartomography, geomagnetics and geoelektrics in archeological prospection. Proceding of the 6th Meeting of the Environmental and Enginering Geophusical society (Europian Section), Bochum - Germany;

Karastathis V.K., (1997): Papamarinopoulos St.P. The detection of King Xerxes' Canal by the use of shallow reflection and refraction seismics - Preliminary results. Geophysical prospecting No 45, page 389-401;

Столиќ Н., (1994): Извештај за геофизичките испитувања на подземните вештачки објекти и предмети на локалноста "Суво грло" - Штипско. "Геоинститут" - Скопје;

Тархов А.Г., (1980): Електроразветка. "Недра", Москва;

Тимотијевић З., Коматина С., (1998): Могућност примене геофизичких метода истраживања на археолошким локалитетима. Зборник 1 Конгрес геофизичара Југославије, Београд.

ГЕОЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ СО TERRASAS МЕТАР

[1]Марјан Делипетров, [2]Сања Пановска, [1]Тодор Делипетров

[1]Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет Гоце Делчев, 2000, Штип, Македонија, marjan.delipetrov@ugd.edu.mk
[2]Факултет за информатика, Универзитет Гоце Делчев, 2000, Штип, Македонија,

Апстракт

Во трудот е презентирана основната теорија на која се темели методат на специфичен електричен отпор. Теренските мерења се изведени со инструментот TERRASAS метар. На истражуваниот терен по извршената геолошка проспекција дефинирани се сондите (профилите на електричното сондирање). Анализата на добиените сонди укажува на аномалија на длабочина поголема од 120 метри. Имајќи предвид дека истражувањата се вршени во геолошки релативно хомогена средина (гранитна маса), падот на отпорот на средината е поврзано со раседна зона значаен носител на вода. Покасно извршените истражни дупчења дадоа потврда на геофизичките прогнози.

Клучни зборови: сондирање, профил, специфичен електричен отпор, електрода, TERRASAS метар

ВОВЕД

Геоелектричните испитувања претставуваат една од основните дисциплини во применетата геофизика. Голема примена имаат во инжињерската геологија и хидрологија, но значајно се застапени во рударството при истражување на разни минерални суровини и градежен материјал, во геотехниката за дефинирање на својствата и состојбите на работните средини но и во останатите гранки на инженерството.

Примената на геоелектричните методи е овозможена од сознанието дека минералите кои ја сочинуваат геолошката формација поседуваат различни електрични својства. Поради тоа некои геолошки тела, кога ќе се најдат во одредени природни услови можат да предизвикаат електрично поле. Поради тоа составот и геолошката градба на теренот и различните природни процеси во земјата предизвикуваат електрични аномалии кој се манифестираат и на површината на теренот. Со регистрирање на тие електрични аномалии (на површината на теренот или во подземните објекти) може да се донесе заклучок за геолошката градба во внатрешноста и да се дефинираат состојбата и својствата на формацијата (Делипетров, 2003).

Геоелектричните испитувања се изведуваат:
- на површината на Земјата,
- на езерата, реките, морињата
- во разни подземни објекти, простории
- во бушотини кој се истражуваат
- од воздух (авион, хеликоптер)
- од вселената (сателити)

МЕТОДА НА СПЕЦИФИЧЕН ЕЛЕКТРИЧЕН ОТПОР

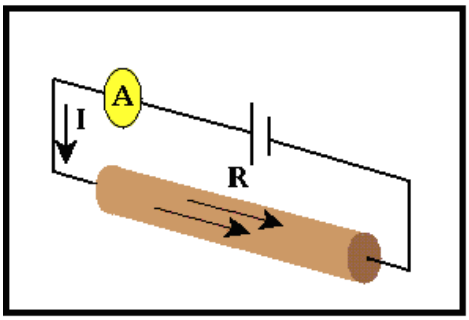
Оваа метода овозможува добивање на квантитативни електрични податоци од теренските резултати добиени со испитувањата. На тој начин, може да се пресмета просечната отпорност на подземниот простор, со што се зголемува можноста за добивање на поточни резултати од потенцијалните методи. Со промената на вистинската отпорност по длабочина, може теренската работа да се поврзе со промената на длабочината на која се однесуваат електричните податоци добиени на површината на теренот.

Оваа метода се состои во пропуштање на измерена струја низ теренот кој го истражуваме и пратење на падот на потенцијалот на струјата или некоја друга електрична величина која е поврзана со тој струен ток. Падот на потенцијалот означува присуство на рудно тело кое привидно го нарушува „хомогенитетот„ на дадената средина, што значи и детектирање на самото рудно тело.

За протекување на еднонасочна струја (сл.1) важи Омовиот закон, т.е :

$$I = \frac{V}{R}$$

Каде: I -јачина на струја во ампери
V -електромоторна сила во волти
R -отпор на електрична струја (електрична отпорност) во оми.



Сл.1. Струјно коло кое ја илустрира примената на Омовиот закон

Ако проводникот има должина (l) и напречен пресек (S) тогаш електричната отпорност (R) е дадена со изразот:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Каде: ρ -специфичната електрична отпорност во Ωm.

Од равенката следи дека специфичната електрична отпорност на некој проводник е еднаква на отпорноста на проводникот (R) по единица должина ($l = 1$) на единечен напречен пресек (S). Специфичната електрична отпорност се изразува во Ωm.

Реципрочната вредност на специфичната електрична отпорност е електричната проводливост (σ), а единица мера - Сименс (S) .

$$\sigma = 1/\rho$$

Омовиот закон, може да се напише и во следната форма:

$$V = IR = I\rho \frac{l}{S}$$

МЕРНИ ДИСПОЗИТИВИ И ТИПОВИ КРИВИ

Од геоелектричните методи во инженерската геологија, геотехника, хидрогеологија најчесто се користат: методата на вертикалното електрично сондирање (VES); методата на картирање; методата на уронети електроди; методата на предизвикана поларизација итн (Slimak, 1996).

Со метадата (VES) се истражуваат структурни облици, градбата на теренот по длабочина, методата на сондирање има поголема можност на детектирање на хоризонталните промени (слоеви, хоризонтални контакти, раседи со мал агол во однос на хоризонталната рамнина и др.). Со постапките на картирање се дефинираат јако навалени и вертикални контакти во средини со различни електрични отпорности, а со методата на заронети електроди правците на подземните текови.

Заедничко кај сите овие методи е дека преку две електроди (A и B), најчесто надворешни, се спроведува струја низ тлото, а помеѓу електродите (M и N), најчесто внатрешни, се мери разликата на потенцијалот која настанува со спроведување на струја низ тлото. Електродите (A и B) се нарекуваат струјни електроди, а (M и N) потенцијални електроди. Најчесто низ тлото се пропушта еднонасочна струја. Во инженерската пракса се користат разни мерни распореди на електродите. Кај поголемиот број од методите се користат четвороелектродни линиски диспозитиви. Правецот, односно азимутот на трасата на мерење се бира зависно од геолошката градба и топографијата на теренот.

Кај метадата (VES) се користи Шлумбергеровиот симетричен распоред од четри електроди. Електродите се симетрични во однос на центарот на мерниот диспозитив (O). Кај методата на картирање најчесто се користи Венеровиот (Wenner) распоред, а кај постапката на уронети електроди специјален распоред на електроди вдолж трасата на правецот.

Кај методата VES потенцијалните електроди (M, N) се статични, а струјните (A, B) после секое мерење сукцесивно се одалечуваат од центарот на мерниот систем. Кај картирањето комплетниот мерен распоред (AMNB) после секое

мерење постепено се поместува вдолж трасата на испитувањето.

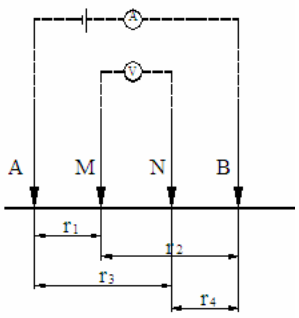
Кај сите методи заедничко е тоа што се мери: јачината на струјата (I) која се спроведува низ тлото, разликата на потенцијалот (ΔV) помеѓу електродите (MN) и одалеченоста на електродата од центарот на мерниот диспозитив. Овие три величини се параметри кои влегуваат во равенката преку кои се дефинира привидната електрична отпорност на средината под централната мерна точка. Привидната електрична отпорност за каков и да било мерен распоред од две предавачки и две приемни електроди (сл.2) поставени над полупросторот дефинирана е со изразот:

$$\rho_s = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}} \frac{\Delta V}{I}$$

$$\rho_s = K\frac{\Delta V}{I},$$

$$K = \frac{2\pi}{\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_3} + \frac{1}{r_4}}$$

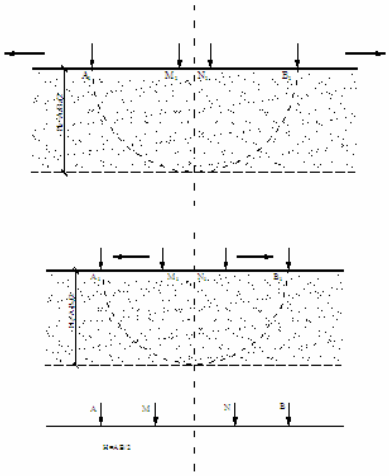
Големината (K) зависи од растојанието помеѓу електродите и се нарекува фактор на распоред. Горниот израз за ρ_s произлегува од распределбата на потенцијалот на површината на хомогениот полупростор. Изразот се употребува за пресметување на специфичните електрични отпорности, значи за каков и да е граден полупростор да се постапува како со хомоген нормално слоест простор. Значи, конкретен полупростор се третира како хомоген, но со таа распределба на потенцијалот која во него навистина постои а ρ_s да одговара на електричната отпорност која би требала да има хомоген полупростор за да предизвика разлика на потенцијали иста како и конкретната хомогена средина. Специфичната електрична отпорност на таквиот замислен хомоген полупростор во кој распределбата на потенцијалот е онаква каква е во дадениот полупростор се нарекува привидна (ρ_s) електрична отпорност. Привидната електрична отпорност се добива кога ΔV ќе се замени со изразот кој следува од распределбата на потенцијалот за конкретен полупростор.



Сл.2 Распоред и шема на поврзување на електродите

Шлумбергеровиот симетричен распоред од четр и електроди се користи кај методата на сондирање (сл.3). Електродите се симетрични во однос на центарот на мерниот диспозитив. Потенцијалните електроди (M, N) се статични, а струјните (A, B) после секое мерење сукцесивно се поместуваат од центарот на мерниот систем.

Сондирањето, во принцип, се изведува со симетрично поместување на електродите вдолж профилот од неговата централна точка.



Сл.3 Шема на геоелектрично сондирање

Од сликата јасно произлегува дека длабочината на сондираната зона зависи од растојанието меѓу струјните електроди, а не од растојанието помеѓу потенцијалните електроди. Ако картирањето е истражување на една профилна линија во хоризонтален правец на определена длабочина, сондирањето е истражување вдолж една вертикална линија (вдолж центарот на сондата), при што длабочината на истражување се зголемува со секое поместување на струјните електроди од централната точка.

МЕРЕН ИНСТРУМЕНТ

Системот Terrameter SAS (сл.4) се состои од основна единица од SAS4000 или SAS1000 кои можат да бидат дополнети со ABEM MULTIMAC и ABEM LUND електродни системи и ABEM SAS LOG 200/300 единици (TERRASAS прирачник).

Системот SAS1000 може да се користи за мерења на отпорноста, за IP и за мерења на сопствен потенцијал.

Сл.4 TERRAMETER SAS 1000 – систем

Приемникот го мери сигналот на напонот, сопствениот потенцијал и шумот на почвата. Може да се избира меѓу различни временски скали. Во повеќето услови, временски циклус од приближно 2,6 сек. (која одговара на доцнење од 0,2 сек. или време од 0,3 сек.) ќе работи добро. Сепак, во многу длабоки и услови на отпорност, временските циклуси треба да се зголемат. Под нормални услови техниката на мерење е еднаква на мерења на правата струја.

Амплитудата на струјата се поставува автоматски од инструментот, но може да се контролира и од ракувачот за да одговара на условите на мерењето. Таа може да се постави на вредности од 1 mA до 1000 mA. Максималниот напон кај електродите е 400 V. Се препорачува да се користи подесување AUTO, кое значи дека инструментот ја поставува оптималната вредност.

Во модот за мерење на отпорот, инструментот мери реакција на напонот создаден од струјата на средината, додека ги исклучува напонот на правата струја (сопствен потенцијал) и шумот. Соодносот V/I автоматски се пресметува и се прикажува дигитално во килооми ($k\Omega$), оми (Ω) или милиоми ($m\Omega$). Доменот на отпорноста на приемникот се избира автоматски.

Резултатот е прикажан на 3 или 4 бројки. Кога емитувачот работи на 500 mA, Terrameter SAS 1000 има резолуција од 0.02 $m\Omega$ за едно отчитување.

За да целосно ги искористиме можностите на Terrameter SAS 1000, треба да се внимава на поставеноста на каблите и електродите што се користат во полето. Губење на струјата или прикривање може значително да ја намалат точноста и чувствителноста, а со тоа и навлегувањето во длабочина.

ИСТРАЖУВАЊЕ

Истражуваниот терен го носи локалното име Мазги и се наоѓа во периферниот јужен дел на градот Штип во непосредна близина на средното медицинско училиште Јане Сандански.

Овие истражувања се иницирани од предходните геолошки истражувања, според кои поради поволниот распоред на длабоките раседни структури и непосредната близина на бањата Кежовица, можна е појава на термална вода на одредена длабочина. Ова е поткрепено со интензивните хидротермални промени на гранитите во одредени делови на локацијата што недвосмислено покажува на циркулацијата на врели флуиди во геолошкото минато.

Ако се земат во обзир неформалните тврдењата на локалното население дека во минатото во околината на овој терен повремено се јавувале извори на топла вода тогаш сметаме дека подрачјето е потенцијално за вршење на ваков вид истражувања.

ГЕОЛОШКА ГРАДБА И ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Основата на поширокатa околина на истражуваниот терен е изградена од гранит, поточно од адемелити. На северната страна, гранитите се покриени со базалната серија со горно еоценска старост (ОГК, Штип).

Гранитите се интрузивни масиви, со јурска старост, и се одликуваат со голема испуканост и делумна површинска распаднатост. Воглавно се оголени на површината а ретко се покриени со делувиум со мала моќност. Од хидрогеолошки аспект сврстени се во хидрогеолошки колектори со пукнатинска порозност. Според инженерскогеолошките својства спаѓаат во групата на цврстосврзани карпести маси, а по коефициентот на јакост влегуваат во II категорија на многу здрави карпи.

Еоценските седименти се продукти на таложење во водена средина. Изградени се од слоеви на песочници кои се сменуваат со конгломерати, и глиновити слоеви. Се карактеризираат со црвенкаста боја, доста се распаднати, изменети и испукани. На истражуваниот дел од теренот се јавуваат на северозападната страна на плацот и во овоштарникот.

Во септември 2004 год. на плацот е изграден експлоатационен бунар за ладна вода со длабочина од 32 метери. Според нивните наоди во длабочина во гранитите се издвоени следниве зони:

0-12 метри - Површински дел (деградирани и изменети гранити со голем број на пукнатини заполнети со грус и глина. Оваа зона е безводна и преставува спроводничка зона на колекторот).

12-32 метри - Средишен дел (цврст и испукан гранит каде пукнатините се поголеми и не се заполнети така да оваа зона ја прават хидрогеолошки колектор - резервоарска зона).

>32 метри - Базална зона (помала испуканост и е хидрогеолошки изолатор).

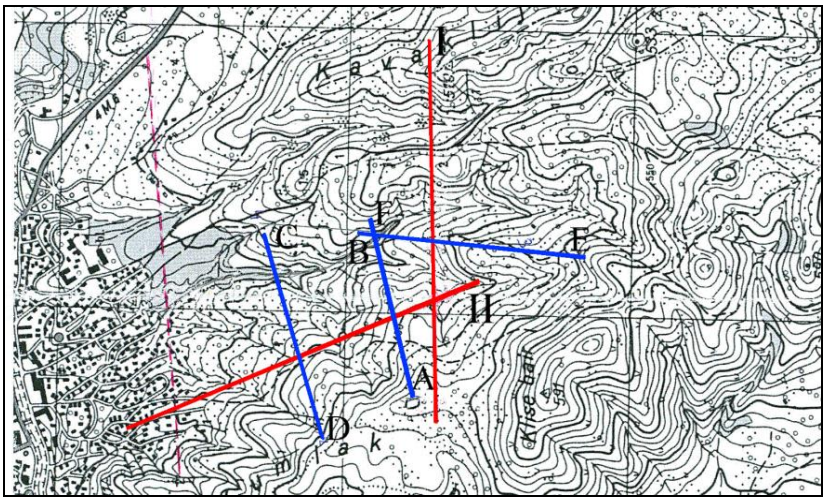
Од ова заклучуваме дека до 32 метра нема геотермална потенцијалност на теренот но не се исклучува можноста дека во подлабоки делови постојат услови за акумулација на геотермална енергија и хидротермални флуиди. Токму затоа ги вршиме овие геофизичко - геолошки истражувања по методологијата која е дадена во продолжение.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ИЗВЕДЕНИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ

Во периодот од 20 март до 4 април извршени се геофизичко - геолошки истражувања во локалитетот Мазги - Штип со цел утврдување на геотермалниот потенцијал. Истите се изведени според следниов ред и методологија:

Најпрво е спроведено детално геолошко хирогеолошко картирање на теренот, предметната локација и на поширокиот терен, како и собирање на литература и податоци од предходни истражувања во оваа област.

Понатаму се преминува во фазата на геоелектрчно сондирање. Направени се два профили со иста сонда, но нормални еден на друг со инструментот TERRASAS 1000 од фирмата ABEM. Двата профила се со вкупна должина од 800 метри или секој поединечно 400 метри. Од претходните сеизмички мерења констатиран е расед со помали димензии токму на овој дел од истражуваното подрачје. Од овие причини се одлучивме на ваков просторен распоред на нашите профили за сондирање. На сл. 5 се дадени овие профили и нивната ориентација во просторот. Геоелектричното сондирање е правено по логаритамска распределба на електродите, при што AB/2 (растојанието меѓу струјните електроди) изнесува 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150, 200, 250, 300 и 400 метри. Поради проверка на реалноста на добиените резултати за привидната специфична отпорност на првиот профил (AB) се извршени мерења и во обратен правец т.е. после првите мерења од сондата кон крајот на профилот се извршени мерења од крајот на профилот кон сондата.

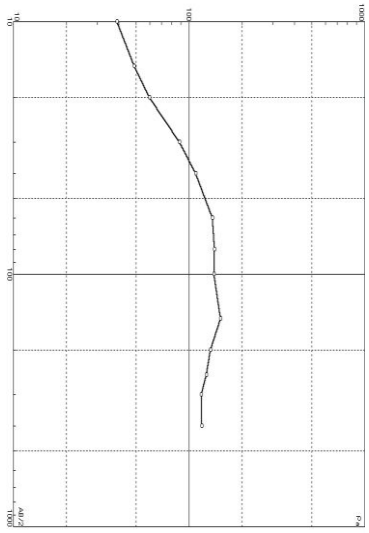


Сл. 5 Карта на профилите при геоелектрично сондирање (AB, CD и EF)

РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО

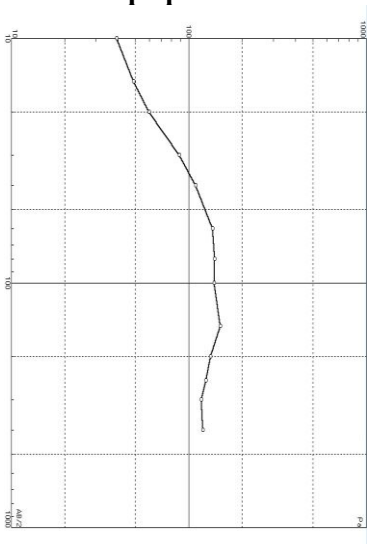
На следниве графици (сл. 6) се дадени резултатите од деталното геоелектрично сондирање, односно кривите на зависност на привидната специфична отпорност од длабочината изработени во програмот Ipi2Win.

Профил AB



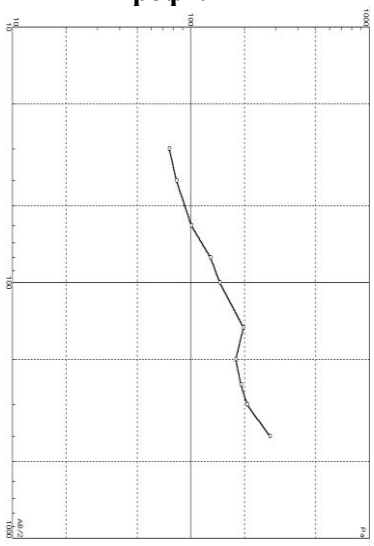
Бр.	AB/2 (m)	ρ (Ωm)
1	10	38.9
2	15	48.7
3	20	59.5
4	30	87.9
5	40	109
6	60	136
7	80	139
8	100	138
9	150	151
10	200	132
11	250	126
12	300	117
13	400	118

Профил CD



Бр.	AB/2 (m)	ρ (Ωm)
1	10	39
2	15	48.8
3	20	59.6
4	30	87.9
5	40	109
6	60	136
7	80	139
8	100	139
9	150	150
10	200	133
11	250	125
12	300	118
13	400	120

Профил EF



Бр.	AB/2 (m)	ρ (Ωm)
1	30	75.7
2	40	82.8
3	60	101
4	80	129
5	100	145
6	150	197
7	200	178
8	250	191
9	300	206
10	400	277

Сл. 6 Криви од геоелектричното сондирање на профилите AB, CD, EF и табелите со врдности за длабочината и соодветната специфична отпорност

ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА ГЕОФИЗИЧКИОТ МОДЕЛ

Електричната проводливост на испитуваната средина зависи од минералниот состав, структурно – текстурните особини на средината и длабочината на залегнување.

Специфичните електрични отпори (SEO) на минералите од кои се изградени карпите (Табела 1), главно се многу високи, понекогаш и од ред $10^6 \Omega m$.

Проводливост на карпите зависи и од: волуменот на порите, распоредот на порите и текстурите на средината, минерализацијата и хемискиот состав на подземните води, влажноста односно водозаситеноста и температурата.

Табела 1. Специфичен електричен отпор на карпите

Магматски и метаморфни карпи	**SEO[Ωcm]**	**Седиментни карпи**	**SEO[Ωcm]**
Базалт	2×10^6	Алувиум и мил	$2.5 \times 10^3 – 1.5 \times 10^5$
Дијабаз	$2 \times 10^3 - 2 \times 10^6$	Глацијални седименти	$8 \times 10^2 – 9.5 \times 10^5$
Диорит	5×10^6	Глина	$5 \times 10^2 – 1.5 \times 10^5$
Габро	$1 \times 10^4 – 1.5 \times 10^6$	Глина-глинци	$4 \times 10^2 – 9 \times 10^4$
Гнајс	$2 \times 10^4 – 3.4 \times 10^6$	Граувака	$8 \times 10^2 – 1 \times 10^6$
Гранит	$3 \times 10^4 – > 10^6$	Конгломерат	$2.5 \times 10^3 – 1.5 \times 10^6$
Кристаласта карпа со нормален физички карактер (еруптив, гнајс, шкрилец)	$2 \times 10^4 – 2 \times 10^6$	Консолидирани седиментни карпи (глинци, песочници, варовници итн.)	$1 \times 10^3 – 5 \times 10^4$
Кварцит	$1 \times 10^3 – 2 \times 10^6$	Варовник	$6 \times 10^3 – 5 \times 10^7$
Лава	$1.2 \times 10^4 – 5 \times 10^6$	Лапорци	$0.5 \times 10^2 – 7 \times 10^3$
Мермер	$1 \times 10^4 – 1 \times 10^7$	Песок	$9.5 \times 10^1 – 5 \times 10^5$
Метеоритско железо	$1 \times 10^4 – 1.5 \times 10^6$	Песочник	$3 \times 10^3 – 1 \times 10^7$
Порфир	$6 \times 10^3 – 1.5 \times 10^6$	Суглини	$1 \times 10^3 – 4.5 \times 10^4$
Шкрилец	$5 \times 10^2 – 1 \times 10^6$		
Серпентин	$2 \times 10^4 – 3 \times 10^5$		
Сиенит	$1 \times 10^4 – 10^7$		
Трахит	$1 \times 10^3 – 1 \times 10^7$		
Темен дијабаз	$1.5 \times 10^4 – 3 \times 10^5$		

ЗАКЛУЧОК

TERRASAS е современ инструмент за широк спектар на геоелектрични истражувања. Презентираните резултати покажуваат еден од аспектите (истражување на подземна вода) каде успешно може да се користи. Посебно треба да се истакне неопходната припрема при дефинирањето на геоелектричното истражување.

Успешно спроведена геолошка проспекција на теренот и анализата на претходните сознанија е основен услов за добро проектирани геолошки истражувања. Добро поставените геофизички истражувања се битен предуслов за дефинирање на реален модел на истражуваниот простор.

КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

ABEM, TERRAMETER SAS 1000 прирачник за употреба

Делипетров, Т. (2003), Основи на геофизика, Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип

ОГК, лист Штип

Slimak, Š. (1996). Inženjerska geofizika, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА СО МЕТОДА НА VLF

[1]Сања Пановска, [2]Марјан Делипетров, [2]Тодор Делипетров

[1]Факултет за информатика, Универзитет Гоце Делчев, 2000, Штип, Македонија,
sanja.panovska@ugd.edu.mk
[2]Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет Гоце Делчев, 2000, Штип, Македонија

Апстракт

Во трудот е презентирана кратка теорија на истражувањата со инструментот WADI. Овој тип на истражувања се спроведени за прв пат на просторот на Р. Македонија. Инструментот WADI дава успешни резултати за детектирање на структури кои се генерално вертикални. Спроведените истражувања презентирани во трудот ја потврдија успешноста на методата во детектирање на раседна зона во гранитоидна маса.

Клучни зборови: WADI, трансмитер, радио бранови, електромагнетно поле, гранити, профили

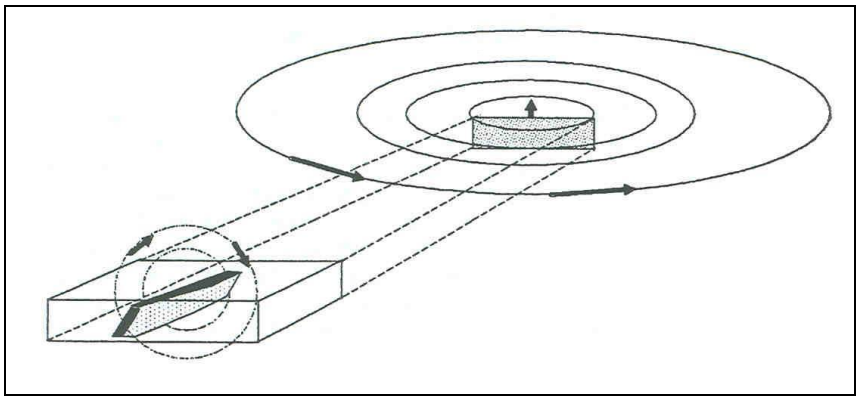
ВОВЕД

WADI е геофизички инструмент дизајниран да пронајде физички структури во бедрокот. Овие структури можат да бидат вертикални или коси, тие обично се стотици метри долги и длабоки и имаат подобра електрична проводност отколку околната стена. Искуството покажува дека таквите структури обично содржат бројни пукнатини исполнети со вода. Иако некогаш структурите лоцирани со овој инструмент содржат рудни тела. WADI работи на VLF принцип т.е ги користи долгите радио бранови трансмитирани од оддалечени станици.

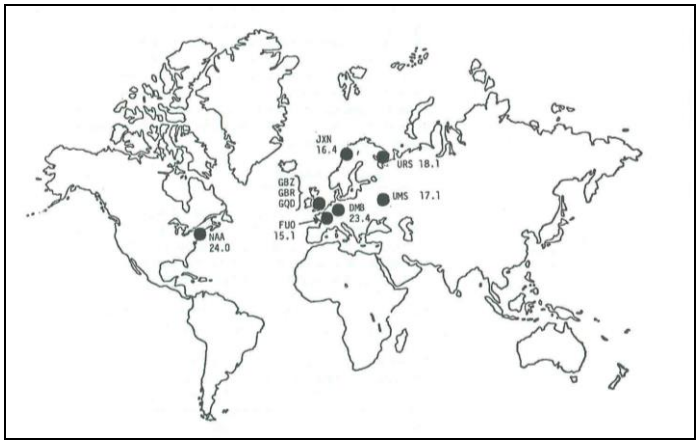
VLF методата прво била користена за минерални испитувања околу 1960 год. Како повеќето други т.н. електромагнетни методи, VLF методата може да се користи за да се најдат стрмно наклонети структури што се разликуваат од нивната околина во поглед на електричниот отпор. Оваа метода оттука многу добро одговара за испитување на вода во раседните зони.

VLF методата е една од групата на геофизички методи на истражување што употребува електромагнетни полиња што открива објекти лоцирани длабоко под површината. Кратенката VLF означуваат Very Low Frequency. Ниското фрекфентно поле што се користи се испраќа од воен радио трансмитер со фрекфенција меѓу 15 и 30 kHz.

VLF трансмитерите се наоѓаат на одреден број места распространети низ целиот свет. Од специјален интерес за нас се тие во Европа и Северна Америка. VLF трансмитерот се состои од вертикална жица долга неколку стотици метри што емитира високо моќен (300 - 1000 киловати) трансмисионен сигнал. Полето емитирано од таквата антена е хоризонтално, и магнетните линии (кои ние ги користиме) се концентрични кругови што се шират надвор од трансмитерот. Сл. 1 претставува многу едноставен шематски дијаграм на индукција на поле предизвикана од раседна зона. Мапата на сл.2 покажува каде се лоцирани светските најважни VLF трансмитери (WADI прирачник).



Сл.1 Шематски дијаграм на VLF принципот



Сл.2 Локации на најважните трансмитери

ФИЗИЧКИ ПРИНЦИПИ

Кога полето емитирано од трансмитерот удира во тело што има мал електричен специфичен отпор, во телото се создаваат секундарни струи. Тоа се нарекува индукција. Овие секундарни струи создаваат секундарно магнетно поле кое е спротивно на полето емитирано од трансмитерот. Природата на полето е зачувување - тоа значи дека секундарното поле се обидува да го спречи создавањето на надворешното поле со создавање на сопствено поле во спротивна насока.

Како што спомнавме претходно - само тела со мал електричен отпор може да создаваат секундарно поле. Подолу ќе спомнеме дека треба да го користиме терминот "специфичен отпор", кој е поточен од зборот "отпор" (Делипетров, 2003). Единицата со која се изразува специфичниот отпор е Ωm (ом-метар). Табела 1 ги претставува типичните вредностите на специфичните отпори за петте најчесто среќавани материјали.

Табела 1: Типични вредности за специфичниот отпор и длабочината на пенетрација за најчестите среќавани геолошки материјали

Материјал	ρ (Ωm)	δ (m)
Гранит	> 5000 Ωm	> 300 m
Глина	10-100 Ωm	15-40 m
Морена (дробина)	100-2000 Ωm	40-200 m
Вода за пиење	50-200 Ωm	30-60 m
Солена вода	1-10 Ωm	4-15 m

Специфичен отпор од 5000 Ωm може да се смета речиси како краен во типовите на ситуации што ние ќе ги среќаваме. Тоа значи дека електромагнетното поле може да помине низ гранит практично без да се намали. Од друга страна, површинскиот

слој од морени, да речеме 10 метри длабок, може да влијае на полето. Една величина што го дава степенот на влијание на полето е длабочина на пенетрација δ (делта):

$$\delta = 503 \cdot \sqrt{(\rho / \nu)} \quad \text{[метри]}$$

каде ρ е специфичен отпор во Ωm, а ν е фрекфенција во Hz.

$$\delta = 4 \cdot \sqrt{\rho} \quad \text{[метри]}$$

Оваа едноставна равенка може да се користи во сите практични VLF ситуации. Ако се користат посложени равенки и физички релации, може да се покаже дека кога електромагнетниот бран ќе стигне до длабочина δ, тој ќе загуби толку многу енергија што е неспособен да создаде секундарно поле. Длабочината на пенетрација прикажана во Табела 1 е пресметана со користење на горната равенка (Slimak, 1996).

АНОМАЛИИ

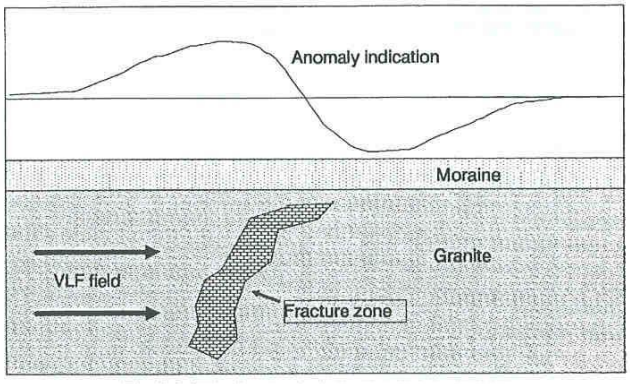
Како што е покажано на сл.1, објект како раседна зона мора да биде со некоја големина за да биде откриен со помош на VLF методата. Во практика тоа значи дека треба да биде подолга од околу 50 метри и длабочина на протегање најмалку околу 10 метри. Од друга страна, доволна е дебелина од 1 метар. Покрај тоа, мора да се избере трансмитер што лежи во насоката на ширење на телото, т.е. насоката на ориентација на раседната зона. Тоа значи дека трансмитерот треба да биде лоциран блиску до линијата која што е повлечена лонгитудинално низ должината на телото. Тоа е потребно затоа што линиите на магнетното поле (како што е спомнато претходно) мора да поминуваат нормално низ телото со цел да се индуцираат секундарни струи во него.

VLF методата може да се користи за откривање на стрмно наклонети структури со големи пресеци и мали специфични отпори.

WADI VLF инструментот го забележува односот (изразен во проценти) на јачините на вертикалното и хоризонталното поле на земјината површина. Бидејќи примарното поле емитирано од трансмитерот е хоризонтално, очигледно е дека нормалните отчитувања (таму каде што нема аномалии) ќе бидат нула. Уште повеќе, отчитувањата ќе бидат нула дури ако во хоризонталните слоеви има присуство на материјал што има мал специфичен отпор (како глина или солена вода). Во некои случаи, каблите или металните цевки ќе покажат аномалија што личи на раседна зона.

Отстапувањата од нормалните WADI отчитувања се нарекуваат аномалии. Со разгледување на сл.3 и правење на некои геометриски расудувања, можеме да видиме дека аномалијата добиена од стрмно наклонет проводник е одраз на тоа што е поставено под земјата.

Кога се користи електромагнетно поле во VLF испитувањата мора - освен амплитудата - да се земе во предвид и фазното поместување во однос на примарното поле. За VLF, во замена на користење на терминте амплитуда и фаза, ќе зборуваме за реални и имагинарни делови соодветно. Аномалијата покажана на сл.3 е поврзана со реалниот дел. WADI инструментот ги бележи и реалните и имагинарните делови, но покорисни информации се наоѓаат во реалниот дел.



Сл.3 Типична аномалија (оригинални податоци)

ИСТРАЖУВАЊЕ

Истражуваниот терен го носи локалното име Мазги и се наоѓа во периферниот јужен дел на градот Штип во непосредна близина на средното медицинско училиште Јане Сандански.

Овие истражувања се иницирани од предходните геолошки истражувања, според кои поради поволниот распоред на длабоките раседни структури и непосредната близина на бањата Кежовица, можна е појава на термална вода на одредена длабочина. Ова е поткрепено со интензивните хидротермални промени на гранитите во одредени делови на локацијата што недвосмислено покажува на циркулацијата на врели флуиди во геолошкото минато.

ГЕОЛОШКА ГРАДБА И ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Основата на поширокота околина на истражуваниот терен е изградена од гранит, поточно од адемелити. На северната страна, гранитите се покриени со базалната серија со горно еоценска старост (Лист Штип).

Гранитите се интрузивни масиви, со јурска старост, и се одликуваат со голема испуканост и делумна површинска распаднатост. Воглавно се оголени на површината, а ретко се покриени со делувиум со мала моќност. Од хидрогеолошки аспект сместени се во хидрогеолошки колектори со пукнатинска порозност. Според инженерско-геолошките својства спаѓаат во групата на цврстосврзани карпести маси, а по коефициентот на јакост влегуваат во II категорија на многу здрави карпи.

Еоценските седименти се продукти на таложење во водена средина. Изградени се од слоеви на песочници кои се сменуваат со конгломерати и глиновити слоеви. Се карактеризираат со црвенкаста боја, доста се распаднати, изменети и испукани. На истражуваниот дел од теренот се јавуваат на северозападната страна на плацот.

Во септември 2004 год. на плацот е изграден експлоатационен бунар за ладна вода со длабочина од 32 метери. Според нивните наоди во длабочина во гранитите се издвоени следниве зони:

0-12 метри - Површински дел (деградирани и изменети гранити со голем број на пукнатини заполнети со грус и глина. Оваа зона е безводна и преставува спроводничка зона на колекторот).

12-32 метри - Средишен дел (цврст и испукан гранит каде пукнатините се поголеми и не се заполнети така да оваа зона ја прават хидрогеолошки колектор - резервоарска зона).

>32 метри - Базална зона (помала испуканост и е хидрогеолошки изолатор).

Од ова заклучуваме дека до 32 метра нема геотермална потенцијалност на теренот но не се исклучува можноста дека во подлабоки делови постојат услови за акумулација на геотермална енергија и хидротермални флуиди. Токму затоа ги вршиме овие геофизичко - геолошки истражувања по методологијата која е дадена во продолжение.

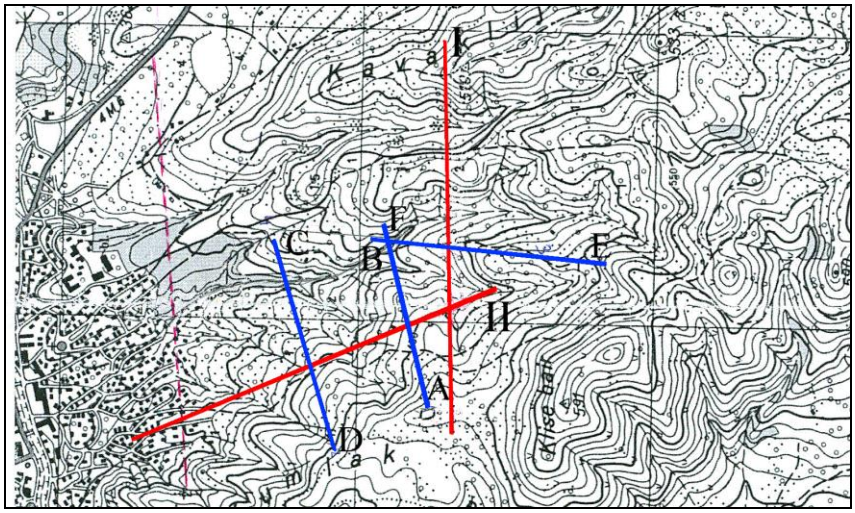
МЕТОДОЛОГИЈА НА ИЗВЕДЕНИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ

Најпрво е спроведено детално геолошко хирогеолошко картирање на теренот, предметната локација и на поширокиот терен, потоа се преминува на прецизните геофизички методи на истражување:

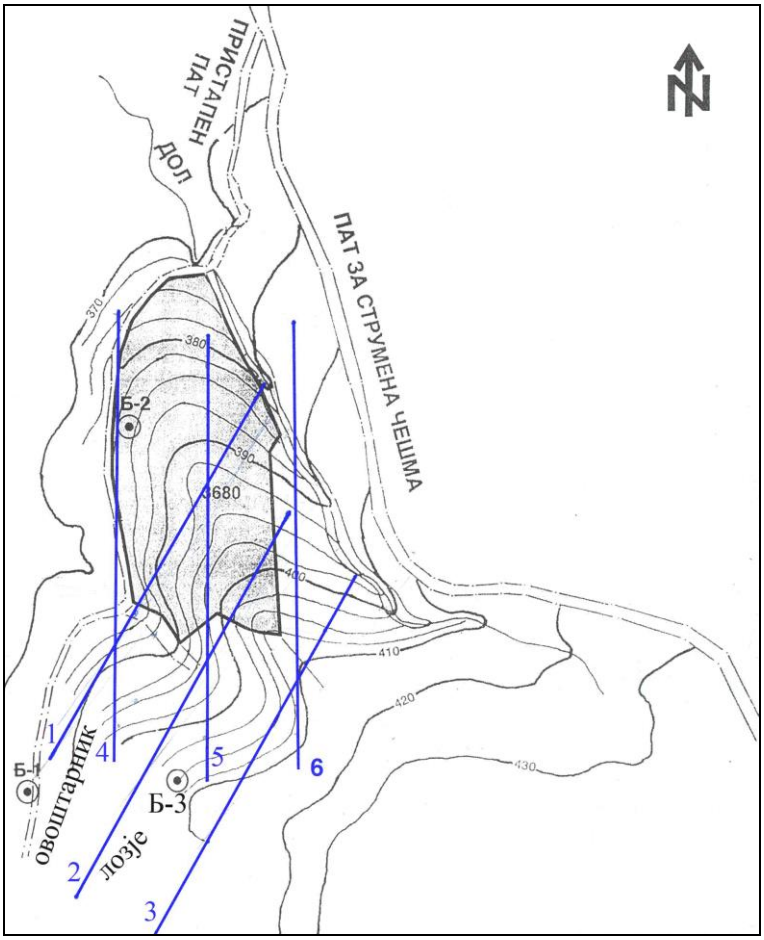
Направена е проспекција на поширокота околина т.е. околните ридови кој го опколуваат локалитетот а воедно се локации низ кои минуваат регионалните раседи. Токму на овие раседи, по претпоставка дека вдолж нив е можна циркулација на термални флуиди, поставуваме три напречни профили со вкупна должина од 2500 метри изработени со инструментот WADI од фирмата ABEM. Со анализа на добиените податоци е утврдена точната локација и моќност на самите раседи, нивниот пад и влијанието што го имаат врз потесното истражно подрачје.

Последниот чекор од истражниот процес е изработка на релативно густа мрежа на профили со инструментот WADI на самиот плац. Изработени се шест профили: три паралелни вертикални и три паралелни коси со поединечна должина од

250 метри или вкупна должина од 1500 метри и меѓусебно растојание од 30 метри со просторен распоред како на сл. 4. Со анализа на резултатите од овие профилирања и со споредување на два или три соседни паралелни профили аналитичарот може во длабина да добие тродимензионална претстава за нивото на подземните води.



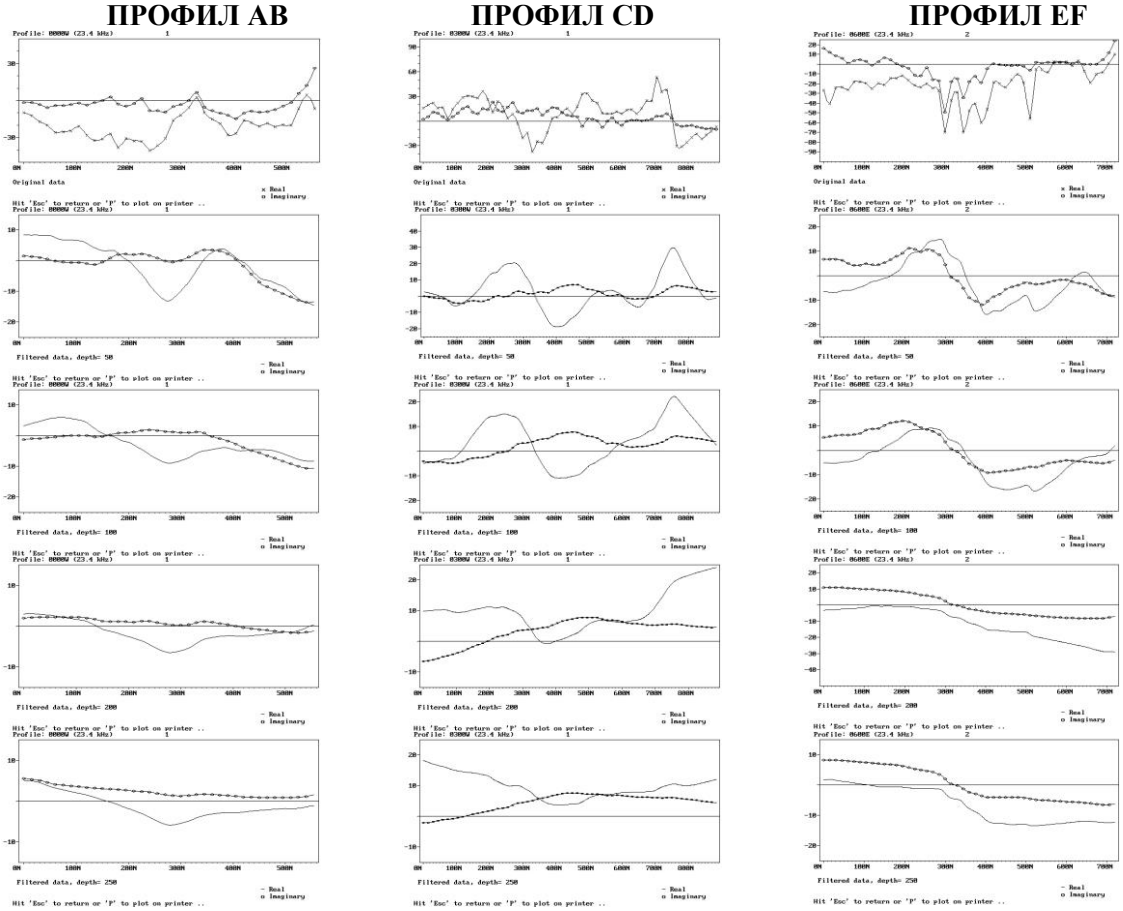
Сл. 4 Карта со профилите од WADI на поширокото истражно подрачје



Сл. 5 Скица на истражуваниот терен (1:2500) со деталните профили од WADI (1, 2, 3, 4, 5, 6) и местоположба на експлоатационите бунари (Б-1, Б-2, Б-3)

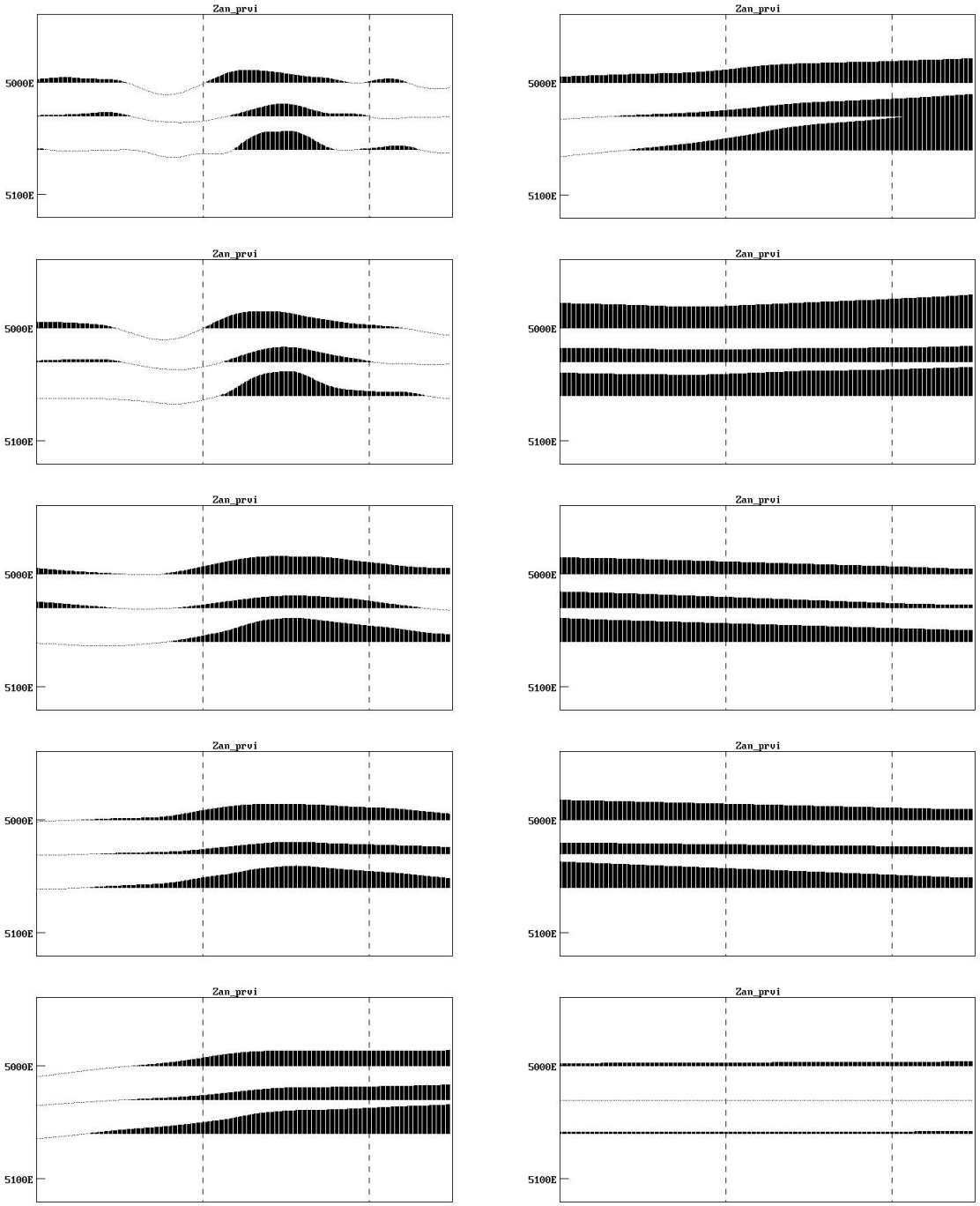
РЕЗУЛТАТИ ОД ИСТРАЖУВАЊЕТО

На подолуприкажаните графици (сл.6) се дадени резултатите од истражувањата на поширокатa околина со инструментот WADI со кои се извлечени три профила, од кои два се паралелни еден на друг (AB и CD, сл. 4), чии мерни податоци се филтрирани на различни длабочини. Врз основа на овие податоци се регистрирани и потврдени два длабоки регионални раседи кои подетално можат да се видат на приложените графици:

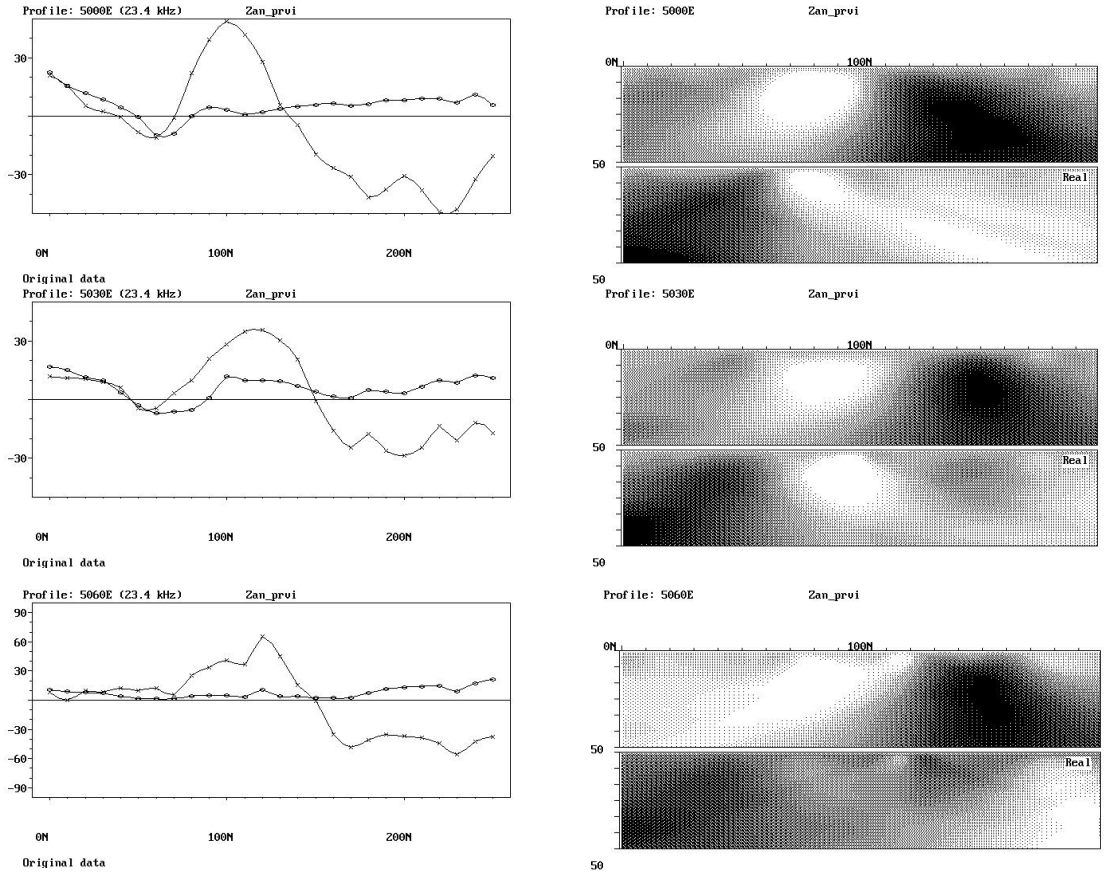


Сл. 6 Реалните (полна линија) и имагинарните (линија со точки) делови на кривите од профили AB, CD и EF од поширокото истражно подрачје

Следниве графици ги претставуваат анализираните резултатите од WADI на детално истражување на потесното подрачје добиени во програмот SECTOR. На почетокот се дадени графиците на мулти прифилите (сл. 7), на кои јасно се гледа раседната зона. Потоа следуваат вертикалните пресеци и оригиналните податоци (сл. 8).



Сл. 7 Филтрирани податоци од профилите 1, 2 и 3, филтрирани на длабочина 10, 20, 50, 70, 100 метри (лево одгоре надолу), 120, 150, 200, 230 и 250 метри (десно одгоре надолу)



Сл. 8 Оригинални податоци (лево) и вертикални пресеци (десно) на профилите 1, 2, 3 (одгоре надолу)

ЗАКЛУЧОК

Извршените истражувања со инструментот WADI презентирани во трудот ја потврдуваат неговата успешна примена во детектирање генерално на вертикална структура со повисока проводливост во однос на околната средина.

Анализата на амплитудата (реалниот дел) ги открива водозаситените зони, додека анализата на фазното поместување (имагинарниот дел) ги детектира зоните на оруднување. При истражување на орудните зони со WADI потребни се нови експерименти.

ЛИТЕРАТУРА

ABEM, WADI ELECTROMAGNETIC VLF прирачник за употреба

Делипетров, Т. (2003), Основи на геофизика, Факултет за рударство, геологија и политехника, Штип

ОГК, лист Штип

Slimak, Š. (1996). Inženjerska geofizika, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

МИГРАЦИЈА НА МАТЕРИЈАЛ ВО ТЕКТОНОСФЕРАТА И СТРУКТУРИРАЊЕ НА ГЕОПРОСТОРОТ НА РМ

[1]Гаврил Мираковски

[1]ЈНУ Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Салвадор Аљенде 73, 1000 Скопје, Р.Македонија; mirak@pluto.iziis.ukim.edu.mk

Abstract

The tectonic processes in the lithosphere can be considered within the system of migration of material into the tectonosphere. The migration of material in the tectonosphere is carried out in a closed cycle of more processes of migration and results in a "rift structure of the lithosphere".

The lithosphere is composed of a finite number of rift-systems equal to the number of a rifts in the lithosphere". The rift systems evolve in a "system of interaction of stresses from the rifts in the lithosphere".

The evolution of a rift-system contains also a complete magmatic cycle (from basic plutonites to finishing acidic magmatism), syngenetic and orogenetic processes as well as a sedimentation in compliance with the climatic conditions and the depth of the oceanic water basin.

The geo-space of RM was structured by the "Vardar paleorift" in the course of Middle Jurassic. After the closing of the "Vardar paleorift", the geo-space of RM is a structural part of the Mediterranean rift system".

Keywords: tectonosphere, migration of material, O-C zone, rift, rift-sistem

Материјал и метода: Стручна литература и компаративна анализа.

ВОВЕД

Тектонските процеси во литосферата можат да се обработуваат во систем на миграција на материјал во тектоносферата. Миграцијата на материјал во тектоносферата се одвива во затворен циклус од повеќе процеси на миграција.

Процесите на миграција на материјал овде се разработени со разликување на:

- Кондуктивен и конвективен доток на внатрешна земјина топлина од мантијата кон површината;
- Процеси на миграција на "мантија во литосфера", "литосфера во литосфера" и литосфера во мантија".

Миграцијата на материјал во тектоносферата резултира во "рифтен склоп на литосферата" од конечен број на рифтни системи, еднаков со бројот на рифтови.

Еволуцијата на рифтен систем е придружувана од целосен магматски циклус (од базични плутонити до завршен кисел магматизам), сингени и орогени процеси, и следователна седиментација.

Геопросторот на РМ е структуриран со "среднојурски рифт" во денешната вардарска зона, а после неговото затворање се преструктурира и во склоп на медитеранскиот рифтен систем.

МИГРАЦИЈА НА МАТЕРИЈАЛ ВО ТЕКТОНОСФЕРАТА

2.1. Процеси на миграција на материјал

Кондуктивниот доток на внатрешна земјина топлина е изразено бавен процес (≈ 1.0 mm/год. [9]). Промената на интензитетот на кондуктивниот доток на земјина топлина генерално се манифестира со "истенчување" и "здебелување" на литосферата, како последица на "растопување" или "скаменување" на контактниот материјал на обвивките во тектоносферата. Промената на агрегатната состојба на контактниот материјал на обвивките претставува миграција на границите на обвивките, односно миграција на обвивките без преместување на материјал. При растопување или скаменување се менува густината на материјалот, се создава суфицит или дефицит на волумен, и се побудуваат процеси за компензација на суфицит или дефицит на волумен.

Миграцијата на обвивките во тектоносферата е зависна и од геостатичкиот притисок, и може да се разликува миграција под "нормално" и "аномално" топлинско дејство од мантијата.

Миграцијата на обвивките под "нормално топлинско дејство" резултира со здебелување на литосферата во "процесот на ладење на Земјата". Има

проценки дека пред средна Јура (пред формирање на денешните рифтови и океани) мохосферата можела да егзистира на двојно помала просечна длабина (≈20 km) од современата (≈35-40 km).

Со аномално топлинско дејство се "забрзува истенчување и здебелување" на литосферата. Забрзаното истенчување на литосферата (последица на засилен доток на топлина од мантијата) е карактеристичен процес за формирање и еволуција на рифт (и океански басен). Спротивно на тоа, забрзаното здебелување на литосферата е карактеристичен процес за расформирање на рифт (и океански басен).

Со *конвективен доток на внатрешна земјина топлина (магма)* од мантијата кон површината во пократко време се создава пообемен дефицит и суфицит на волумен. Во врска со тоа, се побудуваат и поинтензивни процеси на миграција на материјал за компензација на дефицит и суфицит на волумен. Тие процеси се одвиваат во комплексен затворен циклус, во кој се разликуваат следните три генерални процеси на миграција:

- Миграција на "мантија во литосфера";
- Миграција на "литосфера во литосфера";
- Миграција на "литосфера во мантија".

Циклусот на миграција на материјал се затвора со "миграција на мантија во мантија", која се одвива во склоп на конвективните текови во мантијата.

Миграцијата на "мантија во литосфера" е карактеристична за формирање и функционирање на рифт. Формирањето на рифтови треба да биде во системска зависност од конвективните токови во мантијата. Веројатно е дека после средна Јура не се формирани нови рифтови. Во врска со постојаното опаѓање на потенцијалот на внатрешната земјина топлина, формирањето на рифтови веројатно е завршен процес за Земјата. Пред средна Јура. (при просечна длабина до мохо од <20км) можеле да егзистираат поголем број помали рифтови со пократок еволутивен период.

2.2. Функционирање на рифт и О-К зона

Рифтовите функционираат со долгопериодични пулсирања побудени од термодинамичките процеси во мантијата на следниот начин:

- При зголемен термопотисок во мантијата, низ рифтовите се потиснува базична магма кон површината, и во литосферата се побудуваат билатерални компресиони напрегања од рифтовите кон континентите;
- Со опаѓање на термопотисокот во мантијата, компресионото поле во литосферата се заменува со екстензионо, и започнува фаза на воспоставување на нова рамнотежна состојба во тектоносферата.

Со билатерални хоризонтални напрегања од рифтовите се иницираат процесите на миграција на "литосфера во литосфера" и "литосфера во мантија".

Миграцијата на "литосфера во литосфера" се манифестира со ширење на океанското дно. Билатералните напрегања од рифтовите кон континентите резултираат во следните ефекти:

- Билатерално поместување на океанската литосфера кон континентите;
- Пренос на напрегањата кон континентите, и нивна трансформација во "судир на океанската и континенталната литосфера";
- Пластично деформирање на дуктилната океанска литосфера;
- Активирање на процеси на миграција на "литосфера во мантија".

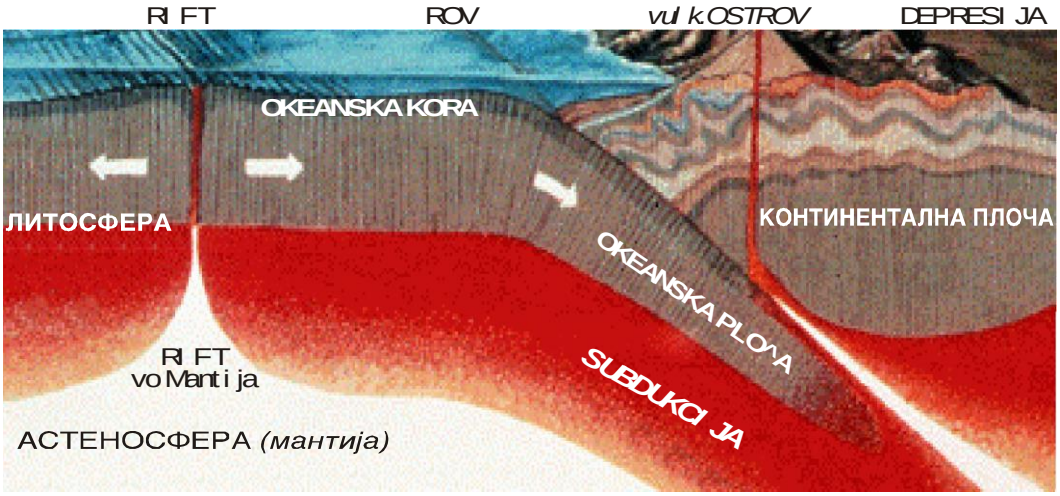
Поместувањето на океанската литосфера кон континентите содржи еластично и неповратно поместување. Неповратно поместување претставува "миграцијата на литосфера во литосфера", и овозможува "ширење на океанската литосфера" ("ширење на океанското дно") со следните процеси:

- "Утврдување на неповратно поместување" на океанската литосфера кон континентите со заробување на магма во рифтната дислокација (обновување на океанската литосфера);
- Трансформација на граничниот појас од континенталната литосфера во преодна литосфера (последица на пулсирачкото судирање на океанската и континенталната литосфера);
- Гравитационо тонење на преодна литосфера кон мантијата;
- Карактеристично пластично деформирање на дуктилната океанска литосфера во поширокиот граничен појас со преодната литосфера.

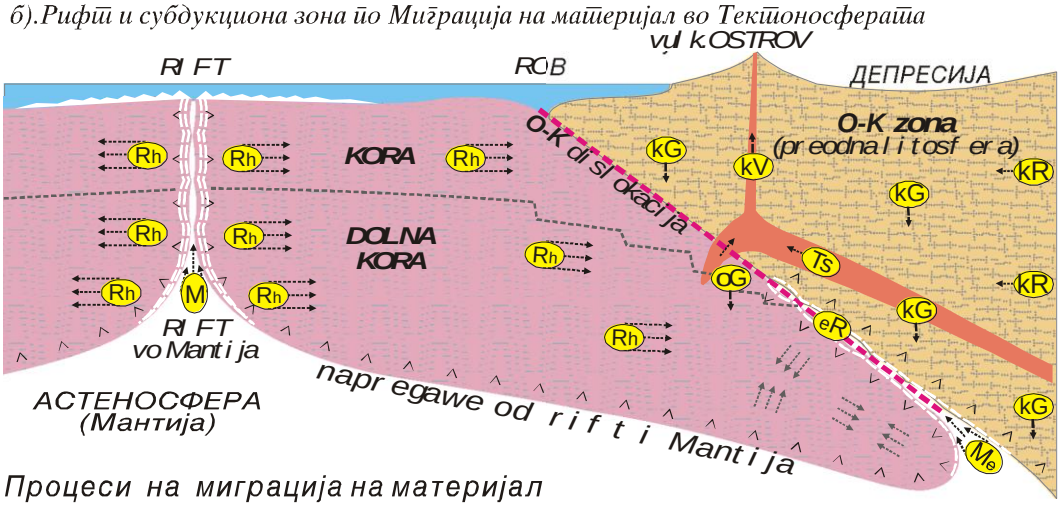
Хоризонталните напрегања во литосферата генерирани од рифтовите достигнуваат 50 до над 250 MPa до длабина на границата на дуктилно деформирање (над 10-15 km длабина). Во кората со дуктилно деформирање хоризонталните напрегања опаѓаат [6]. Меѓутоа, со зголемување на длабината се зголемува напрегнатоста на литосферата од геостатички притисок. Во врска со тоа, преносот на напрегањата од рифтовите и мантијата, и деформирање на дуктилната кора и долната литосфера, се вршат во "напрегната дуктилна литосфера", односно во "напрегнат сув растоп" на долната литосфера.

Сл. 1. Споредбен склоп на рифт и субдукциона зона по Тектоника на плочи и Миграција на материјал во тектоносферата [4]

а). Рифт и субдукциона зона по Тектоника на плочи



б). Рифт и субдукциона зона по Миграција на материјал во Тектоносферата



Процеси на миграција на материјал

- M *Мантија во Литосфера (по рифт)*
- Me *Мантија во Литосфера (во екранизиран рифт)*
- Rh *Литосфера во Литосфера*
- kR *оптпор од континент на напрегање од рифт*
- oG *океанска Литосфера во Мантија (гравитациона)*
- kG *континен. Литосфера во Мантија (гравитациона)*

O-K okean - kontinent
Насока на миграција и напрегање
- eR *"Ekranizиran" rift*
- Ts *Temperaturna separacija*
- kV *Vulkanska migracija*

Миграција на "*литосфера во мантија*" се одвива во фазите на екстензија (во меѓуфазите на пулсирање и во фазите без пулсирање од рифтовите) и воспоставување на рамнотежна состојба во тектоносферата, со следните процеси:

- Повраток на еластичните деформации на литосферата;
- Гравитационо тонење на океанската и преодната литосфера кон мантијата.

Во процесот на пулсирање на напрегањата од рифтовите кон

континентите се создаваат типични дислокации на разграничување на океанската од континенталната литосфера (*О-К дислокации)* познати како субдукциони дислокации. Дефицитот на волумен од конвекцијата на магма по рифтната дислокација доминантно се компензира со тонење на литосферата меѓу О-К дислокациите. Двата процеси се манифестираат со:

- Ограничување на океанска литосфера со О-К дислокации;
- Еволуција на геопросторот околу О-К дислокациите во типични тектонски структури на разграничување на океаните и континентите (О-К зона), познати како "*зони на субдукција*";
- Еволуција на океан и океански воден басен со тонење на океанската литосфера и ширење на океанското дно;
- Перманентен процес на трансформација на континентите во океани.

Во О-К зоната се одвиваат следните процеси на миграција на материјал-Сл. 1.:

- Миграција на "океанска литосфера во литосфера" со пластично деформирање на дуктилната литосфера во форма на "подвлекување под континенталната литосфера", со "издигнување" во океанското дно и "завлегување" во мантијата во океанското крило на **О**-К дислокацијата;
- Миграција на "океанска литосфера во мантија" со промена на агрегатната состојба на контактната зона со мантијата (астеносферата);
- Миграција на "мантија во литосфера" со конвекција на магма од мантијата во О-К дислокацијата (со недоволен термопотисок за излез до површината, поради што во длабокиот дел на О-К дислокацијата се формира "екранизиран рифт во литосферата";
- Миграција на "литосфера во мантија" со гравитационо тонење и растопување на преодна литосфера во мантијата;
- Вулканска миграција на "литосфера во литосфера" - со температурна сепарација на растоп од кисели карпи, негово потиснување кон површината и формирање на вулкански островски лак.

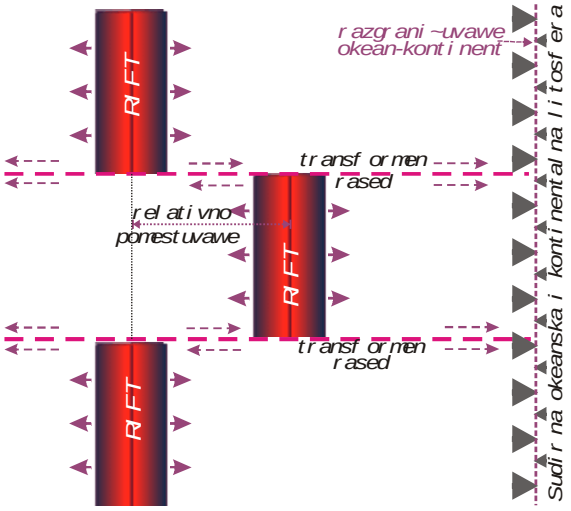
Гравитационото тонење на преодната литосфера се манифестира со длабоководен ров во пресекот на О-К дислокацијата со океанското дно, и со крајокеанска депресија (морски басен) на површината на преодната литосфера;

Величината на мигрирана преодна литосфера во мантијата може да се определи од разликата на величините на "потоната литосфера" (од крајокеанската депресија и од длабоководниот ров) и "вратената литосфера" на површината (во вулканскиот островски лак.

Рамнотежна состојба на тектоносферата може да се дефинира со "еднаквост на величината на *ширење на окенското дно*- **ofs** (или *обновување на океанската литосфера*- **rol**) со величината на *трансформација на континентите во океани*- **tco**, во било која рамнина на пресек на земјиниот елипсоид: **ofs = rol = tco**".

При асиметрично обновување на океанската литосфера (ширење на окенското дно) и трансформација на континентите во океани, рифтовите се деформираат со "трансформни раседи" Максимално релативно поместување на деформираниот рифт се постигнува на површината, а во длабина (најдлабоко до мантијата) деформацијата на рифтот треба да се анулира.

Сл. 2. Деформирање на рифт од асиметрично најреѓање [4]



Рифтовите можат да се дефинираат како "продолженија на мантијата во литосферата". Во врска со тоа, и притисокот во рифтовите е продолжение на дистрибуцијата на притисок во мантијата. Во такво поле на притисок, во рифтовите може да се одвива само миграција на "мантија во литосфера" со придружни билатерални напрегања од рифтовите кон континентите. Од тоа произлегува следното:

- Процесите во рифтовите се системски поврзани со процесите во мантијата;
- Напрегањата од рифтовите кон континентите се предизвикани од напрегања со извор во мантијата;
- Рифтовите треба да бидат "структурогени единици" на литосферата;
- Во такво поле на притисок "судир на тектонски плочи преку рифт е нереален тектонски процес" (пример: судир на афричката и европската плоча преку медитеранскиот рифт).

О-К дислокациите под "нивото на екранизирање" функционираат како "рифт", а над "нивото на екранизирање" како "лабилна тектонска зона". Во нив се амортизира значаен дел од напрегањата од "океанскиот рифт" и најголем дел од напрегања од "екранизираниот рифт". Во врска со тоа, во О-К зона е можно одвивање на сите наведени процеси на миграција на материјал, во целосна или делумна форма.

Процесот на "субдукција" може да се замени со процесите на "миграција на материјал" и деформирање на океанската литосфера во застапеното поле на напрегања во О-К зоната. Со предетерминација на "субдукционата зона" во "О-К зона" се детерминира "реален геотектонски склоп на преодната литосфера", без "мајоризација" на дискутабилниот "процес на субдукција".

О-К зоната егзистира како зона на ограничување на сите океани, и како преодна литосфера на сите континенти. Нејзиното тектонско манифестирање зависи од системот и интензитетот на процесите на миграција на материјал.

Гравитационото тонење (со формирање на длабоководен ров и крајоке-анска депресија) и деформирањето на дуктилната литосфера се редовно застапени процеси (типично се развиени од двете страни на атланскиот океан).

Вулканските процеси на формирање на островски лакови се во директна зависност од длабината на екранизирање на "рифтот" во О-К дислокацијата, а во системска зависност од потенцијалот на топлинскиот доток од мантијата во О-К дислокацијата (најинтензивни се во западната О-К зона на Тихиот Океан).

РИФТЕН СИСТЕМ И ИНТЕРАКЦИЈА НА РИФТНИ СИСТЕМИ

Напрегањата од океанските рифтови кон континентите се распростираат до "судир на еквинапрегања" од соседните рифтови. Со површината на еквинапрегања со соседни рифтови се ограничува *рифтен систем на одреден рифт*- Сл. 3..

Од предходно произлегува дека:

- Основни структурни единици на тектоносферата се "рифтни системи" (веројатно во целосна симетрија со основните структурни единици на мантијата);
- Рифтните системи еволуираат во систем на интеракција на напрегања од рифтовите во литосферата.

Под дејство на напрегањата пренесени во континенталната литосфера се одвиваат следните орогени процеси:

- Набирање на кората под дејство на хоризонтално напрегање од рифтовите;
- Набирање и блоковска диференцијација на кората од дијапирско деформирање на дуктилната литосфера.

Орогените процеси се најинтензивни во граничните појаси на рифтните системи - од двете страни на површината на еквинапрегања. Во врска со тоа орогените појаси се вклопуваат во "моделот на билатерален ороген" (конкордантни орогени појаси на соседни рифтни системи, раздвоени со дислокација по површината на еквинапрегање).

Според предходното, еден рифтен систем е составен од: 2 полуокеани, 2 О-К зони и 2 полуконтиненти, со симетричен распоред во однос на рифтната дислокација. Во тој склоп, орогените појаси се маркантни структури на граничните појаси на полуконтинентите.

Во системот на интеракција на напрегања од рифтовите кон континентите, рифтните системи добиваат асиметрична структура, изразена со различна ширина на полуокеаните, О-К зоните и полуконтиненти од двете страни на рифтот, и различен интензитет на миграција на материјал во О-К зоната. Граничната дислокација меѓу орогените појаси може да еволуира во лабилна тектонска зона (пример: "централно афрички ров"). Со

најсиметричен склоп се одликува атлантскиот рифтен систем, а останатите веројатно се прилагодени на атлантскиот систем. Во поле со највисок температурен потенцијал еволуира тихоокеанскиот рифтен систем.

Од наведеното може да се генерализира следниот склоп на литосферата:

- "Литосферата е структурирана од конечен број на рифтни системи, еднаков со бројот на рифтови" (веројатно еднаков и со бројот на конвективни системи во мантијата);
- "Секој домен од литосферата припаѓа во некој и само еден рифтен систем".

Литосферата е структурирана од 5 рифтови - 3 со "меридијански правец" и по еден на јужната и северната хемисфера со "напореднички правец" - Сл. 3. Меридијанските рифтови (Атлантскиот, Индоокеанскиот и Тихоокеанскиот) се појасно развиени на јужната хемисфера. И напоредничкиот рифт на јужната хемисфера е јасно развиен, а "неговиот океан" е слиен во океаните на меридијанските рифтови. Во јужната хемисфера е понапредна и трансформација на континентите во океани. Таква состојба може да биде последица на поинтензивен доток на земјина топлина во јужната хемисфера.

Напоредничкиот рифт на северната хемисфера се интерпретира како "рифт на тетис-океанот во расформирање". Видливо е развиен од пресекот со атлантскиот рифт, преку медитеранскиот басен до каспискиот регион. Аналогно со рифтот на јужната хемисфера, и овој рифт треба да поминува низ цела северна хемисфера (постојат индикации за негово продолжување кон Охотското Море и преку Тихиот Океан, со завршување во пресек со атлантскиот рифт).

Според функционирањето на рифтовите, во северната хемисфера е евидентен послаб доток на внатрешна земјина топлина. Како последица на тоа, во неа рифтовите се понејасно издиференцирани и трансформацијата на континентите во океани заостанува, во споредба со јужната хемисфера. Оваа состојба е поврзана со нехомогеноста на дистрибуцијата на топлина во мантијата, односно нехомогеноста на изворот на внатрешна земјина топлина(индицирано и според "томографија на цела мантија" [Julian & Sengupta, 1973]).

Во согласност со тоа, поверојатно е медитеранскиот рифт да функционра во поле на понизок топлински потенцијал, наместо да биде "рифт на Тетис-океанот во расформирање". Без функционирање на медитеранскиот рифт до пресек со Тихиот океан неможе да се објасни формирањето на трансазиско-хималајскиот ороген појас. Со негово функционирање еволуцијата на руската платформа може да се споредува со еволуцијата на "западно-пацифичката плоча" во поле на низок топлински потенцијал (слаб доток на топлина од мантијата).

Во еволуцијата на рифтен систем е содржан комплетен магматски циклус.

Магматскиот циклус започнува во припремниот период на формирање на рифт со интрузии на габро-перидотити. Со приближување на топлинското дејство кон површината се растопуваат и киселите карпи, и се интрудираат гранити. Временската разлика меѓу базичните и киселите интрузии веројатно изнесува повеќе десетици мил.год.

Со отварање на рифтот започнува изливање на базични карпи низ рифтната дислокација- дијабази, спилити и кисел вулканизам во преодната литосфера (формирање на вулкански острови).

Затварањето на рифтовите е придружувано со завршен базичен и кисел магматизам во поширок појас околу рифтоната зона. Во согласност со температурата на топење на киселите карпи, завршниот кисел магматизам трае подолго време и се реализира во поширок појас околу рифтоната зона.

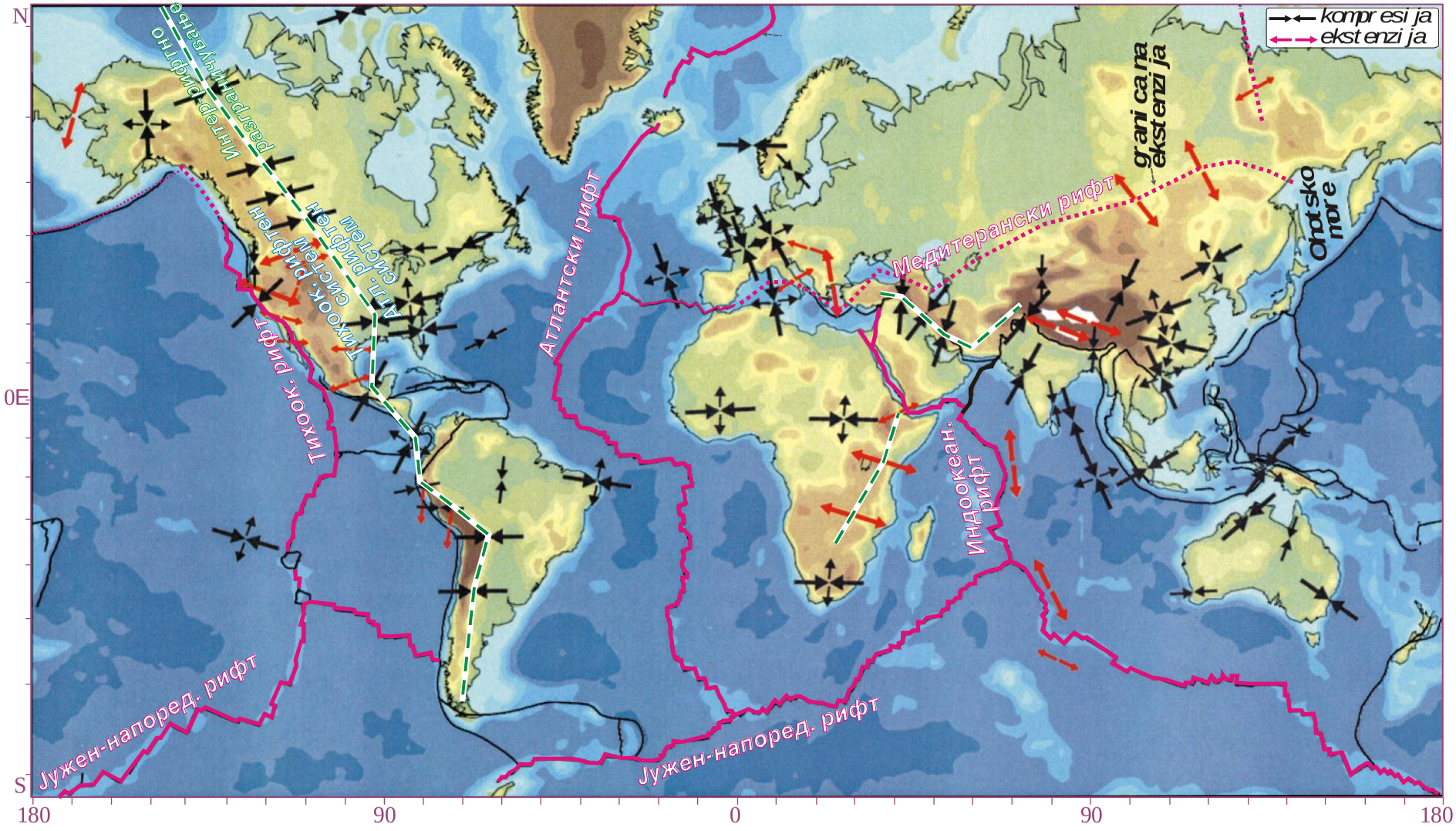
Магматскиот циклус завршува со постмагматска циркулација на хидротермални јувенилни раствори и гасови од кристализација на магма.

Во подолг постмагматски период опстојуваат хидротермалните системи на "геотермална вода" од понирана атмосферска вода (без јувенилни материи).

Миграцијата на материјал се манифестира и со *сингени и орогени процеси*.

Доминантен синген процес е формирањето на океански водени басени. Во депресиите од гравитационо тонење на преодната литосфера се формираат крајокеански морски басени.

Sl. 3. Karta na napregawa na povr{ina na Zemjata (Univ. of Karsruhe, Rel. 1997-1) so distribucija na rifтovi i inter-rifтno razgrani~uvawe na tihookeanski i atlanski rifтen sistem



Во полуконтинентите се формираат локални депресии, генерално со слатководна седиментација. Во океаните се формираат слични локални депресии, а најдлабоките од нив можат да еволуираат во "врели точки".

Доминантен ороген процес во тектоносферата е формирањето на орогени во граничните појаси на рифтните системи- Анди, Роки-планини, Алпи, Хималаи, итн. Во окенските басени се формираат планински масиви (до 2000 m висина) од исфрлена базична магма низ рифтните дислокации. Во О-К зоната се формират "вулкански острови". Во орогените процеси во полуконтинентите доминантна улога може да има механизмот на дијапирско деформирање на дуктилната кора и долната литосфера. Наведените орогени процеси се одвиваат во рифтни системи во еволуција.

Во припремниот период на формирање на рифт орогените процеси генерално треба да се инверзни на наведените.

Со наведените процеси се формираат трајни белези на рифт (и палеорифт):

- Структурирање на теренот со симетричност во однос на рифтната зона (изворот на притисок и температура);
- Интрузии на базични и кисели карпи;
- Изливи на дијабази (и спилити), . . .

СТРУКТУРИРАЊЕ НА ГЕПРОСТОРОТ НА РМ

Геопросторот на РМ е структуриран со генерална симетричност во однос на вардарската тектонска зона- Сл. 4. Оваа зона е рифтна зона на (вардарскиот) палеорифт, кој функционирал само во средна јура, како северно продолжение на индоокеанскиот рифт.

Припремниот период за формирање на вардарскиот палеорифт се лоцира од крајот на Палеозоик до почетокот на средна Јура. Затварањето на овој рифт се лоцира од крајот на средна до почетокот на горна Јура, и може да се поврзе со задоцнета еволуција на медитеранскиот рифт во однос на индоокеанскиот.

После затварањето на овој рифт, геопросторот на РМ започнува да се престртуктурира и како составен дел на медитеранскиот рифтен систем. Пост-рифтната еволуција на геопросторот на РМ под влијание на "вардарскиот палеорифт" веројатно трае и денес. Оддалеченоста од над 700 км и релативно бавната еволуција на медитеранскиот рифт, можат да бидат реални причини за долговременото опстојување на таква еволуција на геопросторот на РМ.

Со ОГК-1 на РМ дијабази со старост од млад палеозоик до средна Јура се искартирани во вардарската, дримската и западно-македонската тектонска зона. Маркантни тела од габро-перидотити, дијабази и спилити се лоцирани во регионите на Кожуф, Радуша и Лојане. Амфиболитски тела се искартирани на повеќе локации во метаморфните комплекси, но поради ограничено појавување неможат да се поврзуваат со базични карпи од функционирање на рифт. Во врска со тоа, габро-перидотитите и дијабазите во вардарската зона се сигурни белези на палеорифт, а во регионите изградени од постари карпи е можна и несоодветна детерминација на одредени литочленови.

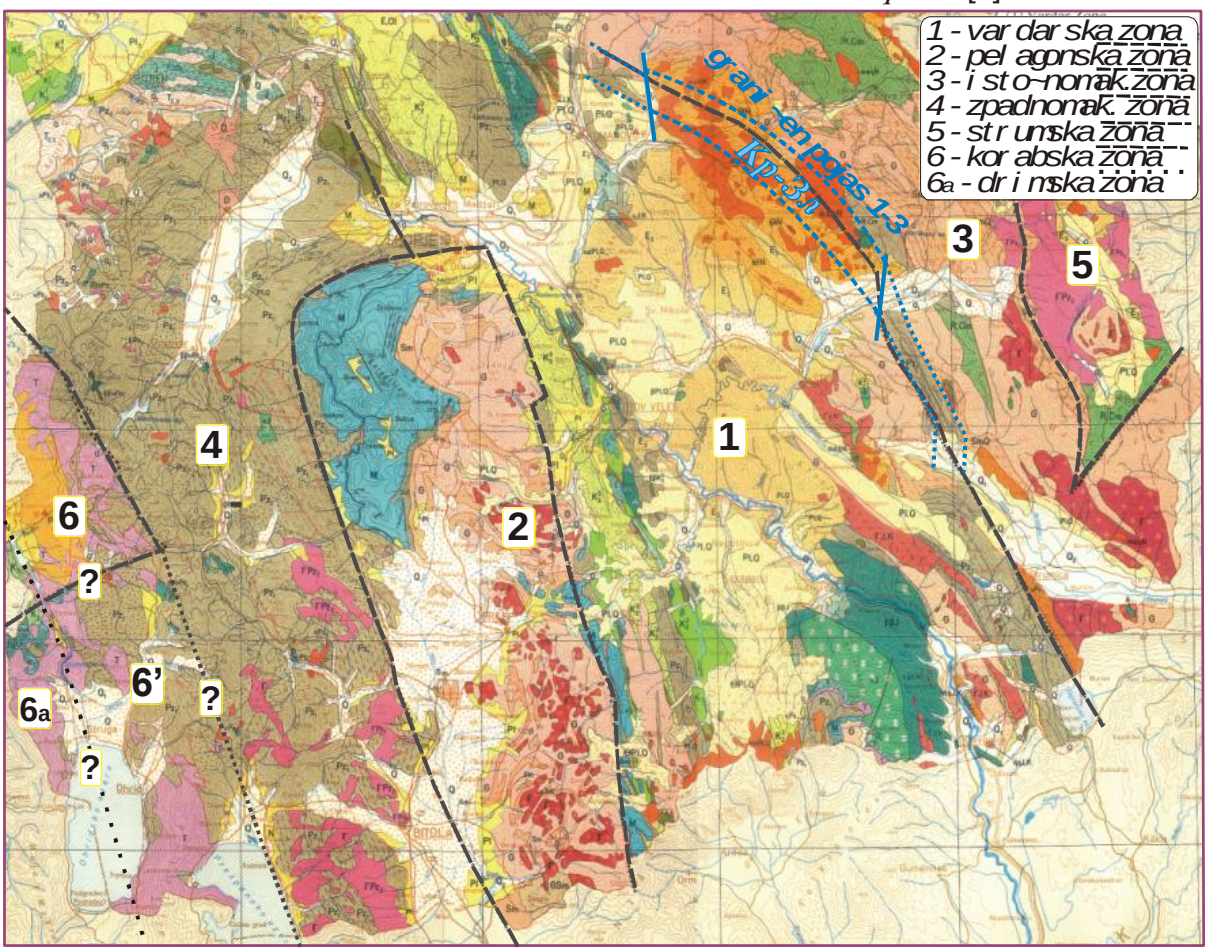
Од киселите интрузии типични белези на вардарскиот палеорифт се гранитските тела од Штип до с.Фурка (Гевгелија) со веројатна долнојурска возраст (наместо јурска или кредна според ОГК-1 на РМ). Гранитите надвор од вардарската зона веројатно имаат "палингено потекло" поврзано со топлинско дејство од "вардарскиот рифт". Габро интрузиите од вардарскиот рифт можат да потекнуваат од Тријас, а гранитските интрузии од горен Тријас или долна Јура. Палингените гранити треба да бидат со возраст меѓу гранитските интрузии и завршниот магматизам. Во припремниот период за формирање на рифт во "идните рифтни зони" се одвиваат орогени процеси, и неможат да се создаваат варовничките комплекси со дебелина како на Жеден, Сува Гора, (според ОГК-1 на РМ од тријаска возраст).

Со затварањето на вардарскиот палеорифт започнуваат завршниот базичен и кисел магматизам, со траење до почетокот на квартер. Според магматските и постмагматските ефекти, и посебно според геолошката сместеност, во

геопросторот на РМ доминира кратовско-злетовската вулканска област на терцијарен завршен кисел магматизам. Таа е формирна во централниот дел од граничниот појас на вардарската со источно-македонската зона, ограничен со хоризонтално раседнување по современите токови на р.Пчиња и Тркањска Река во кочанската депресија.

Граничниот појас е карактеристичен по застапеноста на карбонатни карпи (варовници, доломити и шкрилци) во кмплекс од кварц-графитични, амфибол-хлорит-серицитски шкрилци, кварцити и филити). Овој појас (зона) поминува преку цела територија на РМ со генерално простирање ССЗ-ЈЈИ и со ширина над 2-3 км - Сл. 4.. Во источнит делови на граничниот појас се внесени интрузии на габро (веројатно од тријаска возраст) и помлади гранодиоритски тела (веројатно од јурска возраст).

Сл. 4. Тектонски зони во геопросторот на РМ со иницијална основа на кратовско-злетовската вулканска област Кр-Зл [1]



Во врска со дологовременото опстојување во топлинско поле и над 1000^{O}C, можна е и одредена физичко-хемиска преработка на варовничките карпи. Со наведениот склоп зоната со варовнички карпи е погодна за контактна и хидротермална минерализација. Од тој аспект оваа зона во кратовско-злетовската вулканска област е недоистражен.

Во современото опстојување во кратовско-злетовската вулканска област граничната зона започнува и завршува со хидротермални системи- на север со системите во кумановско, а на југ со системот "Подлог-Бања" кај Кочани.

Термоаквиферот на хидротермалниот систем "Подлог-Бања" е формиран во плутонити, и е најиздашен систем во РМ. На повеќе локации во граничната зона се регистрирани хидротермални појави (во кратовскиот регион, во пресекот со Злетовска Река, ...). Во тој контекст, зоната со варовнички карпи во кратовско-злетовската вулканска област е евидентно и неистражен потенцијал на геотермална енергија.

ДИСКУСИЈА

Современите глобални геотектонски истражувања се карактеризираат со "ангажираност во стекнување на релевантни податоци за градбата на тектоносферата и Земјата" и "резервираност кон *нови геотектонски концепции*". Спротивно на тоа, развојот на геотектонските истражувања е условен и од функционалноста на концептите за нивно раководење. Во тој контекст, концептот на "миграција на материјал во тектоносферата" се предлага како реален "концепт за раководење на глобални геотектонски истражувања и систематизација на податоци од нив".

ЗАКЛУОК

Концептот "миграција на материјал во тектоносферата вклучува конвективен систем во течната мантија" (слично со концепијата на "Play tectonics") и придружен "систем на миграција на материјал во тектоносферата".

Миграцијата на материјал во тектоносферата вклучува и "дисконтинуирана конвекција на магма од мантијата кон површината на литосферата" (слично со "Plume tectonics"), но само од "базите на рифтовите во мантијата".

Литосферата е структурирана од конечен број на рифтни системи, еднаков со бројот на рифтови.

Рифтовите и рифтните системи веројатно се во целосна симетрија со конвектив-ните системи во мантијата.

Рифтните системи еволуираат во "систем на интеракција на напрегањата од рифтовите во цела литосфера".

Секој домен од литосферата припаѓа во некој и само во еден рифтен систем.

Геопросторот на РМ е структуриран со "вардарскиот палеорифт". После затварањето на вардарскиот палеорифт, геопросторот на РМ се преструктурира во пострифтен стадиум на "вардарскиот палеорифт" и како составен дел на медитеранскиот рифтен систем.

ЛИТЕРАТУРА

Arsovski, M. (1997). Tektonika na Makedonija, Skopje

Belousov V. V., i dr. "Tektonosfera", Moskva, "Nedra" 1975

Домурџанов Н., Петров Г., "Литостратиграфски карактеристики на офиолитскиот комплекс Демир Капија-Гевгелија, Македонија", Geologica Macedonica, Т.6,Но.1, Штип, 1992

Earthquakes and Seismicity. (2006). Geophysics 221; Retrieved from: http://rubble.phys.ualberta.ca/~doug/G221/SeisLecs/seiserqk.html

International Handbook of Earthquake Engineering and Engineering Seismology-PART A, (2002). International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI). Academic Press, an Imprint of Elsevier Science.

International Handbook of Earthquake Engineering and Engineering Seismology-PART B, (2002). International Association of Seismology and Physics of the Earth's Interior (IASPEI). Academic Press, an Imprint of Elsevier Science.

Jean Goguel., "Geotermija", Pariz-1975

Kennett, B.L.N. (1997). Three-dimensional seismic structure beneath Australia: the SKIPPY Project 1993-1998. AGSO Journal of Australian Geology & Geophysics, 17(1), 49-54.

Retrieved; from: http://wwwrses.anu.edu.au/seismology/Expt/skippy97/skippy.new.html

Mirakovski, G. (2001). Total rift structure of the lithosfere and migraton processes vs. subduction processes. IAGA-IASPEY (Abstrakt), Hanoj-Vietnam.

Nikoli}, P. (1989). Geotektonika. Naucna kniga- Beograd

Wilson, M. 1989. Igneous petrogenesis, a global tectonic approach. Unwin Hyman, London.

Wikipedia (терминологија и графичка поддршка)

ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА НА РЕОНОТ "ДЕЛЧЕВО-ПЕХЧЕВО-БЕРОВО" ЗА ИЗРАБОТКА НА ОГК-2

Новица Столиќ
ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје, ул. Црвена скопска општина бб, Скопје, тел/факс: +389 (2) 3221 118, e-mail: geologing@geologing.com.mk, www. geologing.com.mk

Апстракт

Прикажани се најзначајни резултати од геофизичките истражувања за потребите на изработка на Проект А-2 Основна геолошка карта на Република Македонија (ОГК-2) во размер 1:50 000 на реонот "Делчево-Пехчево-Берово". Со оглед дека не беа вршени наменски истражувања, искористени се, синтетизирани и реинтерпретирани резултати од регионалните и деталните геофизички истражувања кои беа наменети за други потреби (изработка на основни геофизички карти, за истражување на нафта, метални, неметални и енергетски минерални суровини, за хидрогеолошки, геотехнички и други истражувања). Од аспект за изнаоѓање на метални минерални суровини како најпотенцијален терен е издвоен Буковик-Кадиица, а во рамките на него најперспективен простор е северозападната периферија на Буковички кварцлатитски ефузив.

Клучни зборови: геофизички истражувања, геологија, минерална суровина, реон

ВОВЕД

Со долгорочна програма за развојот на Основни геолошки истражувања во Р. Македонија, за територијата на Р.М. се формирани пет макропроекти: "Српско-Македонска маса", "Вардарска зона", "Пелагон", Западно-Македонска зона" и "Неогени и квартерни базени".

Макропроектот "Српско-Македонска маса" прв почна да се реализира, и се состои од пет проекти:

- А-1 реон "Осогово-Саса-Тораница";
- А-2 реон "Делчево-Пехчево-Берово";
- А-3 реон "Плачковица";
- А-4 реон "Огражден-Беласица" и
- А-5 реон "Кратовско-Злетовско вулканска област".

Од овие проекти завршен е А-1 реон "Осогово-Саса-Тораница" а А-2 реон "Делчево-Пехчево-Берово" е во завршна фаза, пред печатење.

Реонот "Делчево-Пехчево-Берово" зафаќа површина од 1.312км^2 а се наоѓа во крајните источни делови на Р. Македонија, на географска должина 22º36'53" ÷ 23º42'03" и на северна географска ширина 41º33'14" ÷ 42º05'45".

На тој простор се изведени повеќе геофизички истражувања, со различни методи (гравиметриска, геомагнетна, сеизмичка, геоелектрична, електромагнетна, каротажна), во различни временски периоди, и со различен карактер (регионални, полурегионални и детални).

Непосредно по втората световна војна, предност им е дадена на деталните истражувања за пронаоѓање на метални минерални суровини, првенствено на железо. Регионалните истражувања се изведувани за утврдување на тектонски и структурни односи на поголеми простори, а деталните за изнаоѓање на наоѓалишта на минерални суровини и издвојување на перспективни терени.

За потребите на Проектот А-2 Основна геолошка карта (ОГК-2) 1:50.000 реон "Делчево-Пехчево-Берово" не се вршени наменски геофизички истражувања, така што не можеше да се изработи Толкувач, туку е изработена Синтеза на резултати од досега извршените геофизички истражувања. Синтезата е изработена со цел за подетално дефинирање на геолошко-тектонска градба на подлабоките делови на земјината кора и за рудоносноста на реонот "Делчево-Пехчево-Берово".

Во синтезата се собрани, систематизирани и на погодан начин се прикажани поважните геофизички податоци, со оценка на нивниот обем и квалитет, и врз основа на

тоа дадени се предлози за идни подетални истражувања.

РЕЗУЛТАТИ ОД РЕГИОНАЛНИТЕ ГЕОФИЗИЧКИ ИСТРАЖУВАЊА

За согледување на геофизичките карактеристики на реонот "Делчево-Пехчево-Берово", од регионалните истражувања можат да се искористат само резултатите од гравиметриската, геомагнетната, аеромагнетната и сеизмичката метода.

Регионални гравиметриски истражувања

Според гравиметриската реонизација, реонот "Делчево-Пехчево-Берово", е дел од Внатрешна гравиметриска провинција, и тоа нејзиниот источен гравиметриски минимум. Вредностите на гравиметриските аномалии на реонот се движат од $-66\times10^{-5}m/s^2$ до $-20\times10^{-5}m/s^2$. Средната вредност изнесува $-34.98\times10^{-5}m/s^2$.На гравиметриската карта на Буге-овите аномалии маркантно се издвојуваат два гравиметриски минимуми и четири максимуми.

Првиот гравиметриски минимум е со поголем интензитет $-66\times10^{-5}m/s^2$ а се јавува во северозападниот дел од теренот од Костин Дол кон караула Атанасица. Тој преминува во суседниот реон Саса-Тораница и во Бугарија. Центарот е во реонот Саса-Тораница во Осоговските планини. Вториот гравиметриски минимум од $-53\times10^{-5}m/s^2$ се јавува во најисточните делови на реонот, источно од градот Пехчево, во северните делови на Малешевки планини. Овој минимум преминува во Бугарија, но центарот му е на нашата териоторија.

Двата гравиметриски минимуми веротатно се една целина и потекнуваат од регионален длабински разлом во длабоките делови на земјината кора. Долж овој разлом, во зоната на минимумите е најинтензивно изливање на киселите магматски карпи, а доводниот канал е надвор од територијата на Р. Македонија.

Од гравиметриските максимуми најмаркантно е издвоен во пределот на с. Русиново и кај ридот Миношор со интензитет до $-18,0\times10^{-5}m/s^2$. Се карактеризира со правец на протегање е ССИ-ЈЈЗ и со голем градиент на ободните делови, и тоа на јужната страна кон Малешевските планини и на источната страна кон Ратево. Овој дел од теренот е издвоен како Русиновска формација на зелени и филитични шкрилци. Од структурен аспект теренот е сложен, на што укажуваат две антиклинали и една синклинала. Во близина на синклиналата, во реонот на Петрово брдо, се констатирани појави на Fe, Cu и Au, што укажува на перспективноста на овој дел од теренот. За разлика од тоа, во јужниот дел од овој гравиметриски максимум се јавува геомагнетски минимум, така да теренот е послабо перспективен од металогенетски аспект.

Во Разловачка планина се јавува максимум со интензитет до $-26,5\times10^{-5}m/s^2$. Се протега во правец С-Ј од Робовски Врчак до Голема Полана. Аномалискиот причинител се младо палеозојски гранодиорити, кои имаат поголема волуменска маса во однос на околните карпи.

Третиот максимум, со интензитет до $-22,5\times10^{-5}m/s^2$, е лоциран во западниот дел од реонот и го зафаќа источниот дел од планината Плачковица кај Црешна и Широко Присое. Иако е теренот изграден од мусковитско-биотитските гнајсеви, причинител на оваа аномалија се гранитски интрузивни тела кои се покриени, на што укажува и позитивна аеромагнетна аномалија.

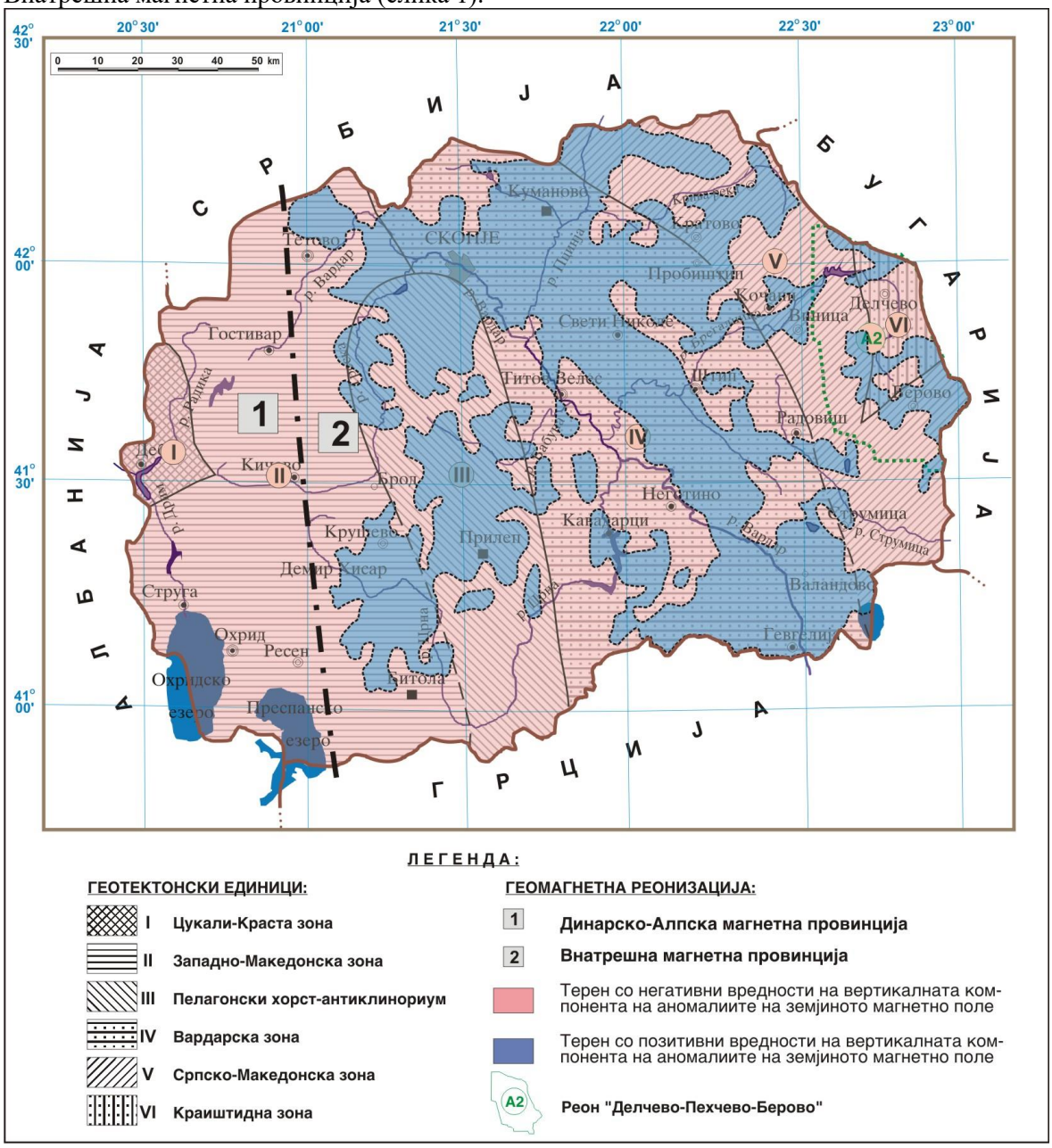
Четвртиот аномалиски максимум е лоциран во северниот дел од реонот, западно од селата Чифлик и Трабовиште. Оваа аномалија, како и претходните две потекнува од присуство на младо палеозојски гранодиорити и гранити, кои се најзастапени во геолошка градба на овој дел од теренот.

Петтиот максимум е лоциран во североисточниот дел од реонот, СИ од Делчево и зафаќа северниот дел од планината Влаина. Потекнува од базитите а преставува дел од претходно споменатиот регионален гравиметриски максимум кој коинцидира со регионална позитивна геомагнетна аномалија.

Регионални геомагнетни истражувања

Според карактеристиките на геомагнетното поле, територијата на Р. Македонија припаѓа на две регионални

магнетни провинции: Динарско-Алпска и Внатрешна магнетна провинција (слика 1).



Слика 1. Геомагнетна и геотектонска реонизација на Р. Македонија

Источниот дел на Р. Македонија, односно Српско-Македонски масив, вклучувајќи го и реонот "Делчево-Пехчево-Берово", припаѓа на Внатрешна магнетна провинција. Вредностите на геомагнетните аномалии на вертикална компонента на Земјиното магнетно поле во реонот "Делчево-Пехчево-Берово" се движат од -300nT до +500nT.

Геомагнетното поле е доста хетерогено, со поголем број на позитивни и негативни аномалии кои воглавно се со изометрична форма и со различен правец на протегање.

Од негативните аномалии се издвојуваат 14 аномалии, чие потекло е од геолошка природа, односно од немагнетичните карпести маси кои имаат многу низок магнетен супцептибилитет.

Од металогенетскиот аспект интересни се позитивни геомагнетни аномалии. Во северниот дел од реонот, северно од Истемник, се издвоени шест позитивни аномали со интензитет до +300nT. Тие се лоцирани: најсеверно кај Боровит Чукар (во доменот на негативна гравиметриска аномалија); јужно од врвот Острец (кај

појавите на Cu и Ag); од Синанова Чешма до Луков Врв (каде се јавуваат гранодиорити и локални појави на Cu и Au); кај Цветкова чешма (потекнува од присуство на млади интрузивни тела); источно од с.Трсино каде се констатирани гранитни интрузии и појави на Fe, Mn и интензивна каолинизација, и источно од с. Трабовиште која е предизвикана од присуство на гранититеЦентралниот и источниот дел од реонот се карактеризира со позитивно геомагнетно поле каде се истакнуваат четири аномалии. Нивните центри се лоцирани: 2км северозападно од Митрашинци (со интензитет преку +500nT); 4км западно од Црник кај Иринец (со интензитет преку +200nT); потоа кај Чифлик (со послаб интензитет до +100nT). Аномалиите се поврзани за младите гранитски интрузии кои избиваат на површина на теренот (првите две аномалии) или, како што е случај кај третата аномалија, се јавуваат блиску до подлогата на неогените седименти.

Во источниот дел од реонот се јавува четврта најинтензивна позитивна геомагнетна аномалија со интензитет преку +500nT. Се протега во правец ССИ-ЈЈЗ и зафаќа голем простор на Буковичка планина, кој е изграден од терциерните вулкански карпи и зелените шкрици. Просторот зафаќа две формации: Буковичката формација на кварцлатити, латити, дацити, андезити и туфови и Русиновската формација на зелени и филитични шкрилци. Аномалискиот причинител се вулканските карпи кои имаат голем магнетен супцептибилитет и интензивна минерализација со значително присуство на железо.

Југозападниот дел од реонот е исто така мошне интересен дел од металогенетски аспект, каде се јавува позитивно геомагнетно поле со пет изометрични аномалии со правец на протегање СЗ-ЈИ. Аномалиите кои се издвоени кај Каруца на Плачковица и јужно во Ласкаревски Дол се со послаб интензитет до +75nT. Во овој југозападниот дел од реонот е констатиран долг аномалиски појас со интензитет до +200nT, кој се протега на должина од околу 15км во правец СЗ-ЈИ, на потегот од Кобилски рид на север се до Петлец (1352мнв) на југ. Интересно е тоа што на овој потег се констатирани многубројни појави на Fe, Ti и Mn. Теренот припаѓа на Митрашинска формација на амфиболити, амфиболски гнајсеви и метагабро и титаномагнетити. Аномалискиот појас е поделен на два дела, на јужниот со една широка аномалија околу Касаплија, Градиште и Глогат, и на северниот дел. Северниот дел од аномалискиот појас е поинтересен а се состои од три аномалии со центрите кај Громадна, Леснов Чукар и Лангов Чукар. Во него е откриено наоѓалиште на титаномагнетити Митрашинци. Источно од овој аномалискиот појас на растојание од околу 3км, во пределот на Касанова чешма, Материца до Средно брдо, се јавува голема аномалија со интензитет до +400nT. Во овој дел на аномалијата се јавуваат гранодиоритски тела и појавите на железо и полиметали (Cu, Zn и Mo). Сите овие геомагнетните аномалии во југозападниот дел од реонот многу добро се совпаѓаат со аеромагнетните аномалии. Всушност, аномалискиот појас укажува на длабока структура, вдолж која е извршено изливање на хидротермалните раствори и депонирање на титано-магнетитската минерализација блиску до површина на теренот.

Јужниот дел од реонот се карактеризира со мирно геомагнетно поле со слабо изразени аномалии, дури и кај појавите на полиметалична минерализација кај Двориште. Тоа се јавува поради регионален карактер на истражувањата, односно ретката мрежа на мерните точки.

Регионални аеромагнетни истражувања

На реонот "Делчево-Пехчево-Берово" интензитетот на тоталната компонента на земјиното магнетно поле се движи во дијапазон од -300nT до +450nT.

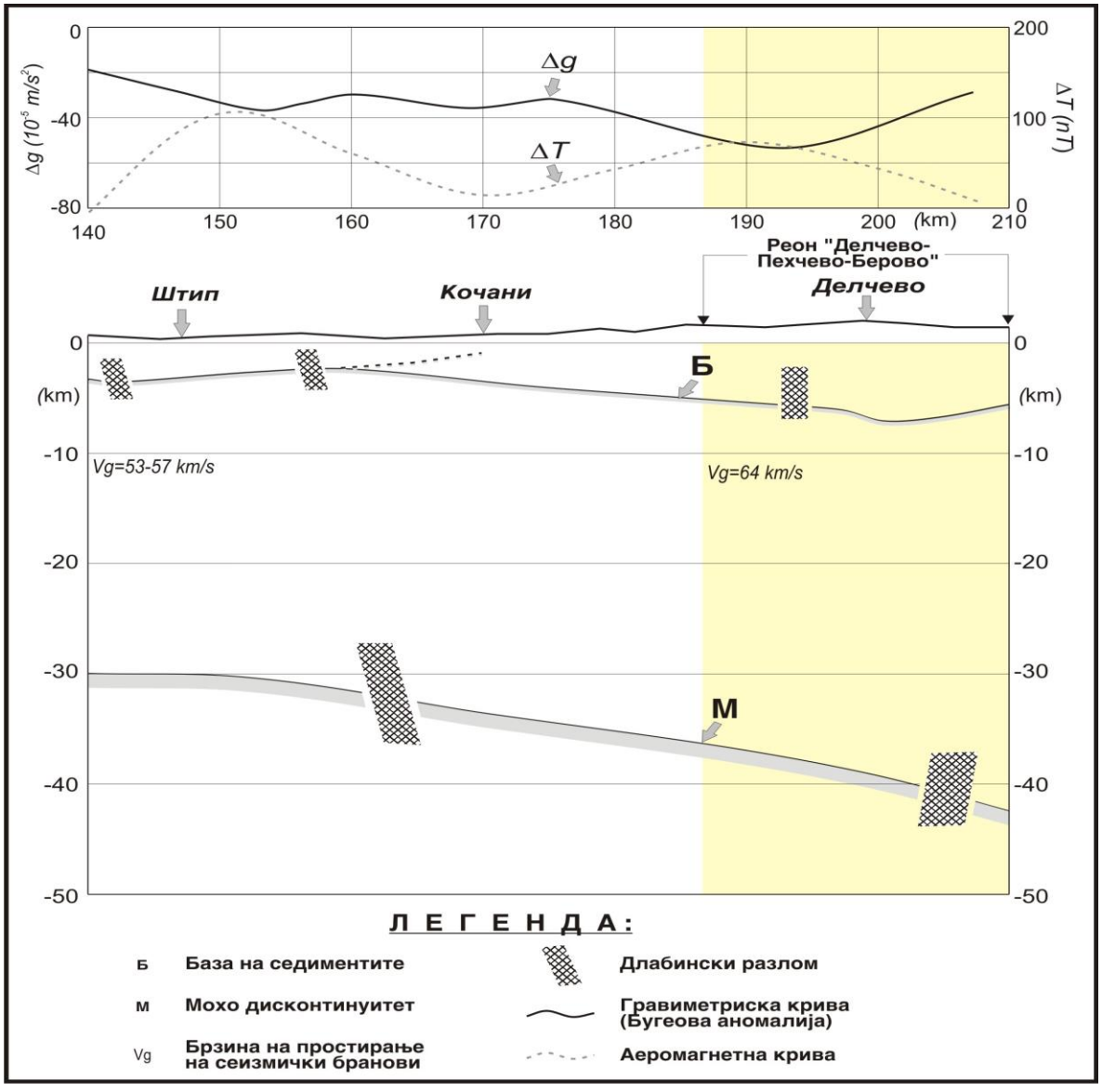
Генерално на целиот реон преовладуваат позитивни вредности. Зоните со негативни вредности се многу малку застапени, изолирани само на девет места. Се јавуваат воглавно во централниот дел од теренот, западно од патот Делчево-Пехчево до Разловци.

Северниот дел од реонот, северно од Трабовиште, а исто така јужниот и југоисточниот дел, се карактеризираат со мирно магнетно поле и со вредностите околу 0nT. Во останатиот дел од реонот се

јавуваат аномалии кои се прилично разводнети и воглавно со изометрична форма.

Најинтересни позивни магнетни аномалии се констатирани на неколку места: во близина на Тработивиште кај Бурлучки Брест (аномалија со +450nT); 2км источно од Разловци (аномалија со +450nT); кај Бајаз Тепе (аномална зона со протегање во правец СИ-ЈЗ од Чокалица-Бајаз Тепе-Желкино Присое); на планина Буковик, источно од врвот Орловец (аномалија со со протегање СЗ-ЈИ и интензитет до +450nT); источно од Митрашинци; североисточно од Владимирово; северозападно од Владимирово каде се јавуваат појави на Fe, Mn, Ti и Au (зона со протегање СЗ-ЈИ); западно од Русиново од Робан до Цурев рид (долга зона од околу 4км со протегање С-Ј); и во претходно спомнатата Митрашинска зона (наоѓалиште на титаномагнетити) аномалиска зона со протегање СЗ-ЈИ од Струмички рид, преку Громадна, Лесков Чукар до Чунговец.

Ако издвоените позитивни магнетни аномалии се споредат со геолошката карта, може да се заклучи дека аномалиите, а поготово аномалните зони, се пратат со раседните структури долж кои се јавуваат рудни појави. Исто така се поврзани со базичните карпите кои имаат висок магнетен супцептибилитет (гранити, гранодиорити, гранитпорфири, кварцлатити и др.).



Слика 2. Дел од профилот на длабоко сеизмичко сондирање Дебар-Велес-Делчево (Драгашевиќ Т., 1975)

Регионални сеизмички истражувања

Од двата изведени профили на територија на Р. Македонија, единствено профилот Дебар-Велес-Делчево делумно го сече реонот "Делчево-Пехчево-Берово". Резултатите укажуваат дека во рамнина на профилот базата на седиментите, односно граница на консодолираната кора, се јавува на длабочина од 6÷8км, со синклинална форма околу Делчево (слика 2).

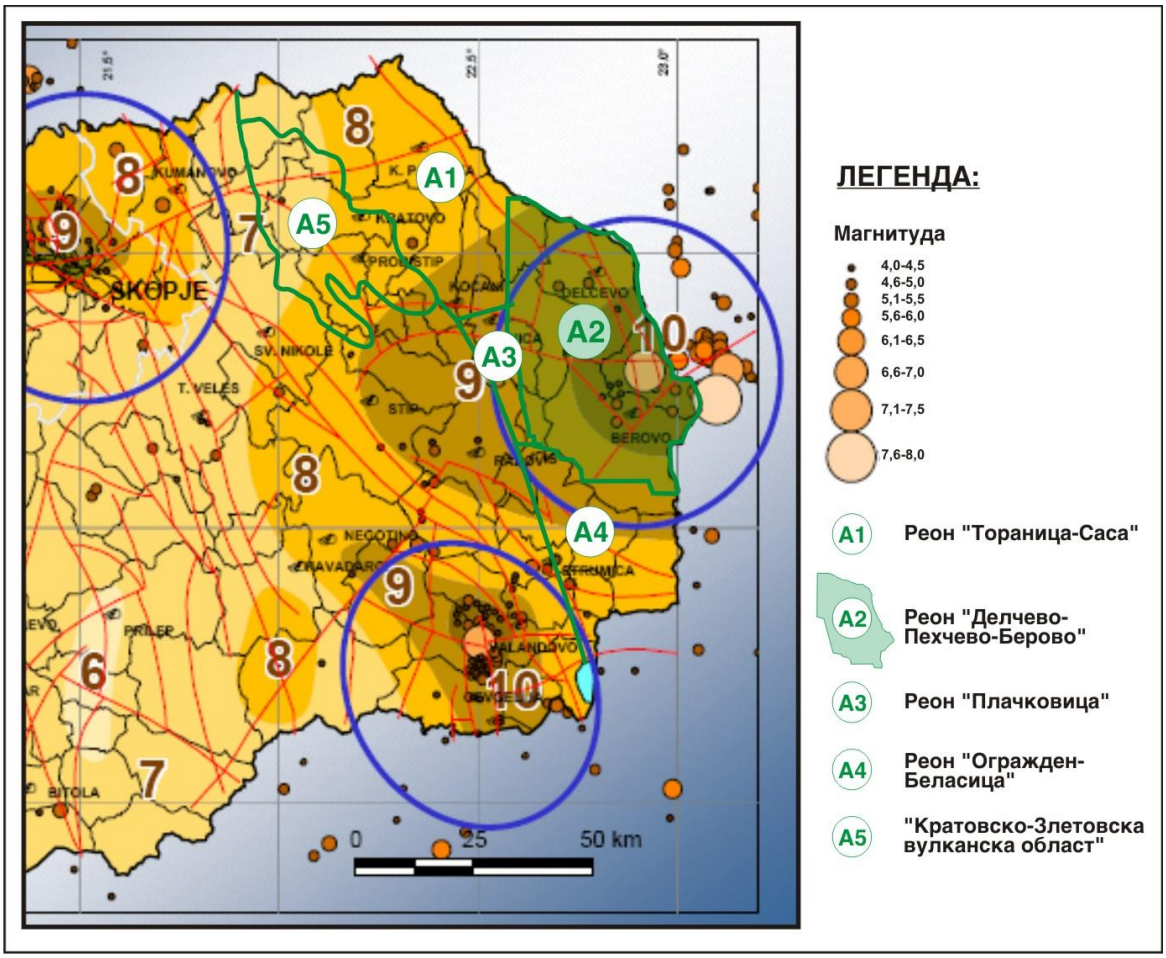
Западно од Делчево е констатиран длабински расед. Граничната брзина во консолидираниот дел на карпестиот комплекс изнесува околу 64км/с. Дисконтинуитетот на Мохоровичиќ (Мохо слој) е индициран на длабочина од 36÷42км. Овој дисконтинуитет е нарушен со еден длабински расед кој се јавува над регионален гравиметриски минимум под Влаинскиот планински масив.

Сеизмотектоника на реонот "Делчево-Пехчево-Берово"

Сеизмичката активност на реонот "Делчево-Пехчево-Берово" е продукт на тектонските, неотектонските, геолошките, геоморфолошките, хидрогеолошките и инжињерскогеолошките процеси кои се одвивале и сеуште се одвиваат на теренот. Сеизмичката активност е поизразена долж различни геотектонски целини, долж големи расади, на нестабилните подрачја загрозени со активни свлекувања и терени плавени со подземни и површински води.

Теренот на реонот "Делчево-Пехчево-Берово" со својата тектонска градба припаѓа на две геотектонски единици, во најголем дел на Српско-Македонската маса и во помал дел на Краиштидна зона. Формирањето на структурите е условена со тектонските движења, кои делувале во одделни периоди, со палеозојската, херцинската и алпската орогена фаза.

Неотектонските раседи кои се јавуваат на овој реон припаѓаат на Источно-Македонската група на раседи, Брегалнички, Беровски и Митрашински расед.



Слика 3. Сеизмотектонска карта со очекувани максимални интензитети на сеизмичките потреси (по Јанчевски Ј., 2004).

Брегалничкиот систем на раседи се состои од две рабни дислокации помеѓу ободните блокови и Пехчевската депресија. Делчевско-Беровската депресија на јужната страна завршува тектонски со Беровскиот расед кој се протега во правец СИ-ЈЗ. Овој расед е создаден пред палеозоик а реактивиран е во неотектонската етапа. Митрашинскиот расед се протега по западниот рабен дел на Пехчевската депресија, од Берово на југ, па преку с. Митрашинци се спојува со Плачковичкиот расед.

Од анализата на сеизмометриски регистрирани податоци, како и од анализата на теренските набљудувања на макросеизмичките манифестации, се доаѓа до констатација дека реонот "Делчево-Пехчево-Берово" може да се класифицира како мошне трусно подрачје, со појава на земјотреси од 8-тиот (на незначителен североисточниот дел), 9-тиот степен (на околу 60% од вкупна површина) и 10-тиот степен (на околу 40% од вкупна површина) по МСК-64 сеизмичка скала, односно во подрачје со зголемен сеизмички ризик. Тоа е најдобро илустрирано на приложената сеизмотектонска карта со максимални очекувани интензитети на земјотресите (слика 3). Најзагрозеното подрачје, од сеизмички аспект, е теренот околу Пехчево, каде можаат да се очекуваат потреси со голема магнитуда од 7,1÷7,8.

ГЕОФИЗИЧКА ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА НАЈЗНАЧАЈНИТЕ НАОЃАЛИШТА НА МИНЕРАЛНИ СУРОВИНИ

Деталните геофизички истражувања се изведувани во рамките на геолошките истражувања на наоѓалишта и појави на разни минерални суровини: Fe, Fe-Ti, Pb-Zn, Cu, Au, Mo и други метали, каустобиолити како и за истражување на украсен и градежен технички камен. Најдобро истражени наоѓалишта со геофизичките методи се: наоѓалиште на титано-магнетитите "Митрашинци"-Беровско, наоѓалиште на железо и полиметалична минерализација Буковик-Кадиица-Пехчево и јагленови наоѓалишта во Делчевско-Пехчевската котлина.

Митрашинци - Беровско

Геофизички истражуваниот терен Митрашинци зафаќа простор околу селата Митрашинци, Будинарци, Мачево, Смојмирово, дел од градот Берово, селото Владимирово се до источните падини на планината Плачковица. Овој локалитет, од аспект на истражување на железо, титано-магнетити и полиметалична минерализација. За истражување на железо детално е истражуван со геомагнетни мерења во 1956 година (по мрежа 200×20м на површина од околу 14км^2), и за истражување на титано-магнетити и полиметалична минерализација со гравиметриско-геомагнетни мерења во 1977 година по мрежа 300×200м на површина од 100км^2.

На овој терен, 6÷12км југозападно од селото Митрашинци е откриено наоѓалиште на титано-магнетити. Рудните резерви на наоѓалиштето се проценети на повеќе од 1.000.000 тони, со содржина на Fe од 15÷35% и на TiO_2 од 3÷12%.

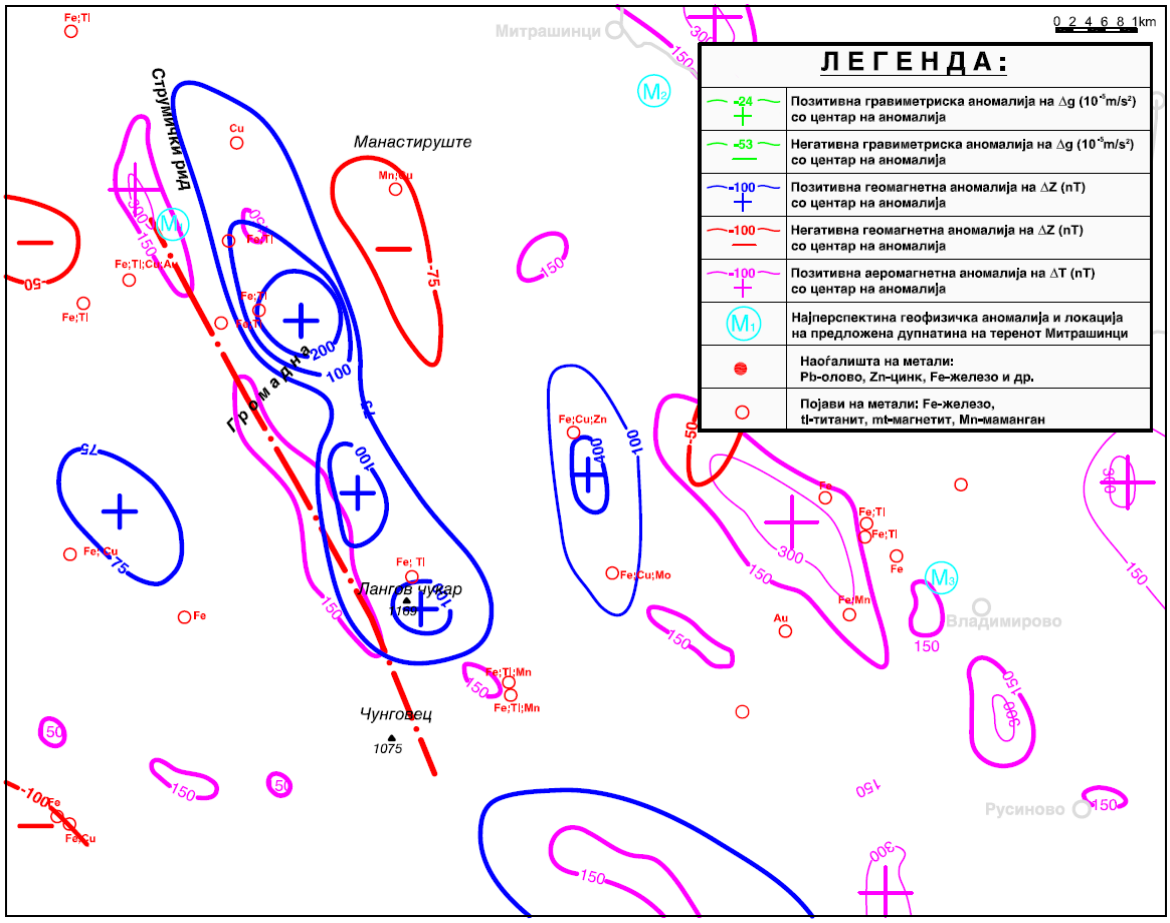
Врз основа на компарација на резултатите од геофизичките истражувања со геолошките податоци произлегуваат неколку заклучоци.

– Согледувајќи го однесувањето на гравиметриските и геомагнетните аномалии на наоѓалиштето на Fe-Ti со содржина на магнетната компонента, воочено е поклопување на максималните вредности на аномалиите над рудното тело. Ова е прва аномалиска група и најперспективна аномалија за пронаоѓање на поголеми минерализации.

– Во првата аномалиска група може да се сврста само една аномалија, со интензитет на магнетната аномалија од преку +2.000nT во локалното позитивно гравиметриско поле. Оваа најперспективна аномалија се протега од Лангов Чукар на југ до Картел на север.

– Најперспективната аномалија многу добро се потврдува и на аеромагнетната карта, каде се јавува во зоната на две анолалии со зголемен интензитет на тоталната компонента на ЗМП од +150nT до +300nT.

– За натамошни подетални истражни работи издвоени се три локални аномалии одбележани како M_1, M_3 и M_3 (слика 4). Истражувањата би требало да се изведат со вертикално дупчење според следниот редослед. Првите две аномалии да се проверат со по една дупнатина до длабочина 300м, додека третата аномалија да се провери со една дупнатина до длабочина 250м.



Слика 4. Синтезна геофизичка карта на теренот Митрашинци-Беровско

Буковик - Кадиица - Пехчево

Овој геофизички истражуваниот терен се протега источно од Пехчево и Чифлик се до границата со Бугарија.

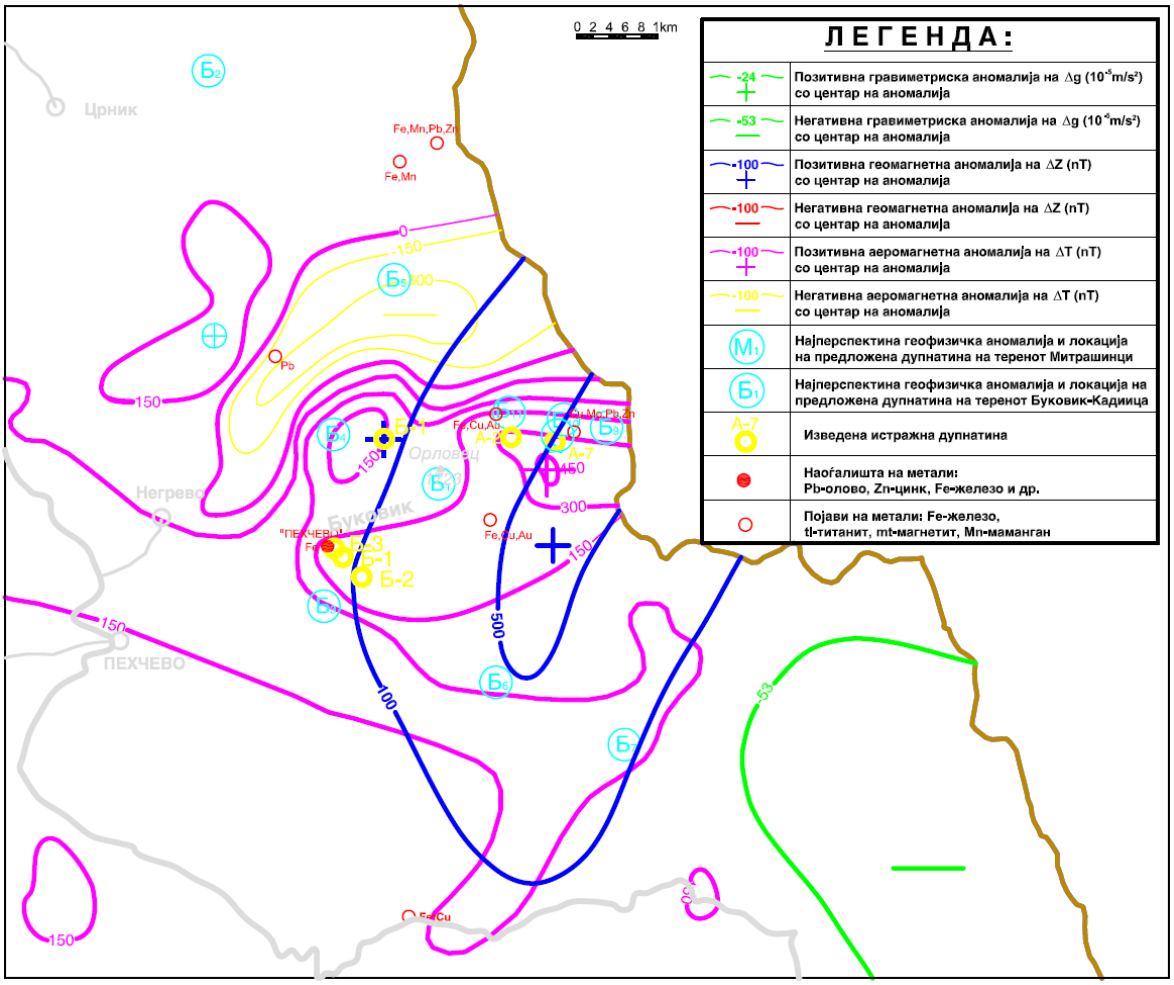
На овој терен геофизичките истражувања се вршени во повеќе фази и за различна намена. Од нив, од аспект на изнаоѓање на металични минерални суровини, извршени се детални геомагнетни, геоелектрични и електромагнетни истражувања од 1965 година, полурегионални и детални гравиметриско-геомагнетни истражувања од 1987 година, и детални геолектрични истражувања од 1985 и 1986 година.

На овој терен откриени се две наоѓалишта: наоѓалиште на железо "Пехчево" и полиметалично наоѓалиште "Буковик".
Со поновите истражувања, поготову со истражувањата во последната деценија од страна на компанијата Phelps and Dodge Exploration Corporation од САД, откриено е наоѓалиште на полиметалична суровина, пред се на бакар и злато "Буковик".

Со компарација на целокупните геофизички резултати со геолошките податоци, од аспект за изнаоѓање на полиметалична минерализација (Cu, Au, Mo и други полиметали), се доаѓа до заклучок дека, на целиот реон "Делчево-Пехчево-Берово"

како најпотенцијален терен е Буковик-Кадиица.

Во рамките на теренот Буковик-Кадиица најперспективен простор е северо-западната периферија на Буковички кварцлатитски ефузив, т.е. просторот околу аномалиите $Б_9$, $Б_{10}$ и $Б_{11}$ (слика 5). На овој простор е констатирана голема магнетна аномалија, која најверојатно е резултат на интезивна концентрација на магнетитот поврзана со сулфидната минерализација. Резултати од деталните геофизички истражувања укажуваат дека констатираните аномалии потекнуваат првенствено од пирит, но во подлабоките делови од теренот под 300м може да се очекува присуство на економска концентрација на халкопиритот и другите бакарни минерали.



Слика 5. Синтезна геофизичка карта на теренот Буковик-Кадиица-Пехчево

Делчевско - Пехчевска котлина

Детални геофизички истражувања се вршени исклучиво во рамките на истражувања на јаглен. Тие се реализирани во мал обем со примена на две методи: геолектрична метода и геофизички каротаж.

Геоелектричните истражувања на просторот на јагленовото наоѓалиште "Звегор-Стамер" се реализирани во 1985 година, првенствено за разјаснување на тектониката на наоѓалиштето, односно за поточно дефинирање на раседите во неогените седименти, кои претходно беа констатирани со дупчење. Користена е метода специфичен електричен отпор преку: геоелектрично картирање и вертикално геоелектрично сондирање.

Каротажните испитувања се вршени на два локалитета, на јагленовото наоѓалиште "Звегор-Стамер" и "Панчарево-Истевник". Врз основа на овие испитувања извршено е прецизно литолошко расчленување долж столбот на дупнати-

ните, посебно на јагленовите слоеви, издвоени се хидрогеолошки колектори и изолатори со места на дотоците на подземна вода, континуално мерење на температурата, дефинирани се технички карактеристики на дупнатините и конструкциони параметри на пиезометрите.

ЛИТЕРАТУРА

Билибајкиќ П. Билибајкиќ Д., (1977): Извештај о регионалним гравиметријско-геомагнетским испитивањима терена Митрашинци, Геофизички институт- Београд;

Билибајкиќ Д., (1987): Извештај о резултатима гравиметријских и геомагнетских испитивања у региону Буковик Кадиица, "Нафта-гас" Геофизички институт Београд;

Делипетров Т., Петров Г., (1997): Основни карактеристики на геофизичките полиња на територија на Р. Македонија, Geologica Macedonica, Т. 6, No 1, Page. 34-48, Stip, 1992;

Петрушев Е., Николов С., Божинов Б., (2008): Толкувач за Основна геолошка карта 1:50.000, реон "Делчево-Пехчево-Берово", Геологинг Скопје и Геохидроинженеринг Скопје;

Петрушев Е., Божинов Б., (2008): Толкувач за карта на минерални суровини 1:50.000, реон "Делчево-Пехчево-Берово", Геологинг Скопје;

Симиќ В., Јанчиќ Т., Јовановиќ В, (1956): Извештај за геолошко-геофизичките испитувања на теренот Митрашинци, фонд ЗГГИ;

Stojanov R., Hadzi-Petrushev B., Aleksandrov M., (1995): Dacitic-rhyolitic volcanic products at Bukovik-Kadijca (Pehchevo District) and the related porphyry-copper mineralization. Geologica Balcanica, 25.5-6, Sofia, p. 83-90;

Стојковиќ М., Ќириќ Б., Дамјановиќ К., (1976): Толкувач за геомагнетната карта на СФР Југославија - аномалии на вертикалната компонента 1:500.000 лист Скопје, Геомагнетни институт Гроцка и Сојузен геолошки завод - Белград;

Столиќ Н., (1985): Извештај за геоелектричните испитувања во Делчевската котлина - локалност "Звегор-Стамер", Геолошки завод-Скопје;

Столиќ Н., (1985): Извештај за каротажни испитувања на бушотини за јаглен во Делчевската котлина, локалност "Звегор-Стамер", Геолошки завод-Скопје;

Столиќ Н., Вучиќ Д., (1985): Геоелектрични испитувања на теренот Пехчево локалност Буковик-Кадиица. Геолошки завод-Скопје., Геолошки завод - Скопје;

Столиќ Н., Вучиќ Д., (1986): Извештај за геоелектричните испитувања на локалитетот Буковик-Кадиица. Геолошки завод - Скопје;

Столиќ Н., (1987): Извештај за геофизички каротаж на бушотини Б-234 и Б-244 на Јаглени-Берово, локалност Панчарево-Стар Истевник. Геолошки завод - Скопје;

Столиќ Н., (2008): Синтеза на резултатите од геофизичките истражувања на реонот "Делчево-Пехчево-Берово", Геологинг Скопје;

Хаџи-Петрушев Б., Столиќ Н., Петрушев Е., (2008): Толкувач за Синтезна геохемиска карта 1:50.000, реон "Делчево-Пехчево-Берово", Геологинг Скопје;

Хаџи-Петрушев Б., Петрушев Е., (2008): Толкувач за Металогенетска карта 1:50.000, реон "Делчево-Пехчево-Берово", Геологинг Скопје;

ХИДРОГЕОЛОГИЈА И ГЕОТЕРМИЈА

ОСВРТ КОН МЕТОДОЛОГИЈА НА ИЗРАБОТКА НА КАРТИ НА ПОВРЕДЛИВОСТ НА ПОДЗЕМНИ ВОДНИ РЕСУРСИ

[1] **Златко Илијовски [2]Милорад Јовановски и [3] Игор Пешевски**

[1]Градежен институт "Македонија ", Дрезденска, 52, 1000, Скопје, Македонија
[2 и 3] Градежен факултет, Партизански одреди 24, 1000, Скопје, Македонија,
jovanovski@ gf.ukim.edu.mk,

Апстракт

Во рамките на напорите за зачувување на животната средина и подземните водни ресурси од секаков вид загадување, од посебно значење е дефинирањето на степенот на повредливост или склоност кон загадување на изданските зони. Во рамките на трудот, даден е критички осврт кон методологијата која се користи при припрема на регионалните хидрогеолошки карти на повредливост кај нас, во светло на постојните тенденции во светот. Дадени се примери за вакви карти од листовите Крушево и Кратово, работени во рамките на проектот за Основната Хидрогеолошка Карта на Македонија. Анализирани се критериумите по кои се врши нивна припрема согласно на постојното Упатство, а накратко е даден осврт кон некои од познатите светски техники. Во кратки црти е претставена идејата за параметарско вреднување на основните влезни големини кои треба да се користат за припрема на овие карти. Како илустрација е даден и еден дијаграм кој би помогнал во дефинирање на соодветните тежински коефициенти.

Клучни зборови: карти на повредливост, загадување, критериуми, тежински коефициенти, изданска зона

ВОВЕД

Еден од најважните аспекти при проучување на теренот од аспект на дефинирање на условите за заштита на животната средина е и дефинирање на можностите за загадување на подземните води.

Генерално, при дефинирање на можноста на појава на негативни влијанија врз некои елементи на природната геолошка средина најчесто се користат следните термини:

Геолошки или техноген хазард (H) ја претставува веројатноста за активирање на одреден геолошки процес или процес во геолошка средина предизвикан од техничка активност, вклучувајќи го неговиот интензитет и обем. **Чувствителноста или повредливоста** (**vulnerability-V**) на одредено подрачје се означува како степен на веројатност или потенцијалност за да се случат некои негативни последици (оштетувања) од природните процеси. **Ризик** (**R**) од геолошкиот или техногениот хазард претставува веројатност за активирање на одреден процес и големината на штетата која тоа активирање може да ја предизвика, вклучувајќи материјални и други штети, па и човечки жртви.

Во рамките на трудот, ќе се даде осврт кон проблемот на дефинирање повредливоста на подземните водни ресурси (изданите).

Кај нас, одредени квалитативни (описни) методологии се користат при изработка на регионалните хидрогеолошки карти, но при тоа, критериумите не се еднозначни и се оставени за дефинирање на самите автори. Од друга страна, ова прашање во светот овој проблем се третира со низа техники, кои се засновани на детална анализа на картографските подлоги, хидрологијата на регионот, геолошките, геоморфолошките и хидрогеолошките карактеристики.

Најпозната светска методологија т.н. DRASTIC метода (Aller et all, 1987), која посебно се користи во САД. Постапката е именувана според скратеница од англиските термини Depth to groundwater level, Recharge rate, Aquifer media, Soil media, Topography, Impact on vadose zone Conductivity of the aquifer.

Кај оваа постапка се земаат предвид длабината до нивото на подземна вода, зоната на прихранување, тип на хидрогеолошкиот колектор, тип на карпа, топографијата, влијание врз надизданската

зона и водопропустноста на теренот. Поедини параметри во склоп на теренот се рангираат во категории од 0-10, при што најчувствителни се зоните со збир еднаков на 10, а најнечувствителни со 0. Вкупно, повредливоста се дефинира со помош на следната формула:

DRASTIC INDEX=
=DrDw+RrRw+ArAw+SrSW+TrTw+IrIw+CrCw

каде: R = поени по одредени параметри
W = тежински фактор по одредени параметри

МЕТОДИ НА РАБОТА

Кај нас ова прашање е третирано во Упатството за изработка на Основната Хидрогеолошка Карта во мерка 1: 100 000.
Заради илустрација на делови од методологијата на припрема на ваквите карти, може да се потенцираат следните аспекти од упатството:
Картата на загрозеност на изданските зони (аквиферите) од загадување се припрема во мерка 1: 300 000 и ги содржи следните основни елементи, содржи:

- Степен на загрозеноста на аквиферите од загадување од површината на теренот ([1])
- Сливни подрачја на карстните аквифери,
- Подрачја без искористливи аквифери,
- Локации на места за црпење на подземни и површински води.

Картата на загрозеност претставува т.н. "**прва апроксимација**" при истражувањето на загрозеноста на подземните води од потенцијалното загадување од површината на теренот. Картата не ја покажува состојбата на загаденоста на подземните води, туку хидрогеолошкиот аспект на можноста на загадување на изданските зони. Оваа карта треба да ги одразува хидрогеолошките својства на формациите и хидрогеолошките услови на теренот што влијаат врз трите основни хидрогеолошки фактори за загадување и тоа:

- можноста за продирање на загадените води или материи од површината на теренот;
- брзината на ширењето на загадените материи во изданската зона;
- способност за самопрочистување од загадените материи во изданската зона.

Со анализа и синтеза на сите податоци се кај оваа методологија, се припремаат серија на леери по сите влезни параметри, во вид на специјални карти на повредливост, кои се основа за анализа на условите за загадувањата на подземните води, евентуална примена на мерки за санација на најопасните зони и нивна рехабилитација во состојба која е одржлива и прифатлива од еколошки аспект

Во рамките на вообичаените анализи при изработка на Основната Хидрогеолошка Карта (ОХГК) можат да се дадат квалитативни ориентациони податоци за првите два фактора, додека анализата на можноста за самопрочистување бара потемелни студии и вклучување на стручни кадри од област на санитарна хемија и хидротехника. Можноста за продор на загадената материја во изданската зона од кој зависи нејзината загрозеност е поврзана главно за водопропустливоста на горните зони од теренот. Ако под некоја покривна формација со послаба водопропустност се наоѓа формација со издашен аквифер кој се експлоатира или може да биде експлоатиран за водоснабдување, тогаш тој терен ја добива онаа класа на загрозеност што ја бара самата изданска зона.
На картата на повредливост се разликуваат четири основни класи: **незагрозена, делумно загрозена, загрозена и многу загрозена класа на карпи.**
Како незагрозени главно би можеле да се сметаат следниве карпи:

- глиновито-лапоровити слоеви, флишни седименти и нискометаморфни карпи,
- интрузивни магматски и високометаморфни карпи.

Како делумно загрозени можат да се сметаат:

- претежно непропустливите комплекси,
- непропустливите квартерни седименти, но само ако под нив не лежат формации со искористливи аквифери со добра и многу добра трансмисивност,
- други цврсти карпи од т.н. класи 41 и 42 од ОХГК
- карбонатни карпи од класа 31 од ОХГК,
- водопропустни квартерни седименти од класата 11 од ОХГК,
- други неврзани седиментни карпи од класата 21 од ОХГК.

[1] Под поимот степен на загрозеност се мисли на ризикот од евентуално загадување на изданската зона, а не на состојбата на загаденоста на подземните води.

Како загрозени може да се сметаат следните карпи:

- квартерни седименти ако под нив лежат искористливи аквифери со добра и висока водопроводност,
- други неврзани карпи од класата 22,
- пропустливи квартерни седименти од класата 12 и класите 13 и 14, ако се со голема дебелина.

Во класата на многу загрозени карпи од загадување можат да се распоредат:

- карбонатните карпи од класите 32 и 33,
- високо водопропустни квартерни седименти од класите 13 и 14 (ако не се покриени со дебел водонепропустен покривач).

Во карстните терени врз загрозеноста од загадување влијае можноста за понирање на водите кои истекуваат по површината. Имено, ако внатре во такво подрачје се наоѓаат помалку загрозени карпи (на пример класити или доломити што самите за себе би претставувале незагрозени или можеби делумно загрозени наслојки), може да се јават зони со побрзо површинско дренирање, односно помала можност за подземно загадување.

Таквите карпи не ја менуваат својата класа на загрозеноста од загадување, ако водата, која истекува по нивната површина, истекува директно во водотек кој не ја губи водата или барем на некои поголеми количини.

Ако пак површинските води од таквите карпи истекуваат преку карбонатни зони и по пат на понирање допираат до слатки и експлоатабилни карстни аквифери, тогаш се зголемува степенот на загрозеност. Тие предели се третираат како "сливни подрачја на карстни аквифери".

Подрачјата оценети како загрозени или како многу загрозени од загадување, во двата случаи се сметаат како "подрачја без искористливи аквифери" и се означуваат со посебна штрафура на картата.

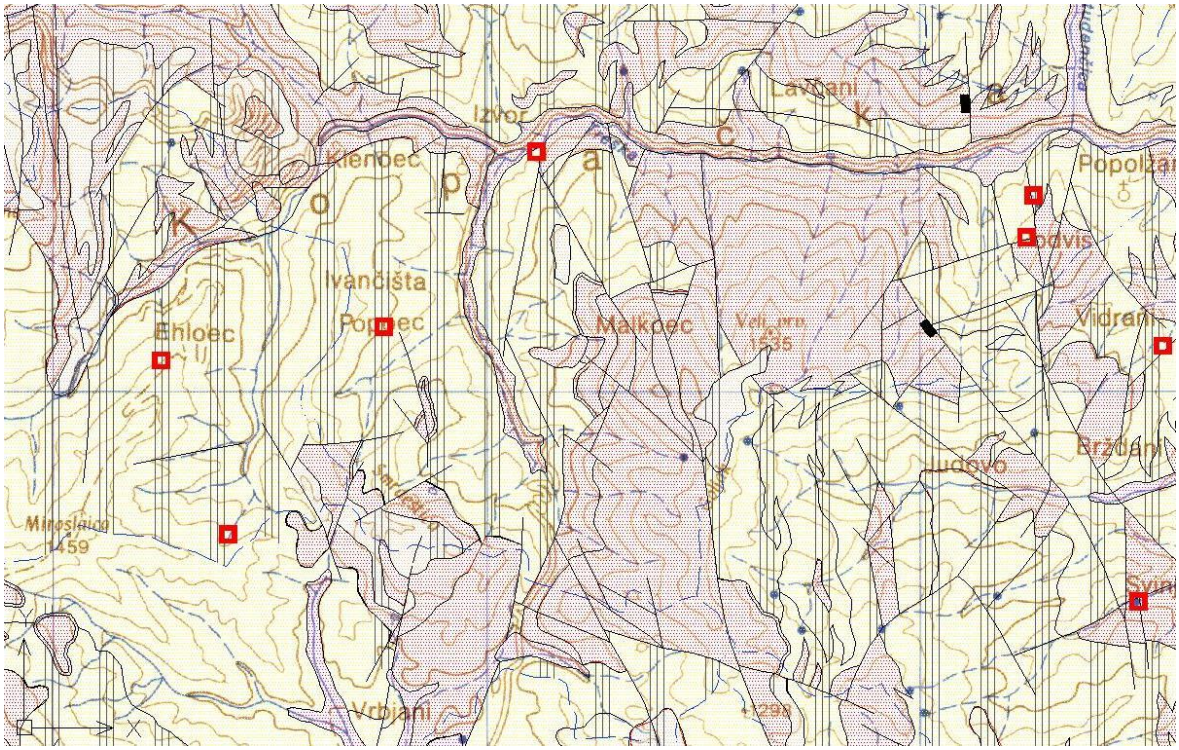
Од лично искуство на авторите при работа на повеќе практични проблеми во фази на истражување, проектирање или изведба на различни објекти од хидрогеолошки карактер, и од анализа на примери од стручната литература, авторите се на мислење дека не е можно утврдување на сложеното дејство и меѓусебното влијание на релевантните својства и состојби потребни за заштита на подземните води, без соодветен методолошки пристап при припрема на картографската хидрогеолошка документација.

Овој став посебно се однесува на картите на загрозеност, каде методологијата на припрема би требало да претрпи одредени измени во склад со светските тенденции на ова поле.

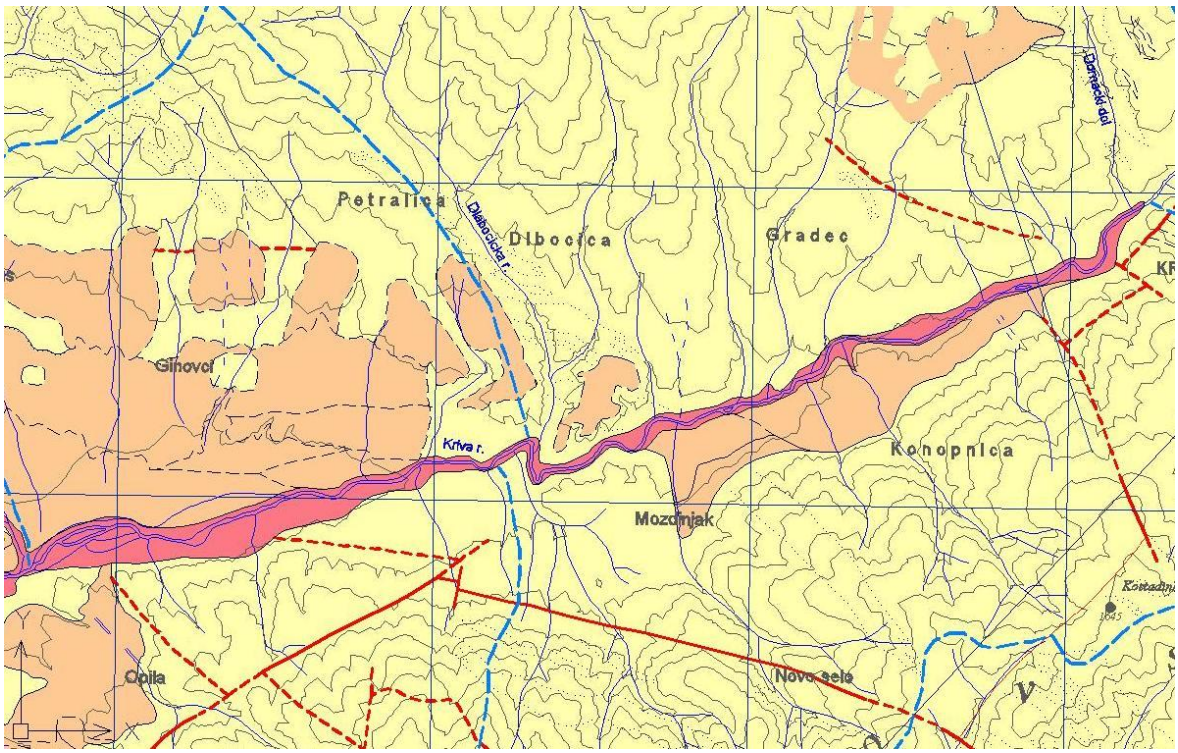
ПРИКАЗ НА РЕЗУЛТАТИ

Заради илустрација, на слика 1, е даден препорачан изглед на легенда за ваков тип карти според постојното упатство, а на слика 2 и 3 примери за карти на склоност кон загадување изработени за листовите од ОХГК Кичево и Кратово, кои се припремаат според методологијата на постојното Упатство. На слика 4 и 5 се дадени примери од литература (Burnside 2003). Дадено е поединечно вреднување на одделни параметри за анализа, кои на крај резултираат со издвоени зони за заштита од загадување. Всушност, суштината на припрема на ваквите карти лежи во дефинирање на подрачја за заштита од загадување, каде не би требало да се градат објекти кои се се потенцијално ризични за идни загадување на подлогата (на пример депонии на цврст и друг вид отпад, топилници на тешки метали, хемиска индустрија и слично.)

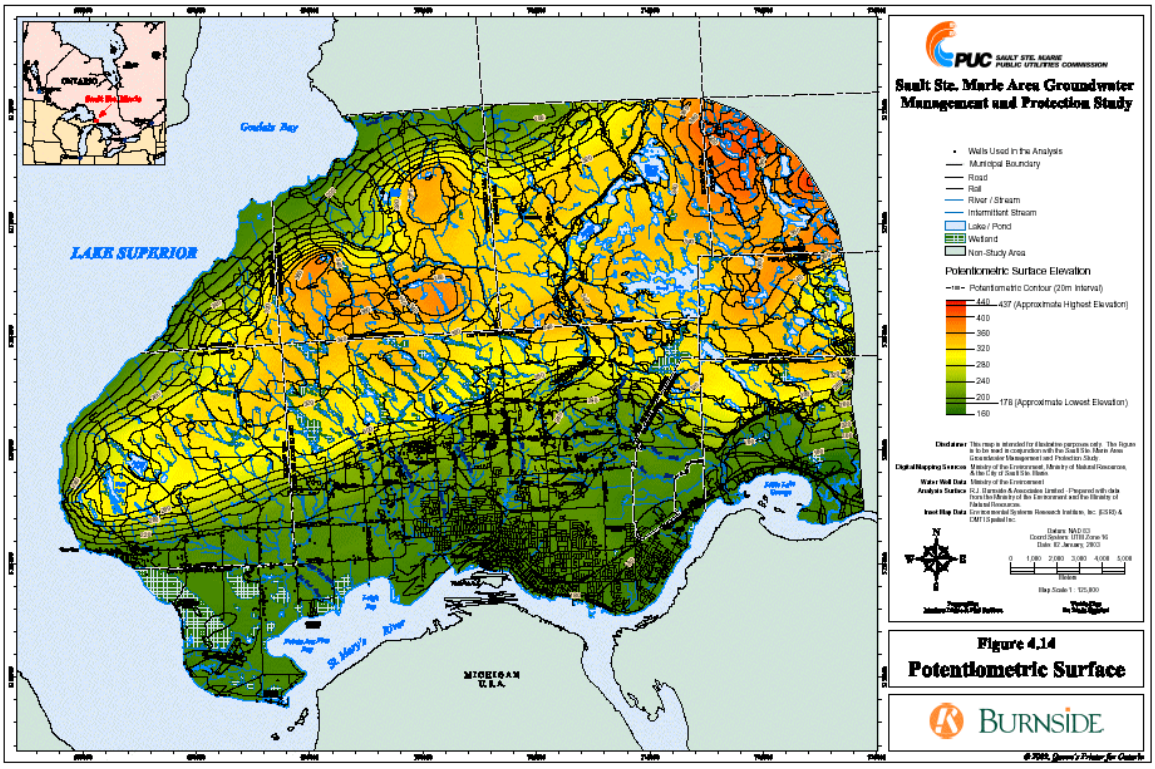
Слика 1. Препорачани легенда за карти на загрозеност според постојно Упатство за изработка на ОХГК во мерка 1: 100 000



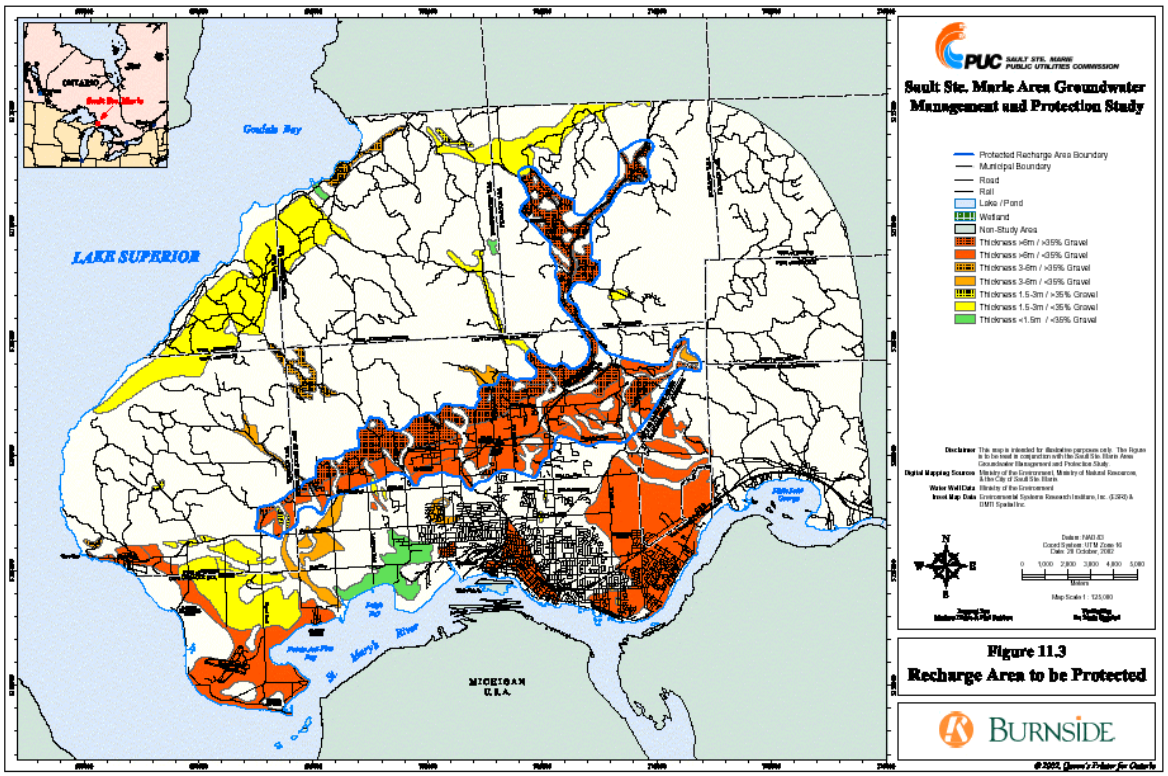
Слика 2. Карта на загрозеност на издански зони за лист од ОХГК Кичево во мерка 1: 300 000



Слика 3. Карта на загрозеност на издански зони за лист од ОХГК Кратово во мерка 1: 300 000



Слика 4. Карта на изолинии до нивоа на изданска зона за подрачје на Sault Ste. Marie во Канада (R.J.Burnside, 2003)

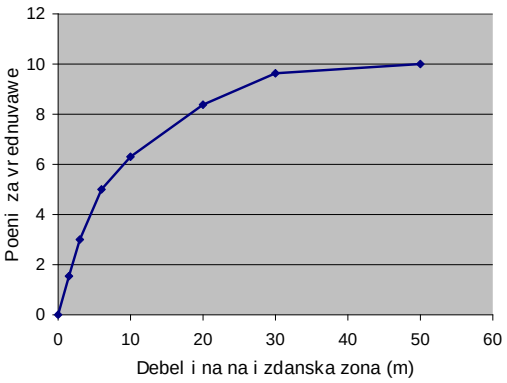


Слика 5. Карта на зони кои треба да бидат заштитени за регион Sault Ste. Marie во Канада (R.J.Burnside, 2003)

Ако се имаат предвид наведените аспект, авторите сметаат дека е потребна примена на техники на изработка кои се на некој начин се веќе афирмирани во светски

рамки. Во оваа смисла, во припрема е сопствена методологија, каде анализите би се засновале на дефинирање на квантитативни критериуми за дефинирање на тежинските фактори за одредените влијателни параметри при изработка на ваквите карти.

Имајќи предвид дека е голем бројот на влијателни фактори, најголемо внимание треба да се посвети на филтрационите карактеристики на карпестите маси, дебелината на хидроизолаторските слоеви, длабината до нивото на подземна вода, топографските услови и друго. Пример на можност за квантификација на параметрите е даден на слика 6.



Слика 6. Дијаграм за проценка на тежински фактор за анализа поврзан со дебелина на изданска зона

ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд е даден осврт кон методологијата на припрема на карти на повредливост на подземните водни ресурси. Искуствата од секојдневната пракса кај нас укажуваат дека често се присутни сериозни проблеми при заштитата на животната средина, не само кај почвените слоеви и воздухот, туку и кај подземните водни ресурси. Причините за тоа често лежат во непочитување на основните принципи на постапност, целосност, рамномерност и економичност при истражување и проектирање, но и во недефинираните услови за издвојување на најризичните подрачја склони кон повредливост. Со ова веднаш е истакната не само научната, туку и практична страна на проблемот.

Методологијата која е претставена во трудот се планира да се разработи на повисоко ниво, со цел да се воведат квантитативни критериуми по принцип на бодирање на одредени параметри.

Ваков вид на анализи треба да се врши врз основа на воспоставени функционални зависности меѓу одделни класификациони параметри за дефинирање на повредливоста, со што би се исклучил субјективизмот при воспоставување на класите на повредливост.

ЛИТЕРАТУРА

Burnside R.J., (2003) Sault Ste. Marie Area, Groundwater Management and Protection Study, Volume 1, PUS Services, June 2001

Група автори (1984, 1988) Упатство за изработка на Основна Хидрогеолошка карта на СФРЈ во мерка 1 100 000, Сојузен геолошки завод, Белград

Fagnan, N.; Lefebvre, R.; Boisvert, E.; Michaud,Y. (1998). Evaluation of groundwater vulnerability to contamination in the Laurentian Piedmont using the drastic method, Quebec

Harter T., (2001) Assesing Vulnerability of Groundwater, May, Santa Rosa California

UNESCO (1989) International
Hydrogeological Map of Europe, The Unesco Press, Paris

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОКОЛИНАТА НА ДОЈРАНСКОТО ЕЗЕРО И МОЖНОСТИ ЗА ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

[1]Војо Мирчовски, [1]Дељо Каракашев, [1]Гоше Петров, [2]Владо Мирчовски

[1]Факултет за рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија
vojo.mircovski@ugd.edu.mk
[2]Дипломиран Геолошки инжинер, Сајбие Демир 1/13, 2000 Штип, Македонија.

Апстракт

Во трудот е направена анализа на постојните податоци за хидрогеолошките карактеристики на подрачјето на поширокатa околина на Дојранското Езеро и се прикажани можностите за искористување на подземните води. Врз основа на геолошката градба и структурниот тип на порозност на карпите на истражуваниот простор, на поширокатa околина на Дојранското Езеро се издвоени: збиен тип на водоносници, карстен тип, пукнатински тип и условно безводни терени. Најголеми можности за искористување на подземните води постојат кај карстниот и збиениот тип на водоносници.

Клучни зборови: хидрогеолошки карактеристики, водоносници, Дојранско Езеро.

ВОВЕД

Дојранското Езеро, со неговата поширока околина, се наоѓа во југоисточниот дел на Република Македонија, на границата со Република Грција. Во геотектонска смисла оваа подрачје се наоѓа на границата на две крупни геотектонски единици: Вардарската зона и Српско-Македонскиот масив (сл. 1).

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ТЕРЕНОТ

Во геолошката градба на поширокатa околина на Дојранското Езеро учествуваат прекамбриски, старо палеозоиски, терциерни и квартерни карпи (Сл. 2).

Прекабриумот на овој терен е претставен со тракасти мусковитски гнајсеви.

Тракастите мусковитски гнајсеви (Gm) *се застапени северно од с. Николиќ и ги градат јужните падини на планината Беласица. Се протегаат во правец СЗ - ЈИ. Дебелината на овие гнајсеви изнесува околу 500 m. Тектонски тие се доста оштетени и во нив се јавуваат многубројни пукнатини и прслини, кои се воедно и единствени патишта на подземната вода.*

Стар палеозоик на овој терен е претставен со: серицитско-хлоритски шкрилци и песочници; аргилошисти, филити и песочници; мермери; филити, аргилошисти и песочници; зелени шкрилци; филити; метаморфисани габро - дијабази и серпентинити. Сите старопалеозоиски карпи на овој простор имаат протегање ССЗ-ЈЈИ.

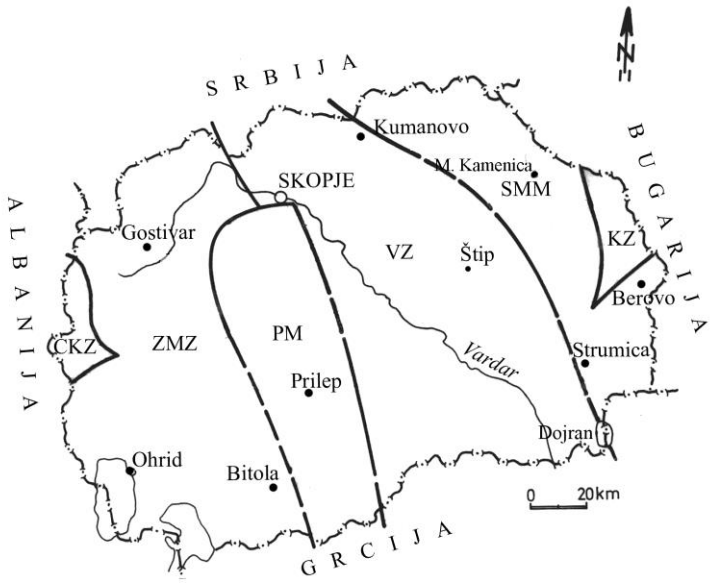
Серицитско-хлоритските шкрилци и песочници (Sseco) се карпи со светло зелена боја, а кај песочниците се забележуваат и нијанси на сива боја. Овие карпи се трошни и лесно се распаѓаат на површина. Чести се вертикални и хоризонтални сменувања на членовите. Дебелината на овој хоризонт изнесува околу 350 m.

Аргилошистите, филитите и песочниците (ArF) лежат нормално врз хоризонтот на серицитско хлоритските шкрилци и песочници. Тектонската оштетеност кај овие карпи не се забележува. Дебелина на на овие карпи изнесува 850 m.

Мермерите (M) лежат нормално врз хоризонтот на аргилошистите, филитите и песочниците со остра граница. Доминираат бели мермери, но покрај нив се сретнуваат сиво бели, розеникави, сиво сини и сини. Тие најчесто се шкрилести и тракасти, со дебелина од 50 - 400 m.

Зелените шкрилци (S) лежат нормално врз филитите, аргилошистите и песочниците со остар преод. Овој хоризонт речиси во целина е изграден од зелени шкрилци од амфиболски, хлорит-ски, серицитски, актинолитски, епидотски и цоиситски состав, а исто така се јавуваат аркозни и кварцни песочници, кварцни шкрилци, ретко филити и прослојци и леќи од мермери. Дебелината на овој хоризонт изнесува околу 1200 m.

Филитите, аргилошистите и песочниците (FAr) лежат нормално врз хоризонтот на мермери со остар контакт. Овој хоризонт претежно се состои од филити со свилеста сјајност, со сива, темно сива до слабо зеленикава боја. Дебелината на хоризонтот изнесува околу 700 m.



Сл. 1. Тектонска реонизација на територијата на Р. Македонија
(Арсовски М., 1997)

CKZ - Цукали-Краста зона, ZMZ - Западно-Македонска зона, PM - Пелагонски масив, VZ - Вардарска зона, SMM - Српско-Македонски масив, KZ - Краиштидна зона.

Филитите (F) лежат врз хоризонтот на зелени шкрилци, од кој јасно и остро се одделуваат, како завршен хоризонт на палеозоикот. Во североисточниот дел се јавуваат претежно филити, а покрај нив и кварцно серицитски шкрилци и ситнозрнести кварцни песочници, поретко и зелени карпи.

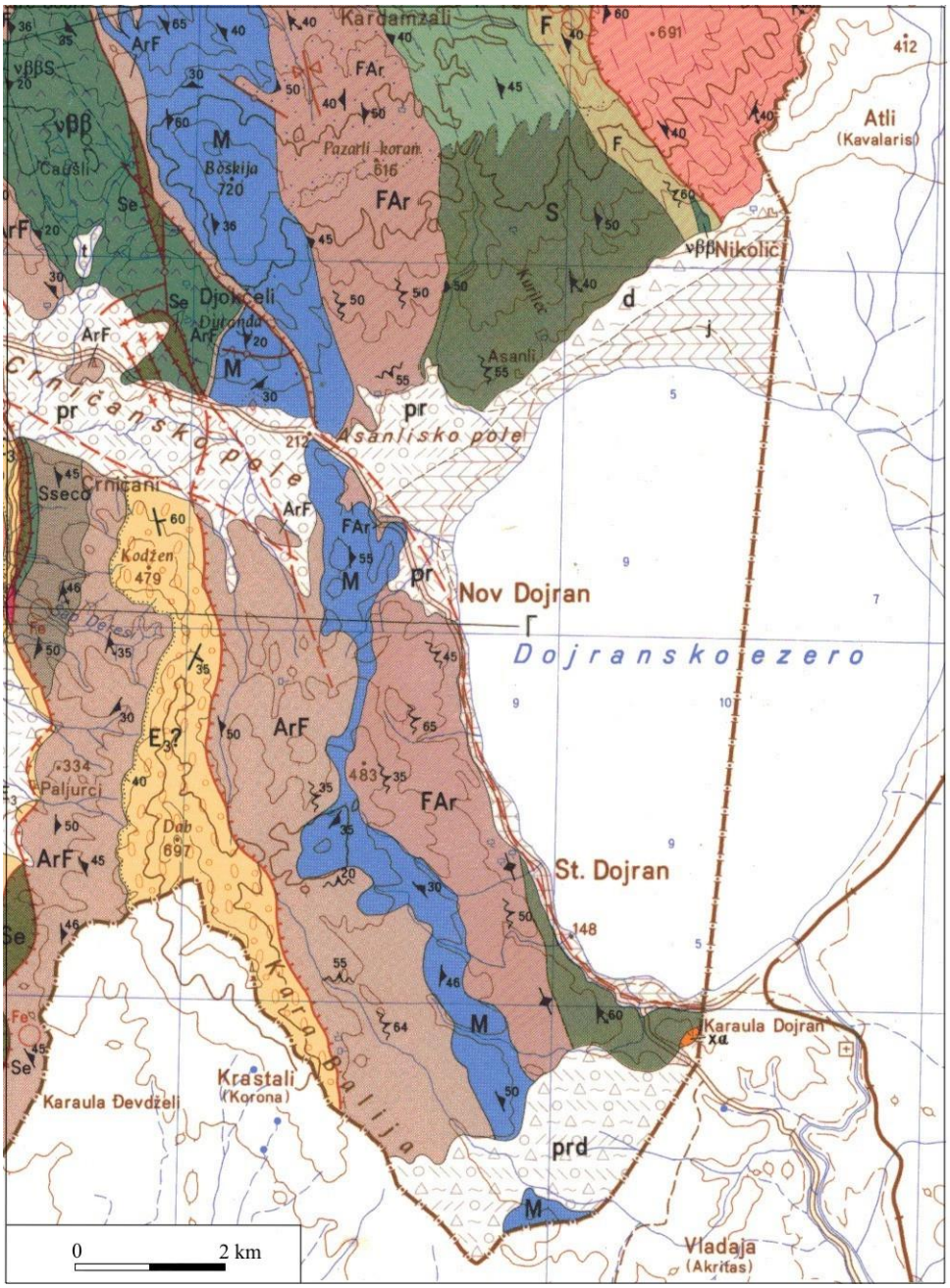
Метаморфисаните габро - дијабази (νββ) се јавуваат речиси во сите хоризонти на палеозоиските карпи. Се среќаваат среднозрнести и ситнозрнести варијатети, но најчесто се со шкрилеста текстура. Тектонски се многу малку оштетени.

Серпентинитите (Se) ги следат големите тектонски дислокации, а на неклолку места се јавува како дијапирски втиснати во палеозоиските шкрилци. Често се мошне здробени и милонитизирани. Честа појава во серпентинитот е лимонитизацијата.

Терциерот на овој простор е претставен со горно еоценски конгломерати и кварцлатити.

Горноеоценските седименти (E3) градат многу мал простор во однос на кристалинот и претставуваат единствени марински седименти.

Кварцлатитите (xα) се најмлади евузивни карпи а се јавуваат во многу мал пробој на јужното крабрежје на Дојранското езеро.



Сл. 2. Геолошка карта на околината на Дојранското Езеро (дел од ОГК, лист Гевгелија 1:100 000)

Квартер: пролувиум (pr), делувиум (d), пролувиум и делувиум (prd), езерски и блатни седименти (j); **Терциер:** кварцлатити (xα), горноеоценски седименти (E3); **Стар палеозоик:** serпентинити (Se), метаморфисани габро-дијабази (νββ), филити (F), зелени шкрилци (S), филити, аргилошисти и песочници (FAr), мермери (M), аргилошисти, филити и песочници (ArF), серицитско-хлоритски шкрилци и песочници (Sseco); **Прекабриум:** тракасти мусковитски гнајсеви (Gm).

Квартерот е претставен со: езерски и блатни седименти, пролувиум и делувиум, делувиум и пролувијум.

Езерски и блатни седименти (j) се јавуваат во СЗ крај на Дојранско езеро. Се состојат од тиња и песок во кој има и органогени седименти. Тоа е неповрзан материјал, доста нестабилен, најчесто многу заситен со вода. Порозноста му е меѓу зрнеста и е релативно добар колектор.

Пролувиум и делувиум (prd) прикажани се заедно во Селемлиско поле јужно од Стар Дојран. Материјалот е малку хетероген поради големото мешање на двата генетски типа на карпи.

Делувиум (d) Се состои од незаоблени парчиња од подинските карпи, помешани со песокливо глиновитиот нецементиран материјал. Многу е подложен на усечување, а кога е заситен со вода подложен е на лизгање. Порозноста му е меѓузрнеста и доста варијабилна во зависност од составот.

Пролувиум (pr) се јавува во Асанлиско и Црничанско поле. Материјалот е не заоблен или делумно заоблен, составен е од крупно зрнест чакал и блокови и има слични механички карактеристики како терасест материјал. Порозноста му е меѓузрнеста, повеќе е водопропустлив од делувијалниот материјал поради содржината на погрубозрнестите компоненти.

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Според структурниот тип на порозност во карпите во околината на Дојранското Езеро се издвоени: збиен тип на водоносници, карстен тип, пукнатински тип и условно безводни терени (Сл. 3).

Збиен тип на водоносници

Водоносници од ваков тип се јавуваат во квартерните седименти кои се претставени со езерски и блатни седименти, пролувиум и делувиум, и делувиум и пролувиум и во плиоценските седименти кои се наоѓаат под квартерните наслаги.

Според издашноста теренот е поделен на:

- добро издашни терени, каде издашноста се движи од 1-10 l/s со коефициент на филтрација од 10^{-2}-10^{-3} cm/s
- слабо издашни терени, каде издашноста се движи од 0.1-1 l/s со коефициент на филтрација од поголем од10^{-3} cm/s

Добро издашните терени се јавуваат во делувиалните, езерските и пролувиалните седименти кои се наоѓаат покрај самото Езеро.

Слабо издашните терени се јавуваат на просторот кој е изграден од пролувиални, пролувиално-делувиални и еоценски седименти кои се наоѓаат подалеку од Езерото.

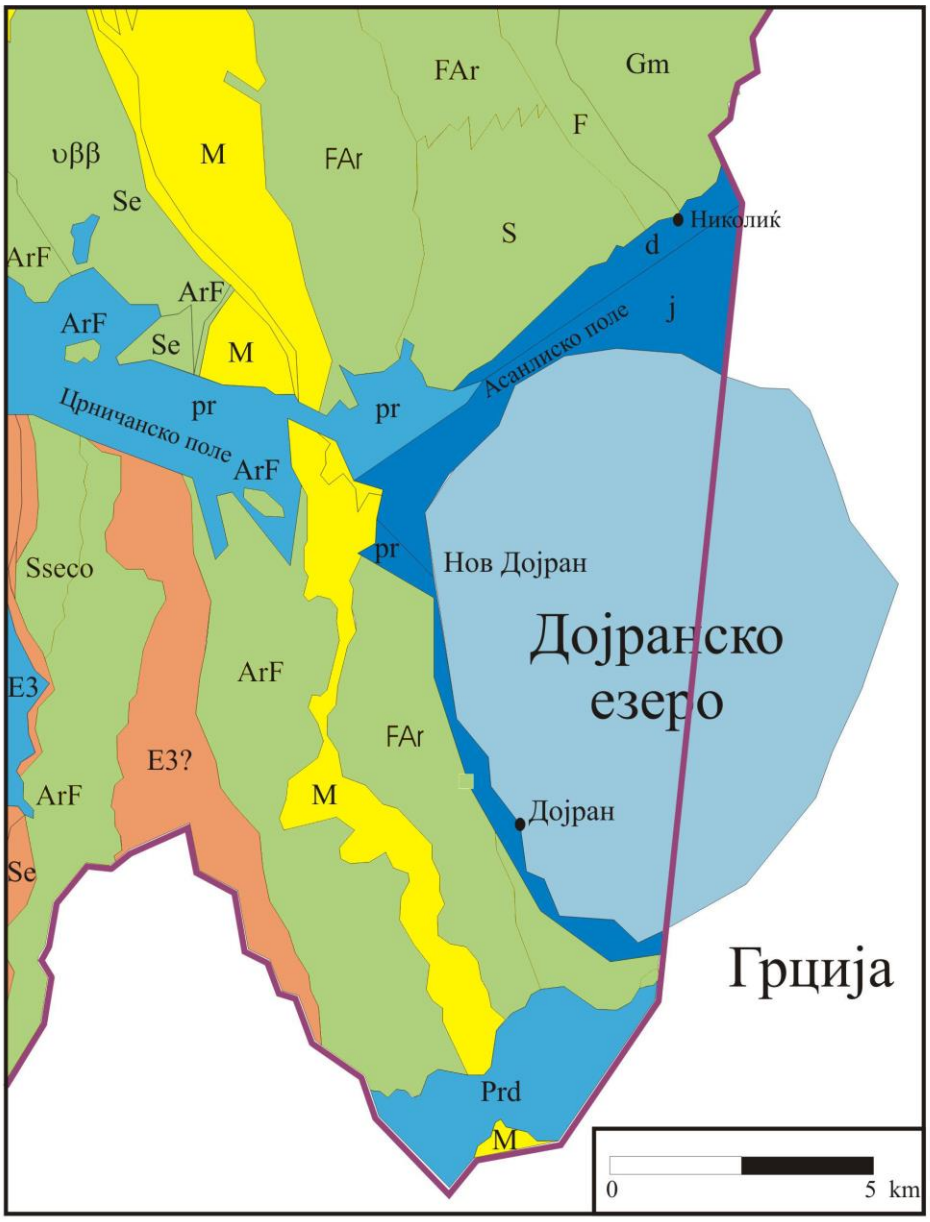
Квартерните седименти на македонската страна имаат мала дебелина која се движи од 2-6 m, и ги покри-ваат плиоценските наслаги. Најго-лемо распространение имаат во реонот на "Ачикот", литолошки застапени со глини, песокливи глини, дробина, песоци, поретко и чакали.

Во квартерните наслаги се јавуваат водоносници со слободно ниво на длабочина од 1-5 m. Од таков тип на водоносник со вода се снабдува летувалиштето "Партизан" (Стар Дојран). Бунарот е длабок 6 m, со Q = 4 l/s и Kf = 2,75x10 $^{-3}$ cm/s.

Испод квартерните наслаги во плиоценските езерски песокливочакалести седименти на овој простор се застапени и артески водоносници. Се констатирани, само во реонот на Ачикот, во кој е издупчен самоизливен бунар (за водоснабдување на детското одмаралиште), длабок 90 m, со издашност од 2,9 l/s и позитивно пиезометриско ниво од +10,0 m. Овој артерски водоносен хоризонт најверојатно се храни од карсниот

водоносник формиран во мермерите кои се наоѓаат под нив, а кои се откриени по ободот на езерото.

Исто така артески водоносници се јавуваат и во малото поле Фурка (с. Фурка), каде за водоснабдување и наводнување, издупчени се повеќе самоизливни дупнатини. Бунарите се со длабина од 30-тина метри, а се со издашност од околу 7 l/s.



Хидрогеолошка карта на околината на Дојранско езеро

ЛЕГЕНДА

Збиени водоносници

Добро издашни терени (Q = 1-10 l/s) $Kf = 18^{-2} - 10^{-3} cm/s$

Слабо издашни терени (Q = 0,1-1 l/s) $Kf = <10^{-2} cm/s$

Пукнатински водоносници

Слабо издашни терени со извори (Q < 1 l/s)

Безводни терени со извори (Q < 0,1 l/s)

Карстни водоносници

Карстни водоносници со мошне променлива издашност

Сл. 3. Хидрогеолошка карта на околината на Дојранското Езеро

Карстни водоносници

На истражуваниот простор се застапени карсни водоносници кои се јавуваат во карстифицираните палеозоиски мермери. Овој тип на водоносници е формиран на поголем простор западно и северозападно од Нов и Стар Дојран. Водоснабдувањето на Нов и Стар Дојран се врши главно од карсниот водоносник "Дерибаш", а поретко и од дупчените и копаните бунари во збиените водоносници.

Карсните водоносници се дренираат со поголем број на извори како што е карсниот извор "Дерибаш" во близина на Стар Дојран кој се појавува на контактот со водонепропустливите шкрилци. Издашноста на овој извор се движи од 1,4-25 l/s.

Од карстот Стар Дојран, извираат поголем број и подводни извори, кои со снижување на нивото на Дојранско Езеро се појавуваат на површината.

Во карсните водоносници издупчени се повеќе бунари кои се користат за водоснабдување на Дојран. Издашноста на бунарите се движи од 20-60 l/s.

Обновувањето на резервите на подземната вода во карстните водоносници на Дојран се врши доста бавно, бидејќи мермерите се јавуваат во релативно тесни појаси кои се откриени на површината, а исто така овој регион се карактеризира и со мал интензитет на врнежи, што оневозможува поголем процент на инфилтрација на вода од врнежите во подземјето.

Хранењето на карстните водоносници се врши главно од атмосверските талози, а делумно и од речните и езерските води.

Пукнатински тип на водоносници

Пукнатинскиот тип на водоносници на овој простор е застапен во прекамбриските гнајсеви и палеозоиските шкрилци и во метаморфисаните габро-дијабази. Овие карпи се карактеризираат со слаба водоносност. Водоносниците во нив се плитки и се сиромашни со вода, така што изворите се доста ретки и се со мала издашност која е помала од 1 l/s.

Условно безводни терени

Како условно безводни терени се издвоени терените кои се изградени од еоценските седименти и палеозоиските серпентинити. Во овие терени се јавуваат извори со многу мала издашност која се движи под 0.1 l/s.

ЗАКЛУЧОК

Од презентираните хидрогеолошки карактеристики на околината на дојранското езеро се гледа дека најповолни можности за искористување на водите од овој регион постојат кај карстните водоносници кои се наоѓаат во палеозоиските карстифицирани мермери, распространети во поголема маса во непосредна близина западно и северозападно од Стар и Нов Дојран и кај збиениот тип на водоносници формирани во квартерните и плиоценските седименти.

Истражувањата кај карстните водоносници треба да се насочат во подлабоките делови односно на длабини поголеми од 120 метри до кои е издупчена најдлабоката дупнатина кај изворот Дерибаш (Кекиќ 1975) и со која не е потврдена длабината на карстификацијата и длабината на која се јавуваат подземните води.

Исто така истражувањата треба да се насочат во подлабоките делови и во збиените типови на водоносници, со што би се потврдила длабината на која се јавуваат подземните води во нив и бројот на водоносните слоеви.

Потребно е да се направат и детални хидрогеолошки истражувања со кои треба да се направи пресметка на резервите на подземните водни ресурси во сите типови на водоносници.

Треба да се направи и биланс на водите од Дојранскиот слив и на македонска и на грчка страна.

На крајот да напоменеме дека во иднина треба да се посвети и поголемо внимание за превентивна заштита на квалитетот на подземните води од Дојранскиот регион.

ЛИТЕРАТУРА

Арсовски, М., (1997) Тектоника на Македонија. Рударско-геолошки факултет – Штип. Ѓузелковски, Д., Котевски, Г., (1977) Хидрогеолошка карта на СР Македонија, 1:200 000. Стручен фонд на Геолошки завод – Скопје.

Ѓузелковски, Д., (1978) Толкувач кон хидрогеолошка карта на СР Македонија, 1:200 000. Стручен фонд на Геолошки завод – Скопје.

Ѓузелковски, Д., (1997) Подземните води (издан) за решавање на водоснабдувањето во Р. Македонија и нивната заштита. Институт „Геохидропроект“ – Скопје. пп. 1-293.

Ивановски, Т., Ракиќевиќ, Т., (1970) Толкувач и карта за листот Гевгелија 1:100 000. Геолошки завод – Скопје. пп. 1-52.

Кекиќ, А., Извештај за резултатите од хидрогеолошките истражувања во околината на изворот Дерибаш и Стар Дојран, Скопје 1975 год.

ЗАШТИТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Војо Мирчовски [2]Владо Мирчовски

[1]Факултет за рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија;
vojo.mircovski@ugd.edu.mk
[2]Дипломиран Геолошки инжинер, Сајбие Демир 1/13, 2000 Штип, Македонија.

Апстракт

Во овој труд се прикажни потребните мерки кои треба да се преземат за да се направи заштита на подземните води во Република Македонија. Направен е приказ на распространетоста на подземните води во Македонија, наведени се главните извори на загадување на подземните води и е укажано од потребата за промена и усогласување на нашата законска регулатива која се однесува на заштитата на подземните води со Европската со цел да се зголеми степенот на хидрогеолошките истражувања за да се направи превентивна заштита на подземните води.

Клучни зборови: заштита на подземни води, загадување, водоносник

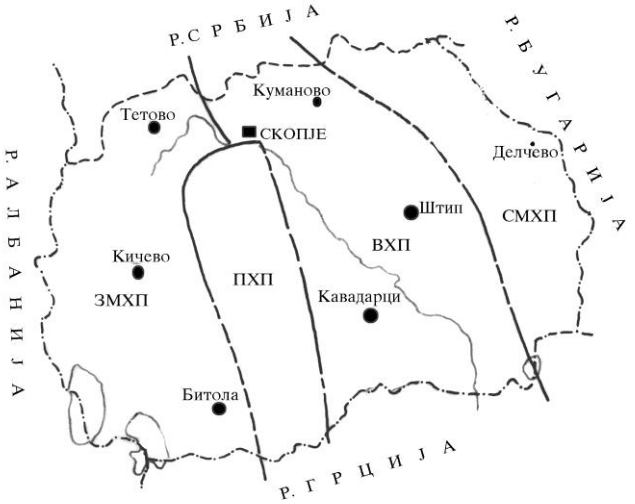
ВОВЕД

Подземните води на територијата на Република Македонија се едно од нејзините најзначајни богатства со значајни потенцијални резерви. Тие претставуваат основен ресурс во водоснабдувањето на поголем број на населби и индустриски објекти. Во вкупното водоснабдување во Македонија тие учествуваат со околу 80 %. Поради тоа се повеќе треба да се посветува внимание на подземните води за нивното рационално користење и нивна заштита од загадување. Степенот на истраженост на подземните води во поглед на нивната заштита е недоволен а исто така имаме случаи и на намалување на квалитетот на подземните води особено во населените и идустриските региони поради неадекватниот третман на нивната заштита.

ХИДРОГЕОЛОШКА РЕОНИЗАЦИЈА НА МАКЕДОНИЈА И РАСПРОСТРАНЕТОСТ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

На теритиријата на Република Македонија според Д. Ѓузелковски (1999) се издвоени четири хидрогеолошки провинции или региони и тоа: Западно македонска хидрогеолошка провинција, пелагониска хидрогеолошка провинција, вардарска хидрогеолошка провинција и македонско - српска хидрогеолошка провинција (Сл.1).
Овие хидрогеолошки провинции се поклопуваат со геотектонските единици кои се издвоени на територијата на Македонија и тие се карактеризираат со свои специфични хидрогеолошки карактеристики.
Западно македонската хидрогеолошка провинција, го зафаќа западниот дел од Македонија и во неа се јавуваат карпи со различна порозност, во кои се формирани различни типови на водоносници карстни, карстно пукнатински, збиени, пукнатински како и безводни терени. Исто така во оваа хидрогеолошка провинција се појавуваат и термални и минерални води. Ова провинција располага со најголеми резерви на подземни води во Македонија кои ги надминуваат потребите на овие области. Во оваа хидрогеолошка провинција најголемо рапространение имаат карстните водоносници кои се јавуваат во карбонатните карпи од

палеозоиска, мезозоиска и терциерна старост во кои се акомулирани значајни резерви на подземни води. Карбонатните карпи се јавуваат во испрекинати поголеми ли помали маси и нивните хидрогеолошки карактеристики зависат и од околната хидрогоеолошка градба на теренот. Хидрогеолошките структури се отворени или полузатворени нивното хранењето и празненњето на водите се одвива многу брзо поради што изворите во текот на годината се карактеризираат со многу променлива издашност. Карстните водоносници во најголем дел се празнат преку природни извори како што се Свети Наум, Вруток, Студенчица, Питран и др.. Поретко подземните води од овие издани се искористуваат и со дупчени бунари.



Сл.1 Хидрогеолошки провинции во Македонија Д. Ѓузелковски (1999).
ЗМХП - Западно македонска хидрогеолошка провинција; ПХМ - Пелагонска хидрогеолошка провинција; ВХП- Вардарска хидрогеолошка провинција; СМХП - Српско - македонска хидрогеолошка провинција.

Пукнатински водоносници се јавуваат во северниот и источниот дел од оваа провинција со појава на бројни извори од кои некои се и со поголема издашност како што се Шара, Кораб, Стогово, Караорман и др.. Овој тип на водоносници се јавува во палеозоиските шкрилци со низок кристалинитет (филити, аргилошисти,кварцно-серицитски, хлоритски И др, потоа во конгломератите, песочници, кварцити и др)

Збиениот тип на водоносници со слободно и ниво и ниво под притисок се јавуваат во неотектонските депресии кои се заполнети со плиоценско-квартерни наслаги. Во овој тип на водоносници се акомулирани големи количини на подземни води кои ги надминуваат потребите на овие области. Такви депресии се: Битолската, Полошката, Ресенската, Кичевската, Дебарската, Охридската и др. Збиениот тип на водоносници се јавува и во алувијалните седименти на поголемите речни токови.

Пелагониската хидрогеолошка провинција зафаќа помало пространство од западно македонската и во неа се акомулирани помали резерви на подземна вода.

Таа се протега на север во близина до Скопје (планина Китка) потоа преку планините Караџица, Јакупица, Бабуна, и Селечка поминува во Грција. Поради

различниот тип на порозност која се јавува во карпите во оваа провинција се развиени сите типови на водоносници пукнатинки, карстни и збиени.
Пукнатинскиот тип на издани е развиен во прекамбриските гнајсеви, микашисти, и различните типови на шкрилци. Овие средини се карактеризираат со мал потенцијал на подземни води и од нив истекуваат извори со мала издашност.
Збиениот тип на водоносници се јавува во неогените басени изградени од плиоценски и квартерни седименти и во алувијалните седименти на поголемите реки. Најголеми резерви на подземни води кои се искористуваат за водоснабдување се наоѓаат во Прилепскиот басен во кој се јавуваат водоносници со слободно ниво и со ниво под притисок.
Карстните водоносници се јавуваат во прекамбриските и палеозоиските мермери и мермеризирани варовници на северниот дел од провинцијата на планините Јакупица, Караџица, Даутица на југ се до селото Дебреште како и во помали одделни партии во повеќе локалности. Во овие водоносници се акомулирани значајни количини на подземни води кои се празнат преку извори кои имаат различна издашност. Во оваа провинција се поојавуваат минерални води а топли води со повисока температура не се регистрирани.
Вардарската хидрогеолошка провинција го зазема централниот дел на Македонија почнувајќи северно од Скопје преку Велес таа продолжува на југ кон Гевгелија и понатаму во Грција.
Најголемо практично значење од аспект на водоснабдување во оваа хидрогеолошка провинција имаат збиените и карстните водоносници во кои се наоѓаат значајни резерви на подземни води.
Збиените водоносници се јавуваат во неогените басени (Скопски, Кумановски, Овчеполски, Тиквешки, Велешки, Неготинско-Кавадаречки, Кочански, и др) кои се изградни од плиоценско квартерни седименти и во алувијалните седименти на поголемите реки како што се Вардар, Пчиња, Црна река, Брегалница и други помали реки и потоци околу кои има наталожено алувијални седименти. Во неогените басени се јавуваат водоносници со слободно ниво и со ниво под притисок. Подземните води од алувијалните седименти во многу случаи се користат за водоснабдување такви се примерите на водоснабдување на Велес и Гевгелија од алувионот на реката Варар, Долно Нерези од алувионот на Лепенец, Штип и Кочани од алувионот на реката Брегалница и др.
Карстните водоносници се јавуваат во палеозоиските и мезозоиските мермери и варовници кои се јавуваат во неконтинуирани поголеми и помали маси почнувајќи од Скопје па се до Гевгелија. Тие имаат големо практично значење и од нив се врши водоснабдување на поголем број на населени места како што се Скопје, Кавадарци, Неготино, Валандово, Дојран и др.
Пукнатинските водоносници се јавуваат во метаморфните и магматските карпи од различна старост можностите за акомулирање на подземни води во овие средини кои би се користели се мали и се од локален карактер.
Поголемо пространство во оваа провинција заземаат и безводните терени кои се претставени со јурски, кредни и еоценски флишни наслаги.
Во рамките на оваа хидрогеолошка провинција се наоѓаат и најголемиот број на појави и наоѓалишта на термални и термоминерални води во Република Македонија.
Српско-македонската хидрогеолошка провинција се простира источно од вардарската хидрогеолошка провинција и го зафаќа источниот дел на Македонија.
Најголем простор од оваа провинција заземаат карпите со пукнатинска порозност во кои се јавууваат пукнатински водоносници. Тие се распространети во прекамбриските гнајсеви, палеозоиските шкрилци, херцинските гранити и гранодиорити, во

еоценските песочници, конгломерати во неогените посокливо - конгломератични седименти и во лапорците. Во овие средини нема можности за акомулација на поголеми количини на подземни води и затоа тие немаат практично значење од аспект на водоснабдување. Искористувањето на подземните води од пукнатинските водоносници има локален карактер и се користи за помали населени места.

Најголеми резерви на подземни води во српско-македонската хидрогеолошка провинција се наоѓаат во збиениот тип на водоносници кои се јавуваат во неогените басени изградени од плиоценско квартерни наслаги а во помал обем и во алувијалните седименти на реката Брегалница и во други помали раки. Збиените водоносници се јавуваат како водоносници со слободно ниво и како водоносници под притисок (артески и субартески) во Радовишко-Струмичкиот басен, Делчевско-Пехчевско-Беровскиот ров и во Кривопаланечко-Славишката котлина.

Карстните водоносници во оваа провинција немаат хидрогеолошко значење бидејќи се јавуваат во многу мали маси на тријаски варовници во околината на Делчево.

Во оваа хидрогеолошка провинција се јавуваат и карстно пукнатински водоносници во палеозоиски циполини и мермери и црни филитични шкрилци во околината на Рудникот Саса и во палеозоиски мермеризирани варовници и во шкрилци со низок кристалинитет североисточно од Радовиш. Од овие средини извираат бројни извори од кои некои се користат за водоснабдување. (Радовиш, Рудник Саса, Тораница).

Безводните терни во оваа провинција заземаат мал простор, а се изградени од еоценски флишни седименти.

Во рамките на оваа провинција се јавуваат многубројни појави и наоѓалишта на термоминерални и термални води како што се Банско Струмичко и Истибања Кочанско.

ИЗВОРИ НА ЗАГАДУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ВО МАКЕДОНИЈА

Поради ниското ниво на истраженост на степенот на загаденост на наоѓалиштата на подземни води во Македонија не може да се даде исцрпен приказ за оваа проблематика која би се однесувала посебно на секоја хидрогеолошка провинција или на секое поединечно наоѓалиште на подземна вода. Единствено може да се даде едно општо согледување кое важи за целата територија на Македонија.

Изворите и начините на загадување кои доведуваат до нарушување на квалитетот на подземните води и на водите општо во Македонија, се многу различни по својата природа, по обемот, влијанието, зачестеноста на појавување и по начинот на манифестирање. Главни извори на загадувачи на подземните води се: индустриските објекти каде спаѓаат рафинериите за нафта и петрохемиската индустрија која работи на база на нафтени деривати, текстилни комбинати, фабрики за преработка на кожа, прехрамбени фабрики фабрики за лекови фабрики за преработка на дрво и др. големите термоенегретски објекти кои како суровина користат јаглен (лигнит) (термоелектраната во Битола и во Кичево), потоа загадувачи од областа на рударството рудниците и нивните флотации преку нивните отпадни води (рудници Саса, Тораница, Злетово, Бучим), големите металуршки комбинати (Силмак, Фенимак), земјоделската активност, отпадните води од населбите, депониите за отпад, патиштата, површинските води и др.

Рафинериите за нафта и петрохемиската индустрија која како суровина ги користи нафтените деривата се голем извор на загадување на подземните води на почвата и на воздухот што доведува до појава на кисели дождови во поширокатa животна средина. Во Македонија таков е случајот со Скопската рафинерија кај

Миладиновци во скопската котлина која се наоѓа во зона каде се наоѓаат значајни ресурси на подземни води.

Рудниците со рудничките отпадни води, флотациските објекти и депониите за јаловина (Саса, Тораница, Бучим, Фени и др,) исто така претставуваат голем извор на загадување на подземните води. Хавариите кои се случуваат на флотациските јаловишта (пример хаварија во рудникот Саса на 30. 08. 2003 година) создаваат големи загадувања на кратко и на подолго време на просторите каде се излеваат.

Во оваа група на загадувачи можат да се сврстат и **Топилниците** за метал како што се топилницата за олово и цинк во Велес, Фенимак Кавадарци за топење на никел, Железарата во Скопје како и Југохром од Јегуновце за топење на хром, силициум и феросилициум чии отпадни води без претходен третман директно се испуштаат во површинските реципиенти а преку нив доспеваат и во подземните води.

Хемиските објекти кои како суровина го користат дрвото (целулозата) со најразличните технолошки процеси со кои се добиваат хартија, фолии, текстилни влакна и др, претставуваат многу опасни загадувачи на подземните води поради големиот број на хемиски соединенија кои се јавуваат во нивните отпадни води.

Големите термоенергетски објекти кои како суровина го користат лигнитот со своите депони на пепел кои во некои случаи можат да бидат и радиоактивни, со зголемена концентрација на сулфати, некои тешки метали и сл. претставуваат големи извори на загадување на подземните води.

Индуструските објекти од другите гранки окако што се: текстилната, металската, кожарската, индустријата за храна и др. за кои при нивната изградба не е водено сметка за одредувањето на правилна нивна локација во однос на значајните наоѓалишта на подземна вода со своите отпадни води претставуваат голем извор на загадување на подземните води..

Споменатата група на загадувачи по правило вршат локално загадување на подземните води, но со оглед на динамичноста на процесите на нивното обновување и формирање тие можат да имаат влијание и на регионални рамки.

Земјодеските површини на кои се врши интензивно земјоделско производство со примена на различни вештачки ѓубрива, потоа пестициди, фунгициди, исектициди, хербициди претставуваат голем извор за загадување на подземните води. Тоа посебно е изразено во котлините и кај алувијалните наоѓалишта на подземни води каде не постои природна заштита од површината на теренот. Нивото на водата кај овие водоносници е блиску до површината на теренот и кај нив постои интензивна инфилтрација и испирање, процеси кои допринесуваат до лесно загадување на подземните води акомулирани во нив. Во такви случаи доаѓа до промена на хемискиот состав на подземните води до зголемување на минерализацијата со присуство на јони на NO_3, NO_2, NH_4, PO_4, $KMnO_4$, исектициди, пестициди не само во зоната во која се одвиваат активностите туку и пошироко.

Површинските водени текови реките и потоците исто така претставуваат голем извор на загадување на подземните води, бидејќи во последно време видно е дека има намалување на квалитетот на овие води бидејќи тие претставуваат најголеми реципиенти на загадувачки материи. Ако се има во предвид фактот дека постои активна хидрауличка врска помеѓу овие води со подземните води акомулирани во околните алувијални седименти тогаш е јасно дека треба да се води голема грижа за да се сочува квалитетот на површинските води а преку нив и на подземните. На територијата на Македонија постојат се помалку водотеци кои се незагадени и нивниот квалитет на водата е од прва и втора класа, тоа пред се однесува на водотеците кои се наоѓаат во ридско планинските предели кои се ненаселени. Поголемите реки во Македонија како што се Вардар, Брегалница, Лепенец,

Треска Црна Река покажуваат намалување на квлитетот на водата и во одредени делови тој е од трета и четврта класа.

Отпадните води од населбите исто така претставуваат голем извор на загадување на површинските води и на подземните води, бидејќи најголем дел од населбите во Македонија немаат изградени комунални системи за прифаќање и преработка на фекалните води туку тие директно ги испуштаат во речните токови без претходно нивно пречистување.

Депониите за отпад во најголем број на случаи во Македонија се изградени на локации кои по своите геолошки и хидрогеолошки карактеристики не одговараат за таа намена или пак тие се изградени по стандарди кои не овозможуваат доволна заштита на животната средина и како такви со ицедокот кој истекува од нив тие претставуваат извор за загадување на подземните и на површинските води.

Патиштата претставуваат повеќекратни извори за загадување на подземните води. Тие се стални активни извори на загадување со феноли и олово. Со кондензацијата на испусните гасови од моторните возила и прокапувањето и истекувањето на масло од моторите на површината од патиштата се формира „масен" слој кој се состои претежно од јагленоводороди и феноли. Освен тоа, скоро секогаш е присутна одредена количина на олово кое се додава во високо октанските бензини. Со помош на атмосферските врнежи овој слој на коловозот се измива и се слева на краевите од коловозот односно банкините. Атмосферските талози го испираат овој слој од патиштата и во зависност од хидрогеолошките услови на теренот тој се процедува во подземјето.

Патиштата се значајни периодични извори на загадување заради посипувањето со сол во зимските месеци. Патиштата се посипуваат со сол заради брзото топење на снегот и мразот, односно спречување на заледувањето. Имено познато е дека некои соединенија со растопување во водата значително го снижуваат заледувањето на водата.Освен тоа при процесот на растопување доаѓа до ослободување на топлина, што исто така го зголемува дејството на солењето.

Аерозагадувањето претставува посебен вид на загадување кое доаѓа од атмосферата преку кое одредена група на загадувачи вршат посредно загадување најпрво на атмосферата, потоа на врнежите на површината на земјата а на крајот и на подземните води.

ЗАШТИТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ ОД ЗАГАДУВАЊЕ ВО МАКЕДОНИЈА

Сите наведени видови на загадување на подземните води се од антропогено потекло односно тие настануваат како последица од активностите на човекот (природата сама себе не може да се загади). Јасно е дека човекот со активностите кои ги презема за се поголемо индустриско производство не може во целина да го избегне загадувањето на животната средина а со тоа и на подземнсите води, но исто така јасно е уочливо дека во Македонија и многу малку се прави да негативните влијанија врз животната средина и врз подземните води се спречат или ублажат.

Затоа и решавањето на проблемот на заштитата на подземните води и на почвата е отежнато бидејќи во многу случаи заштитата се врши откако одредено загадување веќе се случило, наместо превентивно да се направат заштитните мерки.

Областа на користењето и заштитата на подземни води во Република Македонија се третира во неколку законски и подзаконски акти како што се: законот за води, законот за минерални суровини, законот за животна средина, уредбата за класификација на водите и правилникот за определување и одржување на заштитните зони околу изворите на водите за пиење .

Во некои од горе наведените законски акти подземните води само се споменуваат додека во други како што се законот за води и правилникот за определување и одржување на заштитните зони околу изворите на водите за пиење на подземните води им се посветува поголемо внимание и поблиску законски се регулира проблемот на користењето и заштитата на подземните води.

Исто така и во упатството за изработка на хидрогеолошката карта 1: 100 000 на Република Македонија со цел за заштита на подземните води од загадување е предвидено како составен дел на хидрогеолошката карта да се изработува и карта на загрозеност од загадување која во западната литература се среќава под името vulnerability map. Сметам дека терминот "загрозеност" кој се користи за овие карти не е соодветен термин во однос на тоа што се прикажува во нив. Терминот "осетливост- ранливот" на загадување на одреден водоносник или на геолошка средина повеќе би одговарал бидејќи во многу случаи водоносникот односно геолошката средина може да биде осетлива-ранлива на загадување но не мора да биде загрозен од загадување од конкретен загадувач. Затоа треба во иднина при изработката на овие карти да се користи терминот "карта на осетливост-ранливост од загадување".

При решавањето на конкретни проблеми за заштитата на подземните води често се јавуваат проблеми при што не е можна директна примена на законските прописи туку решавањето на проблемот треба да се врши според неговите специфични карактеристики.

Во правилникот за определување и одржување на заштитните зони околу изворите на водите за пиење се споменуваат само одредени должини и време на патување на загадувањето до изворишето по кои треба да се одредат заштитните зони. Исто така во правилникот не се споменуваат типовите на водоносници кои ги имаме во Македонија и која методологија, во кој обем и во кој степен би требало да се примени за секој тип на водоносник посебно за да би се извршила негова превентивна заштита. Во правилникот не се споменува ниту кој е надлежен за одредување на заштитните зони.

Заштитата на некое изворище на подземна вода претставува многу сложена и одговорна работа и тоа не треба да се сведе само на шаблонско и произволно одредување на заштитните зони.

При одредувањето на овие зони неопходни се детални хидрогеолошки истражувања и анализи на теренот околу изворишето бидејќи сите мерки кои треба да се преземат покасно во одредени зони исклучиво зависат од хидрогеолошките карактеристики на геолошката средина.

Хидрогеологијата како наука која се бави со изучување на подземните води треба активно да се вклучи при решавањето на проблемите за заштита на животната средина, а пред се на заштита на подземните води.

Бидејќи потребните истражувања за заштита на подземните води имаат мултидисциплинарен карактер покрај хидрогеолошките треба да се опфатат сознанијата и од други дисциплини како што се: хемија, геохемија, хидрологија, биохемија, бактериологија, медицина, биологија, технологија, шумарство, земјоделство, рударство, урбанизам и др. Решавањето на проблемот на заштита на подземните води само со помош на една дисциплина секогаш доведува до неуспех. При одредувањето на зоните за заштита и мерките кои треба да се спроведат во нив потребно е да изврши комплексна анализа за секој конкретен случај со обавезно учество на сите компетентни стручњаци посебно стручњаци за хидрогеологија кога се во прашање наоѓалишта и изворишта на подземна вода.

ЗАКЛУЧОК

За да се направи превентивна заштита на подземните води во Република

Македонија неопходно е да се направи измена на правилникот за определување и одржување на заштитните зони околу изворите на водите за пиење. Тој треба да се усогласи со европските критериуми и норми од оваа област, а при тоа да се користат искуствата од сите земји каде оваа проблематика е третирана на висок степен.

Во таа смисла потребно е да се интензивираат сите видови на хидрогеолошки и други видови на истражувања кои треба да ги дадат потребните подлоги за превентивна заштита на изворишта, посебно на оние терени каде се наоѓаат големи резерви на квалитетна подземна вода. Оваа треба да биде пратено со изработка на репрезентативна мрежа на посматрачки објекти заради пратење на елементите на режимот, односно промената на квалитетот на водата, формирање на информационен систем и сл.

ЛИТЕРАТУРА

Ѓузелковски, Д., Котевски, Г., (1977) Хидро-геолошка карта на СР Македонија, 1:200 000. Стручен фонд на Геолошки завод- Скопје.

Ѓузелковски, Д., (1978) Толкувач кон хидрогеолошка карта на СР Македонија, 1:200 000. Стручен фонд на Геолошки завод – Скопје.

Ѓузелковски, Д., (1997) Подземните води (издан) за решавање на водоснабдувањето во Р. Македонија и нивната заштита. Институт „Геохидропроект“ – Скопје.

Мирчовски, В, Мајер, Д. (2008): Заштита на подземни води. Учебник, Факултет за рударство, геологија и политехника, Универзитет Гоце Делчев Штип.

Стевановић, З, (1995) Водни минерални ресурси литосфере Србије, заштита и потенцијалност. “Монографија Водни минерални ресурси литосфере Србије”, Рударско геолошки факултет, Београд.

Филиповић, Б, Вујасиновић,С. (1995) Стање и регулатива у области заштите подземних вода у Србији. “Монографија Водни минерални ресурси литосфере Србије”, Рударско геолошки факултет, Београд.

Филиповић, Б, Вујасиновић,С. (1997) Проблематика заштите подземних вода у Србији. “Монографија 100 година хидрогеологије у Југославији ”, Рударско геолошки факултет, Београд.

ГЕНЕЗА НА ГЕОТЕРМАЛНАТА ЕНЕРГИЈА ВО Р. МАКЕДОНИЈА

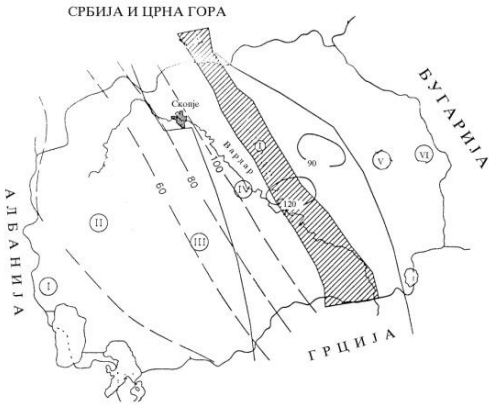
Дељо Каракашев и Војо Мирчовски
Факултет за рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Македонија; deljo.karakasev@ugd.edu.mk

Апстракт
Геотермалната енергија се наоѓа насекаде под нас. Некаде е лесно достапна или пак самата излегува на површината на земјата во вид на топла вода, а некаде е на поголеми длабочини и практично е недостапна за експлоатација. Досегашните истражувања покажуваат дека Р. Македонија има значајни можности за користење на геотермалната енергија, и дека во иднина треба да се планира нејзино поголемо искористување во енергетскиот биланс. Постоечките резултати покажуваат дека со одредена интензивна програма за развој на геотермалните ресурси, до 2020 година тие да постигнат ниво на замена на најмалку 300 000 тони увезени течни горива на година. Геотермалната енергија во Македонија се искористува симболично, околу 35 до 40 MW, нејзиното користење и експлоатација мора да станат по интензивни, токму поради следните фактори: тензијата на нафтено-енергетската нерамнотежа, неминовната економска транзиција, сталниот пораст на дефицит од фосилни горива, влошување на еколошката средина и порастот на трошоците за заштита на околината. Најголемо значење за Македонија геотермалната енергија ќе ја има директно во нејзиното искористување за топлификација на руралните и урбаните средини и во развојот на аграрот и туризмот.

Клучни зборови: геотермална енергија, топлотен флукс, геотермални модели.

Вовед

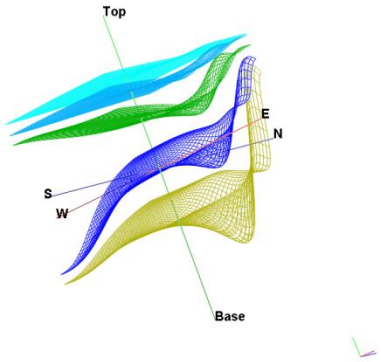
Регионалните геотермални карактеристики на територијата на Р. Македонија се добиени со геофизички истражувања кои се спроведени во поедини области како Кочанската, Струмичката и Гевгелиската депресија. На сл.1., е дадена картата на густината на топлотниот флукс, од каде јасно се гледа дека од регионален аспект одејќи према западна македонија како и према источна македонија геотермалниот флукс постепено опаѓа. Најголеми вредности на геотермалниот флукс имаме токму во вардарската зона каде што имаме зголемена тектонска активност во времето на терциерот, [1].



Сл.1. Геотермален флукс на територијата на Р. Македонија, изразен во [mW/m^2], [1].

Во регионот на кочанската депресија топлотнот флукс изнесува околу 90 [mW/m^2], треба да се има во предвид дека овие параметри се земени без топлографска корекција, поради што и вредностите се поголеми од реалните. Генерално гледано геотермалната потенцијалност во Македонија се манифестира преку конвективен пат, односно преку акфиферските системи најчесто во одредени депресии. Според обработените податоци од дупчотините и добиените геотермални хидрогеолошко-стратиграфски профили, сл.2., во одредени депресии во Македонија, може да се издвојат следните хидрогеолошки единици: вадозна зона која е изградена претежно од алувијален нанос, песок и чакал, има добри колекторски особини и во

просек има дебелина од 30 до 80 [m]. Aquifer-1 или колекторски систем-1, изграден е од песок и чакал кои се распространити скоро во секоја истражувана депресија, или, тоа е зона која е тектонски доста раздробена со раседни зони изградена од карпести маси кои имаат раседни зони како и здробени зони со микро и макро фрактури во кои се депонираат флуидите. Во просек овој прв колекторски систем е со дебелина од околу 150 до 350 [m]. Aquitard-1 или изолаторски систем-1, изграден е претежно од карпести маси кои се компактни и тектонски нераздробени и во суштина се карпи кои се водонепропусни. Такви се: туфови, туфозни бречи, дацитски туфови, андензитски бречи, витрокластичен туф и сивомаслинеста глина. Во просек првиот изолаторски систем е со дебелина од 120 до 450 [m]. Aquifer-2 или колекторски систем-2, изграден е од гранити, адамелити и седиментните карпи со изразени отворени каверни и пукнатини исполнети со карбонатна материја, овие формации се лоцирани во неколку депресии каде што имаме изразена геотермална потенцијалност. Aquitard-2 или изолаторски систем-2, кој е составен од карпести маси кои се масивни и тектонски непроменети и кои се природни хидрогеолошки изолатори. Тоа се зони каде се навлегува во деловите кои претставуваат на некој начин и бедрок на депресиите.



Сл.2. Еден од хидрогеолошко-стратиграфски модели на геотермалните полиња на територијата на Македонија: одејќи од Top према Base, вадозна зона, 1-колекторски систем, 1-изолаторски систем, 2-колекторски систем, 2-изолаторски систем.

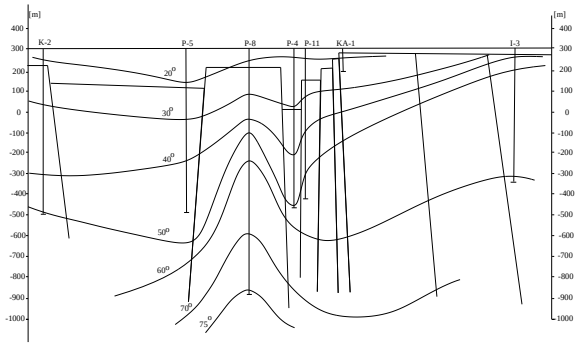
Врз база на ова, прикажани се 3D – геотермално хидрогеолошките единици кои се застапени во некои депресии во Македонија, сл.2.

Геотермалени модели на одередени потенцијални геотермални полиња во Македонија

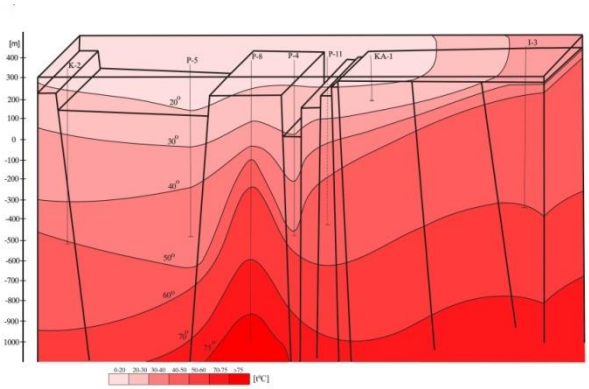
За дефинирање на просечните физички параметри на геотермалните модели на одредени потенцијални геотермални полиња во Македонија, извршена е апроксимација на поедини влезни карактеристики на испитуваните терени.

2D и 3D температурен модел на кочанската депресија

Од податоците на температурните мерења по дупчотините на одредени геотермални полиња направена е корелација и притоа е добиен 2-D и 3-D температурен, геотектонски модел со температурната распределеност во геотермалното поле на одредена истражувана геотермална депресија, прикажан на сл.3. и сл.3а. Анализирајќи ги овие модели може јасно да се види тектонската градба со раседните зони, кои можат да бидат главните дистрибутери на геотермалната енергија која се добива по конвективен пат и суб-блоковската распределеност на депресијата.



Сл.3. 2-D геотектонски модел со температурната распределеност во геотермалното поле на истражувана геотермална депресија.



Сл.3а. 3-D геотектонски модел со температурната распределеност во геотермалното поле на истражувана геотермална депресија.

Вкупно количество на топлина во поедините карпести маси (блокови и суб-блокови) во некои истражувани геотермални полиња

Пресметани се вкупните количини на топлина која ги содржат карпестите маси во поединечните блокови во одредени депресии. Како влезни податоци се користени волуменот, густината, специфична топлина која е карактеристична за овие карпести маси и нивните просечни температури. Овие параметри се пресметани со дадените релации:

$$V = B \cdot h \ [m^3] \qquad (1)$$

каде што:

V – волумен на карпестата маса,

B – површина на базисот на карпестата маса,

h – дебелина на карпестата маса.

Специфичната топлина на одреден карпест комплекс е дадена со релацијата:

$$c = 0.75\left(1 + 6.14 \cdot 10^{-4} \cdot T - \frac{1.928 \cdot 10^4}{T^2}\right) \ [KJ/kg^oC] \qquad (2)$$

Вкупната количина на топлина која ја содржат карпестите маси во поедините блокови и суб-блокови се пресметуваат според дадените формули:

$$Q = m \cdot c \cdot T$$
$$Q = \rho \cdot V \cdot c \cdot T \qquad (3)$$

каде што:

Q – вкупна количина на топлина во геотермалниот комплекс,

m – маса на карпестите комплекси,
ρ - густина на карпестите маси,
T – температурен градиент на дадениот комплекс.

Вкупната геотермална енергија во одредено испитувано хидрогеотермалното наоѓалиште на територијата на Македонија, изнесува $Q_V = 1.25200 \cdot 10^{16}$ [J] или 3 019 639.33 [t] нафта.
Пресметаните податоци од истражните дупчотини и пресметаните градиенти со температури од 22ºC до 80ºC и добиените пресметки за добиената енергија, добиен е резултат од $Q_V = 1.25200 \cdot 10^{16}$ [J] што е еквивалент на 40.12 [MW] или енергија која ја произведува една електрична постројка од поголеми размери.

Модел на топлотниот ток q на карпестите маси

Одреден е топлотниот ток q, кој тече низ карпестите маси во поединечните карпести блокови во одредени истражувани геотермални наоѓалишта. Како влезни податоци се користени типот на карпестите маси, топлотната проводливост λ [mW/mºC] на карпестите маси во поедините блокови и суб-блокови, h дебелината на поединечните карпести маси во блоковите и ΔT разлика помеѓу температурите во горните делови и долните делови во карпестите маси. Овие параметри се пресметани со дадените релации:

$$q = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{h} \ [mW/m^2]$$
$$\Delta T = T_{pd} - T_{pv} \ [^oC]$$
$$q = \lambda \cdot \frac{T_{pd} - T_{pv}}{h} \ [mW/m^2] \qquad (4)$$

каде што:
q – топлотен ток на карпестите маси.
λ - топлотна проводливост на карпестите маси,
ΔT – разлика помеѓу температурите во подината и повлатата на карпестите маси,
h – дебелина на карпестите маси.

Дијаграмите на топлотната проводливост за одреден тип на карпести маси во литосферата, се дадени во табелите од 1 до 4.

Табела 1.

СЕДИМЕНТЕН СЛОЈ				
T [ºC]	100	200	300	400
λ [mW/mºC]	1.83	1.64	1.53	1.50
$\lambda = 2.10 - 3.1 \cdot 10^{-3} \cdot T + 4.0 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ за T = 0 [ºC] $\Rightarrow$ λ = 2.10 [mW/mºC]				

Табела 2.

ГРАНИТНИ КАРПИ											
T [ºC]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
λ [mW/mºC]	2.130	1.81	1.55	1.34	1.18	1.06	1.00	0.99	1.04	1.13	1.27
$\lambda = 2.49 - 3.9 \cdot 10^{-3} \cdot T + 2.54 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ за T = 0 [ºC] $\Rightarrow$ λ = 2.49 [mW/mºC]											

Табела 3.

БАЗАЛТНИ КАРПИ											
T [^oC]	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100
λ [mW/m^{o}C]	1.756	1.964	2.164	2.356	2.540	2.720	2.884	3.040	3.196	3.340	3.500
$\lambda = 1.54 + 2.2 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4.0 \cdot 10^{-7} \cdot T^2$ за T = 0 [^oC] $\Rightarrow$ λ = 1.54 [mW/m^{o}C]											

Табела 4.

МЕТАМОРФНИ КАРПИ					
T [^oC]	100	200	300	400	500
λ [mW/m^{o}C]	2.464	2.106	1.776	1.474	1.200
$\lambda = 2.85 - 4.0 \cdot 10^{-3} \cdot T + 1.4 \cdot 10^{-6} \cdot T^2$ за T = 0 [^oC] $\Rightarrow$ λ = 2.85 [mW/m^{o}C]					

Вкупниот топлотен ток на карпестите маси во истражуваната депресија е дадена со релацијата (5), и тој изнесува:

$$q_{kond.} = 35.976562 \ [mW/m^2] \qquad (5)$$

Во Македонија топлотниот ток генерално се движи од 60 [mW/m^2] во западно македонската зона, 120 [mW/m^2] во Вардарската зона и од 20 до 90 [mW/m^2] во источно македонската зона, [1]. Според пресметаниот модел за кондуктивниот топлотен ток $q_{kond.}$, испитуваната депресија покажува дека има солидна геотермална потенцијалност од 36 [mW/m^2] и тоа ја класифицира во геотермално наоѓалиште од средно температурен тип. Во Бугарија топлотниот ток генерално според топлотниот ток на некои геотермални наоѓалишта варира од 30 до 90 [mW/m^2], [2]. Во Србија топлотниот ток генерално според одредени геотермални наоѓалишта варира во границите од 25 до 60 [mW/m^2], [3].

Радиоген модел на одредено геотермално наоѓалиште во Македонија

Поголемиот дел од геотермалната енергија во одредени геотермални наоѓалишта во Македонија се добива со радиогеното распаѓање на радиоактивните елементи како во карпестите маси така и од радиогениот распад во самата термална вода. Податоците за пресметка на радиогениот модел на некои наоѓалишта во Македонија се користени според моделите од авторизирани права [4]. Во пресметките за овој модел се зема дека, депресија генерално е изградена од три слоја по вертикала: седиментен слој со просечна дебелина од 85.66 [m], кисели и интермедиарни карпи со просечна дебелина од 286.60 [m] и метаморфен комплекс со просечна дебелина од 187.73 [m]. Просечната количина на радиогена топлина која се ствара во карпите на седиментниот слој е A_1 = 1.7 [μW/m^3], во киселите и интермедијарните карпи просечната радиогена топлина е A_2 = 4.2 [μW/m^3] и во метаморфниот комплекс просечната радиогена топлина е A_3 = 0.5 [μW/m^3]. Вредноста на густината на радиогениот топлотен ток кој се ствара во секој од наведените слоеви и карпести комплекси е пресметана со релацијата:

$$q_{rad.} = A_n \cdot h_n \ [mW/m^2]$$
$$q_V = q_{n1} + q_{n2} + q_{n3} \ [mW/m^2] \qquad (6)$$

каде што:

$q_{rad.}$ – густина на радиогениот топлотен ток.
A_n - просечната количина на радиогена топлина која се ствара во карпите на седиментниот слој и карпестите комплекси.
h_n – просечна дебелина на седиментниот слој и карпестите комплекси.
q_V - вкупна густина на радиогениот геотермален ток.

Табела 5.

Тип на карпа	A_n [$\mu W/m^3$]	h_n [m]	q_{rad} [mW/m^2]
Седиментен слој	1.7	85.66	2.145622
Кисели и интермедиарни карпи	4.2	286.60	5.203720
Метаморфен комплекс	0.5	187.73	1.093865
Σq_V			8.443207

Од добиените резултати може да се каже дека добар дел од генерираната геотермална енергија во некои од потенцијалните наоѓалишта во Македонија потекнува на прво место од радиоактивното распаѓање, односно, геотермалната енергија претставува сума од повеќе причинители во длабочина на литосферата кои ја генерираат топлината во вид на геотермална енергија. Дека не станува збор за класично депонирање на топлината преку загреани интрузиви или батолити, зборува следниот модел.

Физички модел на геотермалната потенцијалност во зависност од варијацијата на топлотниот ток на батолитите и континенталниот кристалин

Варијации на топлотниот ток на интрузивните и екструзивните батолити и континенталниот кристалин изразени во Ma, се пресметани по формулата (7), и прикажани во табела 6., според [5].

$$\phi = \frac{\Delta T}{\Delta Z} \quad [mWm^{-2}] \qquad (7)$$

каде што:

ϕ - топлотен градиент на средината,
ΔT - топлотен ток на батолитите,
ΔZ - длабочина на залегање на батолитите.

Табела 6.

Години [10^6y]	**ΔT [mWm^{-2}]**
0 – 250	76 ± 53
250 – 800	63 ± 21
800 – 1700	50 ± 10
> 1700	46 ± 16

Најмлади изливи во Р. Македонија имаме во областа на Вардарската зона во регионот на Кожуф со старост од 1.8 [Ma]. Во регионот на Младо Нагоричане најстарите батолити се од 5 [Ma] до 6 [Ma]. Во областа на кочанската депресија, најмладите изливи се наоѓаат во областа на Кратовско-Злетовската вулканска област со старост од 15 [Ma]. Оваа област е обработена како модел поради тоа што кочанската депресија како перспективна геотермална зона во овој регион, граничи најблиску со неа од северо-западната страна. Направени се два табеларни модели на геотермалното поле на кочанската депресија со претпоставка дека топлотниот градиент (ϕ) во кочанската депресија потекнува од

загреани батолити кои според некои автори се залегнати под неа на длабочина од 1.5 до 2.0 [km], земајќи ги во предвид батолитите од Младо Нагоричане и батолитите кои се во Кратовско-Злетовската вулканска област. Од горната табела е пресметан е топлотниот градиент на батолитите од Младо Нагоричане со максимални вредности од 129 [mWm^{-2}], средни вредности 76 [mWm^{-2}] и минимални вредности за топлотниот градиент на батолитите од 23 [mWm^{-2}]. Исто така пресметан е топлотниот градиент на батолитите на Кратовско-Злетовската вулканска област, за максимални вредности од 64 [mWm^{-2}], средни вредности 38 [mWm^{-2}] и минимални вредности за топлотниот градиент на овие батолити од 12 [mWm^{-2}]. Длабочините на кои се залегнати батолитите во овие модели се 500 [m], 1000 [m], 1500 [m], 2000 [m], 5000 [m] и 10000 [m].

Табела 7. Пресметан топлотен градиент кој го оддава батолитот на Младо Нагоричане со старост од 5 [Ma] за max. вредност на топлинскиот ток од 129 [mWm^{-2}].

ΔT [mWm^{-2}]	129	129	129	129	129	129
ΔZ [m]	500	1000	1500	2000	5000	10000
ϕ [mWm^{-2}]	0.258	0.129	0.086	0.065	0.026	0.012

Табела 7.1. Пресметан топлотен градиент кој го оддава батолитот на Младо Нагоричане со старост од 5 [Ma] за средна вредност на топлинскиот ток од 76 [mWm^{-2}].

ΔT [mWm^{-2}]	76	76	76	76	76	76
ΔZ [m]	500	1000	1500	2000	5000	10000
ϕ [mWm^{-2}]	0.152	0.076	0.051	0.038	0.015	0.0077

Табела 7.2. Пресметан топлотен градиент кој го оддава батолитот на Младо Нагоричане со старост од 5 [Ma] за min. вредност на топлинскиот ток од 23 [mWm^{-2}].

ΔT [mWm^{-2}]	23	23	23	23	23	23
ΔZ [m]	500	1000	1500	2000	5000	10000
ϕ [mWm^{-2}]	0.046	0.023	0.015	0.016	0.0046	0.0023

Табела 7.3. Пресметан топлотен градиент кој го оддават батолитолитите на Кратовско-Злетовската област со старост од 15 [Ma] за max. вредност на топлинскиот ток од 64 [mWm^{-2}].

ΔT [mWm^{-2}]	64	64	64	64	64	64
ΔZ [m]	500	1000	1500	2000	5000	10000
ϕ [mWm^{-2}]	0.128	0.064	0.042	0.032	0.013	0.0064

Табела 7.4. Пресметан топлотен градиент кој го оддават батолитолитите на Кратовско-Злетовската област со старост од 15 [Ma] за средна вредност на топлинскиот ток од 38 [mWm^{-2}].

ΔT [mWm^{-2}]	38	38	38	38	38	38
ΔZ [m]	500	1000	1500	2000	5000	10000
ϕ [mWm^{-2}]	0.076	0.038	0.025	0.019	0.0056	0.0038

Табела 7.5. Пресметан топлотен градиент кој го оддават батолитолитите на Кратовско-Злетовската област со старост од 15 [Ma] за min. вредност на топлинскиот ток од 12 [mWm^{-2}].

ΔT [mWm^{-2}]	12	12	12	12	12	12
ΔZ [m]	500	1000	1500	2000	5000	10000
ϕ [mWm^{-2}]	0.024	0.012	0.0080	0.0060	0.0024	0.0012

Од овие табеларни модели, и добиените пресметани вредности на топлотниот градиент кој го оддаваат овие батолити, јасно се гледа дека загревањето на геотермалното поле на кочанската депресија не е од нив или било какви интрузивни тела залегнати во длабочина на кочанската депресија. Најновите трендови во истражувањето на геотермалната енергија и геотермалните наоѓалишта во светот, покажуваат дека најперспективни батолити или интрузии кои може да се сметаат за грејни геотермални тела се оние кои се со старост помала од 5 [Ma], сите други интрузии и батолити постари од 5 [Ma] претставуваат грејни тела во процес на ладење, според тоа колку е постар батолитот или интрузијата од оваа бројка тој ќе оддава се помала топлина а со тоа ја губи моќта на грејно тело што не значи дека може да дава топлина за појава на суб – геотермални појави кои на површината можат да се манифестираат со топлини од 20^{o}C до 45^{o}C, [5]. Во Македонија најмладите изливи се наоѓаат на локалитетите Старо Нагоричане и Младо Нагоричани со старост на границата од 5 [Ma], што само по себе зборува дека секаде во Македонија не постојат грејни тела кои би биле главни причинители за загревање на литосферата било тоа да е по кондуктивен или конвективен пат.

Модел на количеството на топлина q на средината на кочанската депресија во зависност од Мохо – дисконтинуитетот

Според Фуриевите закони за течење на количеството топлина во единица време, направен е модел на топлотниот ток Q на средината во зависност од Мохо – дисконтинуитетот, дадено со равенката:

$$q = k \cdot t \frac{(T_0 - T_k)}{\Delta z} \quad [mWm^{-2}] \qquad (8)$$

каде што:

q – количина на топлина на средината,

k – топлотен кондуктивитет на истражуваната депресија,

t – време во [Ma],

T_0 – температура на длабочина на мохо дисконтинуитетот,

T_k – температура на водата во депресијата во зависност од длабочината на Мохо – дисконтинуитетот,

Δz – длабочина на Мохо – дисконтинуитетот.

Во следните табели е прикажан геотермален модел на истражувано геотермално поле според количеството топлина во зависност од длабочината на мохо – дисконтинуитетот. Познавајќи ја длабочината на мохо – дисконтинуитетот во вардарската зона, некои од геотермалните депресии се наоѓа во областа каде тој е најплиток. Според математичко – физичките пресметки на претходните истражувачи [1]., најплиток е во регионот на Овче Поле околу 20 [km], а кон маргиналните делови од Македонија постепено тоне и до 45 [km]. Истражуваните терени најчесто се наоѓа, односно, граничат со регионите каде што мохо – дисконтинуитетот е најплиток, околу 25 [km], и се смета дека има големо влијание директно врз генерирањето на топлината и геотермалната енергија. Од добиените резултати се гледа дека количеството на топлина кое се генерира од длабочината на мохо – дисконтинуитетот кон апикалните, површинските, делови на истражуваните терени, не се занемарливи.

Табела 8. Пресметано количество топлина Q на геотермално поле во зависност од длабочината на мохо – дисконтинуитетот, во случајот, на 25 [km].

Геолошка старост	k [$Wm^{-1}K^{-1}$]	t [Ma]	To [C^o]	T_k [C^o]	Δz [km]	Q [mWm^{-2}]
прекамбриум	1,300039	1350	980	100	25	61777,85
рифеј-камбриум	1,491697	670	980	100	25	35180,18
палеозоик	1,330712	570	980	100	25	26699,41
мезозоик	1,476257	250	980	100	25	12991,06
горен еоцен	1,782406	53	980	100	25	3325,26
миоцен	1,849254	23	980	100	25	1497,16
плиоцен	1,522164	5,3	980	100	25	283,97
пролувиум	1,178956	3,2	980	100	25	132,80
алувиум	2,694212	0,01	980	100	25	0,95
Σ						141788,64

Заклучоци

Во овој научен труд за прв пат се направени напори да се објасни генезата на геотермаалната енергија која е генерирана во Македонија преку физичко-математички модели. Добиените резултати во потполност ја менат сликата за објаснувањето на постанокот и пресметувањето на топлината на територијата на Македонија. Ова треба да е понатамошен потстрег и тренд во истражувањето на геотермалната енергија кај нас, за да се добие појасна слика каде би требало да одат понатамошните геотермални истражувања.

Според сето кажано може да се изведат следните заклучоци:

1. Вкупната геотермална енергија во одредени истражувани хидро-геотермални наоѓалишта изнесува $Q_V = 1.25200 \cdot 10^{16}$ [J] или споредено околу 3 019 639.33 [t] нафта.
2. Пресметаните податоци од истражните дупчотини и пресметаните градиенти со температури од 22°C до 80°C и добиените пресметки за добиената енергија за едно цело геотермално поле изнесува $Q_V = 1.25200 \cdot 10^{16}$ [J] што е еквивалент на 40.12 [MW] или енергија која ја произведува една електрична постројка од поголеми капацитети.
3. Според пресметаниот модел за кондуктивниот топлотен ток $q_{kond.}$, некои геотермални полиња во Македонија покажуваат солидна геотермална потенцијалност од 36 [mW/m^2] и се класифицира во геотермално наоѓалиште од средно температурен тип.
4. Како еден од главните носители на геотермалната енергија во повеќето геотермални наоѓалишта во Македонија е радиогениот топлотен ток $q_{rad.}$ и зголемениот Мохо – дисконтинуитет.
5. Најновите трендови во истражувањето на геотермалната енергија и геотермалните наоѓалишта во светот покажуваат дека најперспективни батолити или интрузии кои може да се сметаат за грејни геотермални тела се оние кои се со старост помала од 5 [Ma], сите други интрузии и батолити постари од 5 [Ma] претставуваат грејни тела во процес на ладење. Според тоа колку е постар батолитот или интрузијата од оваа бројка тој ќе оддава се помала топлина а со тоа ја губи моќта на грејно тело. Но тоа не значи дека не може да оддава топлина која генерира суб – геотермални појави кои на површината можат да се манифестираат со температури од 20°C до 45°C. Во Македонија

најмладите изливи се наоѓаат на локалитетите Старо Нагоричане и Младо Нагоричани со старост на границата од 5 [Ma], што само по себе зборува дека секаде во Македонија не постојат грејни тела кои би биле петрогени причинители за загревање на литосферата.

6. Според моделот на Мохо - дисконтинуитетот, каде што длабочината изнесува 30 [km], се забележува зголемување на топлината во однос на другите пресметани податоци за различни длабочини. Според ова, најголемото количеството на топлина кое се генерира од аспект на длабочината на мохо – дисконтинуитетот е од 25 до 30 [km], токму каде што се лоцирани и просторно некои геотермални полиња. Колку повеќе се оддалечуваме од истражуваниот терен кон исток, така се зголемува и длабочината на мохо – дисконтинуитетот со што почнува и благо да опаѓа температурата која се генерира во горните делови на литосферата.

7. Генерирањето на геотермалната енергија кај нас во Македонија е сума од повеќе физичко-механички па и хемиски процеси, и како таква треба и понатаму да ја третираме нејзината генеза која не е нималку едноставна. Со препорака да се оди со што поголем интензитет на истражување на оваа алтернативна енергија која кај нас може да биде многу корисна и атрактивна.

Литература

[1] Делипетров.,Т., 1991 - „Докторска дисертација“, 1991, Штип.

[2] Галабов., М., 1999 - „Определување на ресурсите на подземните води“, 1999, Софија.

[3] Миловановиќ., В., 2001 - „Хидрогеологија“ книга, 2001, Белград.

[4] Karlheinz Spitz & Joanna Moreno - Waterloo Hydrogeologic INC., Canada, N2L5J2, Copyright, 2003.

[5] Sclater et all., 1980 - “Physics of the Earth” p. 292., USA.

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE WATERSUPLIE SITES "FORTUNA", "SHTIP LAKE", AND "ARM"

[1]Vlatko Jovanovski and [2]Gorgi Dimov

[1,2]University "Goce Delchev", Faculty of Informatics, Tosho Arsov 14, 2000 Shtip, Macedonia;
vlatko.jovanovski@ugd.edu.mk, gorgi.dimov@ugd.edu.mk

Abstract

Although the project for building the hydro system Zletovica is in its peak, still the water supply of the city of Shtip, as an administrative-economic and university center of the eastern part of the Republic of Macedonia, depends on the sites "Shtip lake", "Fortuna" and "ARM".
In this scientific paper the authors describe the hydro-geological characteristics of these water supply sites, and at the same time present the data about the hydro-geological parameters got by means of continuous measuring of the existing wells and piezometers.

Key words: hydro-geology, aquifers, wells, productiveness, profusion, filtration coefficient.

INTRODUCTION

Based on the results of the previous regional hydro-geological research of the basic hydro-geological map of the Republic of Macedonia and thorough research, it can be concluded that all the types of rock porosity are represented in this part of the terrain in the broader and immediate surrounding of the springs and water supply objects for the city of Shtip (Picture 01). The rocks with inter-granular porosity are of special significance, where the compact type of aquifers is formed in which wells are built at the sites Fortuna and ARM, as well as reni wells in Shtip lake, as objects for the city water supply. We will present in short their hydro-geological characteristics. The rocks with inter-granular porosity are represented by the unconnected sediments with inter-granular porosity containing geological formations that consist of alluvial river sediments in the river terrace of the river Bregalnica, and delluvial deposits of its broader surroundings where they form the compact type of aquifers, as well as Pliocene formations.

COMPACT TYPE OF AQUIFERS

The compact type of aquifers is formed in the frames of the widespread Quarternary deposits with inter-granular porosity in the river terrace of the river Bregalnica. These alluvial contemporary river sediments deposited on the left and right side of the river Bregalnica are made of variously granulated unconnected sands and gravels, partially clayed with tickness of 10-12 m, depending on the configuration of the terrain along the river Bregalnica. These alluvial and terrace sands and gravels most often represent finding sites with underground water whose level is relatively shallow and the oscillations of water fluctuation greatly depend on hydro meteorological conditions in broader region and the changes in water level of the river Bregalnica, which shows that the level of underground water directly depends on the surface watercourse in the region.

Alluvial river sediments (al) that are found along the valley of the river Bregalnica are characterized by very good water permeability with the filtration coefficient $K_F = 1.10^{-1} - 1.10^{-2}$ cm/s as they consist of large-grained gravels and sands with pebbles. As such they represent favorable locations for building objects for tapping water, such as exploitation wells at the sites Fortuna, ARM and the built reni wells at the site "Shtip Lake".

On the hydro-geological map (Picture 01), these alluvial river sediments in the immediate vicinity of the river bed of the river Bregalnica are isolated as aquifers in water supplying surroundings with inter-granular porosity with good water permeable characteristics, while old river terraces ($t_{2,3}$) at higher terrain levels of the immediate area of the river Bregalnica, are represented as aquifers in water supply areas with medium water permeability.

Delluvial-sloping sediments, from the surrounding terrain that partially covers the

flish formations of upper-eocene sediments, are represented with clays and sandstones where we can often register layers limestone, marl and clay characterized by a weakly expressed water permeability. In the peripheral parts of the basin part respective areas are filled with Pliocene sands, gravels, clays and clays, with much worse hydro-geological characteristics whose filtration coefficient is in the limits of $K_F = 1.10^{-4} - 1.10^{-6}$ cm/s, and whose hydrogeological environments represent collectors conductors of underground waters.

WATERLESS ENVIRONMENTS

Eocene flish formations represented on the hydro-geological map as ($^1E_3$) in the lower parts of the surrounding slopes are characterized by low water permeability, as they are made of marl, sandstone, conglomerates and rather clayed clays. Anyway, in both cases these sediments are mostly waterless, especially in those parts of the terrain where they are covered with carbonate sediments, as the level of groundwater is deeper. In that case, these sediments play the role of a conductor of surface waters immediately after precipitation and other atmospheric occurrences. The complex built of Eocene flish formations do not have great significance from the aspect of determining sanitary protection zones, because they have low water permeability and low values of their hydro-geological characteristics.

RUPTURE POROSITY

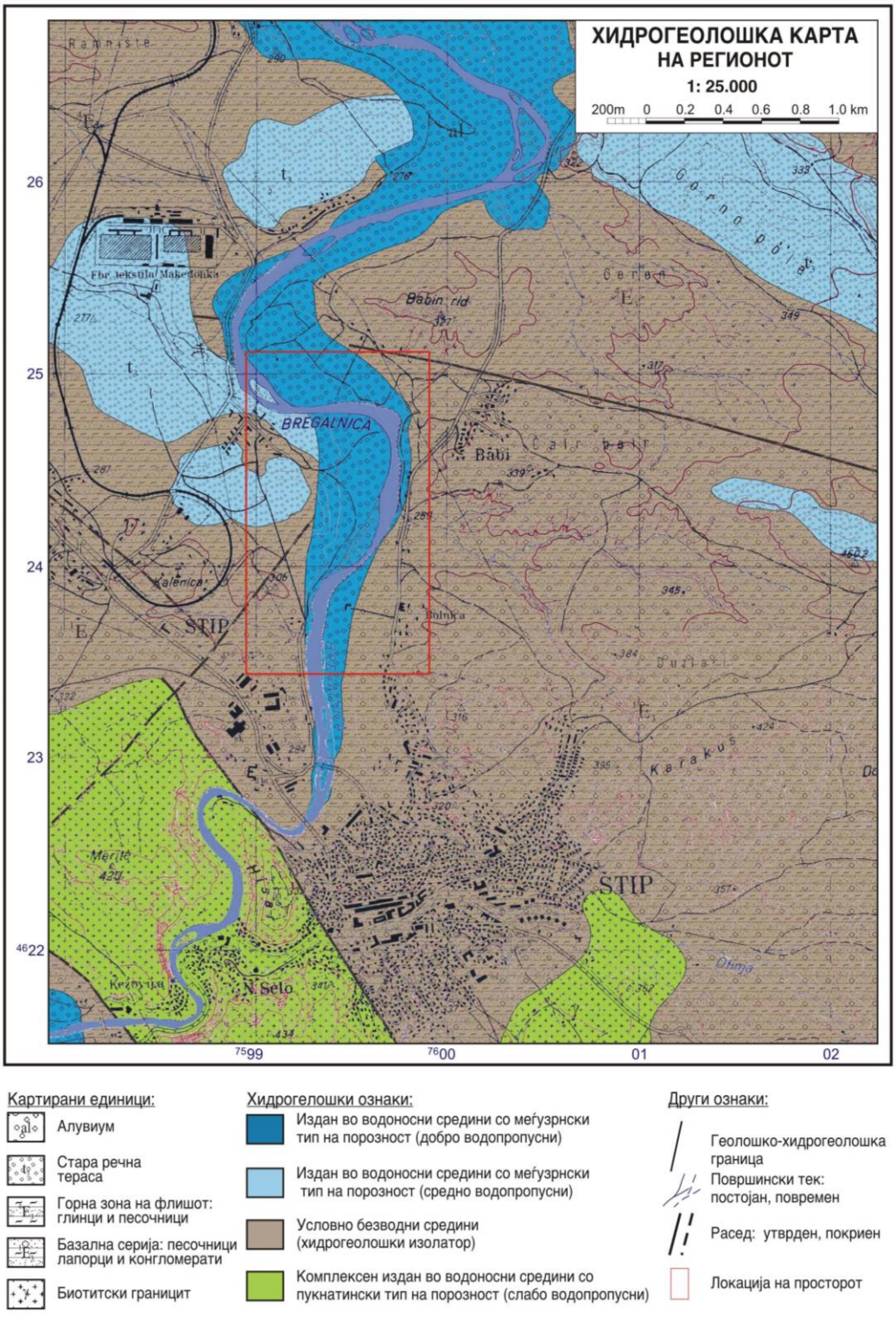
Biotitic granites represented in the wider region of Shtip represent an aquifer complex with water supply environment of the rupture type of porosity**.** They also represent low water permeable environment and do not have great influence on water tapping objects for the city water supply at the sites that are the subject of this analysis. These rocks have ruptures and cranny with different dimensions and directions of spreading, and they were formed as a result of tectonic and outer factors. But, from the hydro-geological aspect, they do not have any impact on the determination of sanitary protection zones as they are far from the wells for the water supply of the city of Stip.

In order to find out the hydro-geological characteristics of the compact type of aquifers in the region of water supply objects belonging to the three groups of wells located next to the river Bregalnica (upstream of the city near the suburban parts of Shtip Babi and Makedonka at the sites Fortuna, reni wells at the site Shtip Lake and the site ARM), we used the complete database of the Public firm "Isar"- Shtip, whose hydro-geological characteristics and numerical results will be analyzed in detail in order to determine the borders of the sanitary protection zones.

HYDRO-GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SITE "FORTUNA"

From the hydro-geological aspect, the aquifer at the site Fortuna consists of a water supplying horizon-collector formed in the alluvial river alluvium, belonging to the river terrace of the Bregalnica (Picture 01). This collector has good filtration characteristics as wells are made in the compact type of an aquifer in the conditions of a semi-limited layer with free level. There are direct hydraulic connections between the river Bregalnica and the water supplying horizon, i.e. the feeding of the underground waters directly depends on the hydrological condition of the river. The water flow into the wells does not have stationery character because time occurs as a changeable factor, i.e., the data about the hydro-geological parameter of wells are based on the linear law of non stationary conditions of filtration. At this site there are many wells that were built in different period of time and have different capacity values. There is still here an old system of wells consisting of 10 dug wells to the depth of 10 m. This system of wells is situated on the left bank of the river Bregalnica, and is about 80-100 m away from the recipient. The system is made up of 10 wells, in 2 rows of 5 wells with one central pump station. The distance between the wells is approximately 50 m. The wells have a wide diameter of 3 m built of armed concrete rings with the depth of 9-10 m. from the surface of the terrain. If we analyze the hydro-geological parameters of the built wells and piezometers, it can be stated that they can be treated as imperfect well systems (the old dug wells), with the static level of underground waters of 3,5 - 4,50, depending on the configuration of the terrain where the well was built. At the time of their active use and tests performed in the period of July 1990 - April 1992, respectively the wells provided 10 l/s/, and their total profusion was estimated to be approximately 70l/sec. With time their

profusion was reduced and the city needs grew so that during 1993 four more wells were built: DB-1 (25l/sek), DB-2(8 l/sec), DB-3 (25lit/sec.) and DB-4 (27l/sec). In 1994 two more welss were built: DB-5 (25 lit/sec.) and DB-6 (20 lit/sec.). The profusion of the wells depends on the climate and hydrological characteristics of the region and the river Bregalnica; that is why the values for the wells are variable. Recently two more dug wells have been built and they are shown on the map as new wells whose depth is 10,0m, ∅=1500mm and profusion 25-30 l/sec.



Picture 01. Hidrogeological map of the near region of Shtip

Table 1. Hydro-geological characteristics of wells at the site "Fortuna"

Nr.	Locality	Hydro-geological characteristics			Characteristics of the tapped object					
		Aquifer type lithological content	Coefficient of filtration K (cm/s).	Water horisont N (m)	Depth	Ø (mm)	NPV	profusion Q=l/sek.	Reduction Y = m'	Radius of Depresion R = m'
1	Fortuna Old wells. B-1 B-10	compact Alluvial sand. and gravels	$1,x10^{-1}$ $1x10^{-3.}$	7-10	10,0	3000	3,5-4,0	65-70	4,5-5,5	40-60
2	Fortuna DB-1, DB-2	Compact Alluvial sand. and gravels	$1,x10^{-1}$ $1x10^{-3}$	7-10	12,0	500	3,80-4,20,	25+8,0	5,83-8,45	60-80
3	Fortuna DB-3, DB-4	compact Alluvial sand. and gravels	$4,5h10^{-3}$ $3,6h10^{-1}$	7-10	11,0	300	2,0	25+27	6,0	40
4	Fortuna DB-5, DB-6	compact Alluvial sand. and gravels	$2,2h10^{-2}$	7-10	10,0	400	3,0	25+20	4,0	40-60
5	Fortuna New well B-9	compact Alluvial sand. gravel	$1,x10^{-1}$ $1x10^{-3}$	7-10	10,0	1500	2,5	30	4,0	40
6	Fortuna B-10 New well	compact Alluvial sand gravel.	$1,x10^{-1}$ $1x10^{-3}$	7-10	10,0	1500	3,0	30	4,0	40

∑ Current total profusion of wells is Q=65-**70 lit/sec**.

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SITE "SHTIP LAKE"

At the existing site there are three reni wells and six drilled wells that are on the left bank in the river terrace of the river Bregalnica. If we have in mind the hydro-geological characteristics of the site Shtip Lake as the location with significant reserves of underground water, there are old wells built before1985., for example the well belonging to then JNA and the wells belonging to Makedonka, while in the course of 1985. one more well BHD3 was built, thus enhancing the total capacity to over 120 l/sec. According to the previously performed hydro-geological drilling in this region, we determined the tickness of the water supply horizon that is 9-10 m. Afterwards, one central borehole was methodologically made, and around it in all directions 8 drains 20-30 m in length. D=4,0 m was determined as the most appropriate diameter of the well dictated by the drains, depth H=9,6m, height of the drains 1,1m from the bottom to the axle of the drain that were totally 200m long. The drain profile is ∅208mm, with perforation of 21% made of special steel with perforation. Exploitation amounts of the existing wells at the time of their building and initial exploitation, for example for the well BHD3 it was Q=70 l/s, however, with time the profusion will be reduced. It should be said that hydro-geological characteristics of the site Shtip Lake, as well as other aquifers with underground water in this region directly depend on the hydrological regime of the river Bregalnica. In 2000 a new exploitation well was made in the alluvium of the river Bregalnica to the depth of 11,0m. The drilling of the well was performed with ∅700mm, and a well construction of ∅500mm was built in.

Based upon the testing of the well, the values of the hydro-geological parameters of the water supply environments and the well are:

- Coefficient of filtration:
K_F =8,2 $x10^{-2}$ cm/sec.;
- Coefficient of water conductivity:
T = 7,4 $x10^{-3}$ m^2/sec;
- Optimal profusion of the well:
Q the opt = 14,0 lit/sec.;
- Optimal reduction: opt = 2,5 m

Table 2 Technical characteristics of wells*

object	diameter ∅ (mm)	Depth (m)	Q min (l/sec)	Q max (l/sec)	Made of	Year
Reni BHD-1	4000	10,00	150,0	190,0	concrete	
Reni BHD-2	4000	10,90	130,0	140,0	concrete	
Reni BHD-3	4000	9.60	96,0	120,0	concrete	1985.
Well EB-4	500	11.00	8,00	14,0	pipe, pvc	2000.
Wells B,5,6,7,8,9,10.	500	10-11.00	8,00	14,0	Pipe, pvc	

*Data for the profusion of reni wells are taken from the data for 1985.
Today the total profusion of the system of wells is estimated to be Q=120 l/s.

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SITE "ARM"

Water supply wells at the site "ARM" are in the immediate vicinity of the barrack "Jane Sandanski", on the right bank of the river Bregalnica in the alluvium of the river terrace t2. In 2001 at this site 5 exploitation wells B-1, B-2, B-3, B-4, and B-5 were drilled. The terrain where the wells are situated is made of variously granulated sands and gravels.
From the hydro-geological aspect, the water supply horizon is made of variously granulated sands and gravels that show good filtration characteristics, and they represent a collector of underground waters, while the fundament of the wells end in water impermeable Eocene sediments made of marl and marl clays.

T**able 1** Technical characteristics of wells*

object well	Diameter ∅ (mm)	Depth (m)	Q max (l/sec)	Q opt (l/sec)	Made of	Built in
B-1	315,00	12,00	17,00	16,00	PVC	2001 .
B-2	315,00	12,00	12,00	11,00	PVC	2001
B-3	315,00	12,00	15,00	14,00	PVC	2001
B-4	315,00	12,00	7,00	6,00	PVC	2001
B-5	315,00	12,00	14,00	14,00	PVC	2001

*Total average profusion of the system of wells at ARM is around 65 l/s. at the moment of the analysis (according to the data we got from JP "ISAR", 2006).

CONCLUSION

Based on the results of the previous regional hydro-geological research of the basic hydro-geological map of the Republic of Macedonia and thorough research, we can conclude that all the types of rock porosity are represented in this part of the terrain in the broader and immediate surrounding of the springs and water supply objects for the city of Shtip (Picture 01). The rocks with inter-granular porosity are of special significance, where the compact type of aquifers is formed in which wells are built at the sites Fortuna and ARM, as well as reni wells in Shtip lake, as objects for the city water supply. We will present in short their hydro-geological characteristics.

The rocks with inter-granular porosity are represented by the unconnected sediments with inter-granular porosity containing geological formations that consist of alluvial river sediments in the river terrace of the river Bregalnica, and delluvial sloping deposits of its broader surroundings where they form the compact type of aquifers, as well as Pliocene formations.

From the hydro-geological aspect, the water horizon is made of variously granulated sands and gravels that show good filtration characteristics and represent a collector of underground

waters, while the fundament of the wells ends in the water impermeable Eocene sediments made of marl and marl clay..

There are direct hydraulic connections between the river Bregalnica and the vodonosniot horizon, i.e. feeding of the underground waters is directly depends on the hydrological condition of the river.

The hydro-geological characteristics of the site Shtip Lake, as well as other aquifers with underground water in this region directly depend on the hydrological regime of the river Bregalnica.

REFERENCES

Main project – Well with horizontal drains B-3, area -"Shtip lake" - Shtip, Vol. 1/ Megaproekt, May 1985.

Report about hydro-geological research at the site "Fortuna" - Shtip. Construction Institute Macedonia - Skopje, May 1990.

Report of the results got from the control trial testing of the well system "Fortuna" - Shtip. Construction Institute Macedonia – Skopje, July 1990.

Technical report of hydro-geological work done at the trial exploitation wells Db-1, DB-2, and DB-3 at the site Fortuna - Shtip. DOO Kruna drill - Skopje. October 1993.

Report about hydro-geological research at the site "Fortuna" - Shtip. Construction Institute Macedonia - Skopje, April 1992.

Technical report of hydro-geological work done at the trial exploitation wells Db-3, DB-4 at the site Fortuna - Shtip. DOO Kruna drill - Skopje. December 1993.

Technical report of hydro-geological work done at the trial exploitation wells Db-5, DB-6 at the site Fortuna - Shtip. . P.U.T.P. SLIM-KO - Shtip. April 1994.

Report of the realized work on building an exploitation well EB-4 at the site -"Shtip Lake" - Shtip, "Geohidroproekt "- Skopje , September 2000.

Technical report of the results got from the exploitation wells B-1,B-2,B-3,B-4,B-5 , built for J.P."ISAR" - Shtip, May 2001.

ВОДНО БОГАТСТВО НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Атанас Маџароски
АД „Елем"Рек-Битола

Апстракт

Теритотијата на Македонија поседува големо водно богатство како на нејзината површина така и во нејзиното подземје само што истата не е подеднакво распоредена, Бидејќи водата без оглед во каква состојба истата се наоѓа представува минерална и енергетска суровина која му е најпотребна на човекот и на секоја држава,и затоа према истата треба така да се однесуваме За просперитет на државата неопходно потребно е да се знае со какво водно богатство располага државата и како истото рационално биде искористено. Во рефератот е направено резиме за целокупното водно богатство кое го поседува Македонија и тоа количина наповршинска, подземна и термална односно термо минерална вода а истите податоци би послужиле за планско искористување на водата во повеќе намени..

Клучни зборови: Вода, водно богатство, Македонија.

ВОВЕД

Водата е најзначајна и неопходна минерална суровина за човекот која е застапена на планетата Земја. Нејзината генеза е поврзана со постанокот на Земјата.

Водата во градбата на Земјата се наоѓа како врзана вода и како слободна вода. Како врзана вода учествува во градбата на карпите, односно на неживата материја и во градбата на животните и растенијата, односно во градбата на живата материја и тоа со доста голем процент од нивната маса.

Како слободна вода се наоѓа во атмосферата на Земјата и тоа во вид на водена пара-атмосферска вода која во дадени услови доаѓа до кондензација и истата преминува во течна состојба и паѓа на Земината површина во вид на врнежи.

Паднатата вода истекува на површината на теренот на Земјата се до вдлабнатите делови и тоа поголема количина а при тоа формирајќи потоци и реки кои се вливаат во вдлабнатите делови (синклинали) формирајќи езера, мориња и океани во зависност од величината на синклиналите,

Помала количина на атмосферската вода се инфилтрира во внатрешните хидрогеолошки структури преку пукнатини на тврдите карпи или пак преку интергрануларните структури формирајќи при тоа издани. Секогаш еден дел од овие води останува во хидрогеолошките структури како подземна вода.

Водата како минерална суровина е застапена и тоа:

- Во атмосферата, како чиста без примеси минерална суровина
- На површината на Земјата како проточна минерална суровина
- Во синклиналите на површината на Земјата како стационарна вода
- Подземна вода која може да биде проточна преку изворите и стационарна. Овие води према својот квалитет најзначајни се за човекот како минерални суровини, бидејќи во себе носат супстанци кои се корисни за човечкиот организам. Овие води представуваат право и непроценливо богатство за опстанокот на човекот и за човештвото.

Водата како минерална суровина има многукратна примена и тоа:

1. Учествува во градбата на растителниот и `ивотинскиот свет
2. Учествува во градбата на минералите и карпите
3. Ја користат како храна растителниот и `ивотинскиот свет
4. Водата служи како подлога за живеење на растителниот и животинскиот свет
5. Добивање на минерални материи растворени во водата (готварска сол)
6. Водата представува и енергетска суровина
7. Човекот водата ја употребува во сите стопански гранки (земјоделство, индустрија, електростопанство, рударство, туризам, рекреација и други потреби).

Секоја држава, па и Република Македонија неопходно е потребно во целост да се утврдат како кавалитативно така и квантитативно вкупните резерви на минералната суровина водата и тоа количините на вода на површината на теренот на целата територија на Република Македонија како и нивниот квалитет, потоа вкупните количини кои се наоѓаат под површината на теренот формирани во хидрогеолошките структури и тоа вкупните можни статички резерви и вкупните можни динамички резерви на целата територија на Р.Македонија. На основа вака добиените податоци за вкупните резерви на вода кои се застапени на целата територија на Р.Македонија ќе може плански и рационално и повеќе наменски да се користи ова непроценлива минерална суровина која циркулира на територијата на Р.Македонија.

Ако се формира еден стручен тим (стручна организација) од страна на Владата на Р.Македонија со задача да се приберат сите податоци и да се извршат потребните пресметки, за резервите и кавалитетот на вкупните количина, Р.Македонија ќе го добие едно од најголемите богатства кое што го поседува а тоа е неопходната минерална суровина **ВОДАТА.**

Вака откриеното водно богатство срочено на едно место, многу лесно ќе може да се стави во функција на потребите на целокупното стопанство и на граѓаните а при тоа ведејќи сметка истото да не се изгуби.

Демес, состојбата со користењето на водите е хаотична, нерационална, истата се загадува на различни начини, а борбата со истата е непланска и нанесува многу непотребни штети како на стопанството така и на населението.

РЕЗЕРВИ НА ВОДА НА ТЕРИТОРИЈАТА НА МАКЕДОНИЈА

Извори на вода на територијата на Р.Македонија представуваат атмосферските талози чија издашност представува променлива величина, дисконтинуирана и нестационарна, со променлив интензитет и со временско ограничување. Овие количини на вода кои паѓаат на територијата на Р.Македонија од нејзината атмосфера гледано на временски периоди како и просторно е нерамномерно и временски и просторно. Ова значи да истите можат да се користат за било какви поптреби и истите треба да се акумулираат дали во природни или вештачки вододржливи реципиенти (водособирници) од една страна и директно користење од друга страна користејќи ја нејзината кинетичка енергија од формираните речни токови.

На основа за мене достапни податоци како и мои лични сознанија, мерења и испитувања во текот ма мојата 30 годишна работа ќе ги изложам накратко моите согледувања за вкупното водно богатство во Р.Македонија, односно резерви на вода кои се директно или индиректно достапни за нивно исползување за добробит на граѓаните на Р.Македонија, односно, билансот на севкупното количество на вода во Р.Македонија.

Во 1994 година Републичкиот Хидрометеролошки Завод – Скопје има презентирано податоци за водното богатство во Р.Македонија и тоа изнесува:

1, Од **просечните врнежи** на сливните подрачија за целата територија на Републиката и тоа за целата површина која изнесува F=25648км^2 со паднат воден талог од 733мм просек на сливни подрачиа изнесува:

Q =18,8 милијарди кубни метри.

Ова количина на вода е просечна количина која доаѓа од атмосферата и истата е обновлива. Ова количина на вода не може да се искористи во целост.

2, Од **истечната** вода од сливните подрачиа на целата територија на Републиката со просечен проток од 181 м^3/с за една година изнесува:

Q =5,72 милијарди кубни метри.

Ова количина на вода е водата која директно падне на теренот и некаптираните издани и истекува преку формираните потоци и реки во главниот водотек кои водите ги носи во вештачките акумулации, езерата и морињата.

3, Од **подземните** води на целата територија на Републиката и тоа резервна подземна вода од првите издани на основа на податоците од мерењата на изворите на првите издани изнесува:

Q = 0,520 милијарди кубни метри.

Ова вода е дел од водениот талог кои понира во теренот и ги храни првите издани, а истекува преку изворштата на површината на теренот.

4, Од **резервна изворска** вода – подземна вода од поголемите регистрирани извори на територијата на Републиката која (ХМЗ податоци) изнесува:

Q = 0,420 милијарди кубни метри, односно 420 000 000 кубни метри

И ова количина на вода е дел од атмосферската вода која исто така понира во теренот до хидрогеолошките структури да повторно се излие на површината на теренот во вид на извори со поголем капацитет.

Вкупната количина на вода од првите издани и од поголемите извори која изнесува околу 940 милиони кубни метри вода е дел од истечните води.

Количините на истечните води кои се регистрирани на територијата на сливните подрачиа на Републиката кои се директно врзани со атмосферските талози кои паднат на површината и директно истекуваат кога ќе се одземат подземните води би изнесувале:

Q =4,78 милијарди кубни метри вода.

Ако од вкупната количина на вода падната на површината на Земјата на на територијата на Р.Македонија од атмосферата ја одземеме количината на истечната вода и количината на изворската вода-подземната вода ќе го добиеме следниот износ на количина на вода која нема да биде еднаков на паднатата атмосферска вода на територијата на Р.Македонија и изнесува:

Q =12,14 милијарди кубни метри вода.

Сега се поставува прашање каде се наоѓа ова голема количина на вода од атмосферските талози која не е регистрирана или одредена.

Еден голем дел од ова количина на вода се враќа повторно во атмосферата што значи оди на испарување. Исто така еден голем дел се задр`ува во распаднатите карпи при површинскиот дел од теренот. Трет голем потрочувач на ова вода е растителниот свет. Еден дел од овие води останува врзана за растителниos свет и истата се враќа во атмосферата тури после нивното изумирање. Како четврт потрошувач на овие води се природните и вештачките акумулации кои се врзани со одредени сливови а истите се од затворен тип односно без истекување или пак со регулирано истекување.

Ако предпоставиме дека една третина од вкупната површина на територијата на Македонија е земјоделско земиште а тоа изнесува околу 8 549 000 000 $м^2$ и порозна средина од 1 м дебелина со средна порозност од 40% би се акумулирала вода од :

Q =3,419 милијарди кубни метри вода.

Ако предпоставиме дека две третини од вкупната површина на територијата на Македонија е пошумено со разноврсни растенија или потравнато земиште и тоа изнесува околу 17 098 000 000 $м^2$ и земеме некоја средна количина на вода која би ја потрочиле за едногодишен вегетационен период од 100 л ќе добиеме:

Q =1,71 милијарди кубни метри вода.

Од овие две предходни позиции вкупна количина на атмосферска вода акумулирана во почвениот дел на теренот и количината на вода која ја потрошиле растенијата изнесува:

Q =5,13 милијарди кубни метри вода.

Ако ова количина на вода ја одземеме од преостанатата количина на паднатата атмосферска вода (12,14 милијарди кубни метри вода) ќе ја добиеме следната количина на вода:

Q=7,01 милијарди кубни метри вода.

Овие 7 милијарди кубни метри вода представуваат дефицит на паднатиот вкупен воден талог на целата територија на Р.Македонија. Еден мал дел од овој дефицит отпаѓа на акумулирана вода во природните и вештачките акумулации кои се наоѓаат на територијата на Македонија а преостанатите количини го чинат вкупното испарување на целата територија на Р.македонија и еден мал дел на вода за животинскиот свеs и за потребите на човекот и индустриските потреби каде водата не се враќа одма назад во речните сливови.

Бидејќи не располагам со прецизни податоци овој биланс на водното богатство на Р.Македонија нека биде само ориентационен податок и една од методите за груба пресметка.

Но, водното богатство на Р.Македонија не се само овие води, туку и подземните води од преостанатите издани кои се формирани во хидрогеолошките структури од кои само едемн мал дел се излива на површината на теренот додека останатиот дел останува заробен во внатрешноста а до истиот може да се дојде само со длабинско дупчење на дупнатини и бунари. Колкава е количината и со каков квалитет се овие води не се располага со такви податоци односно не се доволно истражени и испитани овие води. Иначе овие води претежно се минерализирани како еден дел и термални и термоминерални води кои се исто така големо водно и енергетско богатство кое треба да го искористиме во наредниот период и зголемиме економската моќ на државата и граѓаните.

Во овој вкупен воден биланс влегуваат и термалните и термоминералните води како и минералните води кои во себе содржат и природен јагленороден диоксид.

На територијата на Р.Македонија застапени се повеќе изворишта на термална и термоминерална вода чија генеза е тесно поврзана со стварањето на Српско-македонскиот масив, односно со стварањето на вардарската тектонска единица (вардарска зона). Овој регеон содржи позитивни геотермални аномалии и повеќе разни геотермални системи. Хидрогеолошките системи во моментот, се единствени исплатливи за истражувања и испитувања.

Најпознати геотермални полиња во Македонија се следните:

1, **Кочанска котлина –** во ова котлина постојат две геотермални полиња, Подлог и Истибања, без хидрауличка врска помеѓу нив. Тука се јавува највисока измерена температура која изнесува 79^0C, а до неа е дојдено со дупчење.

2, **Струмичка котлина –** во ова геотермално поле зоните на празнење и полнење се јавуваат во иста литолошка формација-гранитите. Максималната измерена температура изнесува 73^0C

3, **Гевгелиска котлина** - во ова котлина постојат две геотермални полиња, Негорци и Смоквица без хидрауличка врска измеѓу нив. Максималната измерена температура изнесува 54^0C

4, **Скопска Котлина** - во ова котлина постојат две геотермални полиња, Волково и Катлановска бања без хидрауличка врска измеѓу нив. Максималната измерена температура изнесува $54,4^0$C

5, Други геотермални полиња се: **Кратовското, Кумановското, Штипското, Пехчевското и Дојранското** геотермално поле во источна Македонија, **Тиквешкото и Велешкото** во Централна, **Дебарското и Охридскот** во Западна Македонија даваат доволно индикации за расположивост на големи резерви од хидро-геотермална енергија.

Во наредната табела прикажани се сите досега измерени количини на термална вода во Р.Македонија према висината на температурите, протокот и вкупните дневни и годишни количини, како и процентуално учество.

ТЕМПЕРАТУРА И КОЛИЧИНА НА ВОДА СО ДНЕВНИ И ГОДИШНИ КОЛИЧИНИ НА ТЕРМАЛНА ВОДА И ИЗДАШНОСТ НА ИЗВОРИТЕ И ДУПНАТИНИТЕ

Р.бр.	Темпер. (^{0}C)	Просек тем.	Проток (l/s)	Кол.на ден m^3	Год.колич. m^3	%
1	ОД 20-30	24,28	126,5	10929,6	3989304	8,26
2	ОД 30-40	33,25	46,5	4017,6	1466424	3,04
3	ОД 40-50	43,75	92,3	7974,72	2910772,8	6,03
4	ОД 50-60	55,43	159,8	13806,72	5039452,8	10,43
5	ОД 60-70	65,39	265,6	22947,84	8375961,6	17,34
6	НАД 70	75,49	841	72662,4	26521776	54,91
			1531,7	**132339**	**48303691**	100,00

Во табелата што следува дадени се локациите на досега регистрирани термални води во Република Македонија од повеќе автори кои би биле од економско значење.

ТЕРМАЛНИ ВОДИ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
И НИВНИТЕ ФИЗИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Р.бр.	Место	Појава дупнатина(д)	Кооординати.			T (^{0}C)	(l/s)
			x	y	z		
1	Волково	ГТД-1 (д)	4 654 971	7 527 841	374	25	63
2		ИБСКГ-3 (д)	4 654 330	7 528 150	317	22	22
3	Катлан. бања	Д-1 (д)	4 639 800	7 527 650	287	54,2	10
4		Б-1,В-2 (д)	4 638 990	7 528 125	255	32	4
5		Нервна в (и)	4 639 225	7 528 100	250	28	2
6		Поткоп	4 639 500	7 527 850	265	38	2
7		Фонтана (и)	4 639 750	7 527 000	270	28	0,2
8		Извор (И)	4 639 260	7 527 910	230	38	1
9	Проевци	(д)	4 664 460	7 562 100	310	31	2
10	Стрновец	(д)	4 670 300	7 570 050	280	40	17
11	Подлог	ЕВМП-1 (д)	4 638 625	7 613 175	310	78	150
12		Р-3 (д)	4 638 775	7 613 095	310	77,8	80
13	Крупиште	К-1/83 (д)	4 634 000	7 605 000	300	32	0,5
14		К-2/83 (д)	4 634 000	7 605 100	295	40,6	6,9
15	Кочанско Поле	Р-11 (д)	4 640 700	7 618 252	335	50,6	2,6
16	Кочани	К-1 (д)	4 641 750	7 617 200	340	22,4	6
17	Подлог	ЕБ-4 (д)	4 639 000	7 613 000	310	79	120
18	Подлог	ЕБ-3 (д)	4 639 025	7 613 070	310	78	350
19	Истибања	I-5 (д)	4 643 000	7 624 350	350	66,4	12
20		I-3 (д)	4 643 100	7 624 350	350	67	5
21		I-4 (д)	4 643 025	7 624 475	350	56,6	4,2
22	Тркање	ЕБ-2 (д)	4 649 560	7 612 660	311	71,3	50
23		Р-9 (д)	4 639 375	7 612 675	310	71,3	85
24	Бања	Б-1 (д)	4 641 550	7 611 225	350	63	8,3
25		Б-2 (д)	4 641 525	7 611 205	348	63,2	55,3
26		Р-1 (д)	4 640 300	7 618 840	347	63	30
27		Р-6 (д)	4 639 925	7 611 600	350	40	1
28	Банско	Б-1 (д)	4 583 900	7 647 225	258	68	55
29		Извор (И)	4 583 500	7 647 160	270	73	6
30	Негорци	НБ-3 (д)	4 559 875	7 625 530	65,1	47,2	40
31		НБ-4 (д)	4 559 750	7 625 600	64,3	53,2	40
32		Б-1 (д)	4 559 100	7 625 410	65	32	3
33	Смоквица	Сиед6 (д)	4 570 375	7 624 812	56,9	45,1	7,2
34		Сиед 1 (д)	4 570 340	7 624 800	57,5	56,7	60
35		Сиед 2 (д)	4 569 650	7 624 775	57,1	48,1	5,2
36		Сиед 4 (д)	4 570 250	7 624 815	57	56,1	35
37		Сиед 5 (д)	4 570 400	7 624 780	57,1	64	40
38		Сиед 7 (д)	4 520 369	7 624 725	57,1	68,5	60
39	Штип	Лидзи (и)	4 621 825	7 598 525	300	59	1
40		Кочовица (д)	4 621 700	7 598 360	280	57	7
41		Б-4 (д)	4 621 850	7 598 630	260	32	30
42	Кожув	Топли дол (и)	4 560 225	7 583 760	740	28	0,5
43		Топлик (и)	4 558 275	7 579 743	880	22	8

44		Мрежичко (и)	4 561 875	7 583 450	720	21	0,2
45		Горницет (и)	4 558 425	7 619 650	220	23	0,1
46	Кратово	Повишица (д)	4 659 035	7 590 143	443	31	4
47		Добрево (д)	4 654 510	7 600 300	330	28	5,5
48	Велес	Сабота вода	4 620 025	7 567 810	280	21	5
49	Раклес	Дупн (д)	4 609 287	7 624 308	349	26	2
50	Дојран	Топлец (и)	4 566 550	7 642 530	161	25	2
51		Дерибас (д)	4 561 580	7 643 900	240	20,5	10
52	Дебар	Косоврасти(д)	4 561 580	7 643 900	400	48,5	10
53		Бавиште (д)	4 561 580	7 643 900	750	40,5	5-100

Температурата на овие термални води која може истата да се зголеми и изврши рециркулација на водата со враќање на искористената вода повторно во подземјето каде истата повторно ќе се загрева користејќи ја топлината која доаѓа од внатрешните делови на Земјата. Најповолни се местата каде неутралниот геотермски степен и градиент е поблиску до површината на Земјата.

Денеска во светот (Германија) постојат електрани кои ја користат топлината на водата за производство на електрична енергија и сега за сега се со моќност до 3 мегавати а исплатливоста на инвестициите изнесува околу 12 години. Предноста на овие електрани е во тоа што за истите не е потребен голем простор и не се зависни од временските услови. Во Македонија постојат најмалку четири геотермални подрачија каде може да се изградат вакви електрани а при тоа користејќи ги геотермалните води како основна суровина.

Во последно време се повеќе и повеќе почнаа да се користат ладните минерализирани подземни води заедно со CO_2, кој ќе претставува основа за ладење на намирниците и други ладења. Најбогата и најпозната територија со овие води секако е Пелагонија каде со помош на дупнатини истата се експлоатира. И овие води се влезени во вкупните резерви и водениот биланс во Р.Македонија

ВОДЕН БИЛАНС НА ВОДИТЕ ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Во табеларниот преглед прикажан е водениот биланс на Р.Македонија за просечни годишни врнежи. Од следната табела може да се види дека на територијата на Македонија паѓаат просечно 18 799 984 000 $м^3$ вода а вкупно се задржуваат површински и подземни води 12 969 918 240 $м^3$ вода. Разликата на паднатата вода (влез) и задржаната вода (излез) изнесува 5 830 065 760 $м^3$ вода.

Ако од претходно добиениот дефицит кои изнесуваше 7 010 000 000 $м^3$ вода ја извадиме разликата од паднатата вода и задржаната вода ќе ја добиеме количината на вода која не е регистрирана а таа изнесува 1 179 934 240 $м^3$ вода.

7 010 000 000 - 5 830 065 760 = 1 179 934 240 $м^3$ вода која не е регистрирана а се наоѓа во малите акумулации, бари, вирови и друго како и во природните езера во Македонија и тоа Охридското, Преспанското и Дојранското езеро.

Врнежи		**Количина за 1 година**
Просек во мм	733	**m^3**
Површина во km^2	25648	**18799984000**

ИСТЕЧЕНА ВОДА ОД СЛИВНИТЕ ПОДРАЧИЈАНА ЦЕЛАТА ТЕРИТОРИЈА НА Р.МАКЕДОНИЈА

Истечна вода		**Количина за 1 година**
Просек во m^3/sek	181	**m^3**
Површина во km^2	25648	**5723654400**

ПОДЗЕМНА ВОДА ОД ПРВИТЕ ИЗДАНИ НА ЦЕЛАТА ТЕРИТОРИЈА НА Р.МАКЕДОНИЈА

Подземна вода од првите издани		**Количина за 1 година**
Просек во m^3/sek	16,44	**m^3**
Површина во km^2	25648	**520000000**

ПОДЗЕМНА ВОДА ОД ПОГОЛЕМИТЕ РЕГИСТРИРАНИ ИЗВОРИ НА ЦЕЛАТА ТЕРИТОРИЈА НА Р.МАКЕДОНИЈА

Подземна вода од поголемите издани		**Количина за 1 година**
Просек во m^3/sek	13,28	**m^3**
Површина во km^2	25648	**420000000**

ПОДЗЕМНА ВОДА КОЈА НЕ СЕ ДРЕНИРА ПРЕКУ ИЗВОРИ НА ЦЕЛАТА ТЕРИТОРИЈА НА Р.МАКЕДОНИЈА

Статички резерви на подземна вода		**Вкупна количина**
Средна дебелина во м	30,00	**m^3**
Средна специфична издашност	0,25	
Површина во km^2	690	**5175000000**

ПОДЗЕМНА ВОДА КОЈА МОЖЕ ДА СЕ ДРЕНИРА ПРЕКУ ДРЕНАЖНИ ДУПНАТИНИ НА ЦЕЛАТА ТЕРИТОРИЈА НА Р.МАКЕДОНИЈА

Динамички резерви на подземна вода		**Вкупна количина**
Средна дебелина во м	30,00	**m^3/god**
Коефицент на филтрација м/ден	30,20	
Средна вредност на хидр. Град. I	0,005	
Средна ширина на токот во м	8000	**13263840**

РЕЗЕРВИ НА ВОДА ВО ВЕШТАЧКИТЕ АКУМУЛАЦИИ НА ЦЕЛАТА ТЕРИТОРИЈА НА Р.МАКЕДОНИЈА

Неистечна вода статичка резерва		**Вкупна количина**
Сите акумулации освен Козјак	1	**m^3**
Корисна запремина m^3	1118000000	**1118000000**

ПРОСТОРНА РАСПРЕДЕЛБА НА ВОДНОТО БОГАТСТВО ВО Р.МАКЕДОНИЈА

На територијата на Р.Македонија постојат три главни сливни подрачија и тоа:

- Сливно подрачие на р.Вардар кое зафаќа и најголема површина од територијата на Р.Македонија но , не и најбогата со вода
- Сливно подрачие на р.Струмица
- Сливно подрачие на р.Црни Дрим кое е најбогато со вода

Најголемиот извор со вода на територијата на Р.Македонија се врнежите кои паѓаат на целата територија на Македонија, и друг извор представуваат подземните води кои се формирани во хидрогеолошките структури било да се од затворен или отворен тип.

Поголем дел од територијата на Р.Македонија представува ридско-планински терен а помал дел равничарски терен, каде што имаме голем висински распон, односно терени со разлишна надморска висина. Големите висински разлики на пооделни подрачија условуваат и поголеми или помали количини на врнежи, односно врнежите на територијата на Р.Македонија се нееднакво распоредени по висината на водениот талог. Најголеми водени талози има во планинските предели чија висина достигнува и до 1400 мм, а на пониските делови кои се претежно рамничарски или кај најниските делови на водените токови изнесуваат до 400мм,

Најбогати водени талози имаме на сливните подрачија чија надморска височина изнесува преку 800 м, а тоа се нашите планини кои се претежно застапени во западниот дел на Македонија а помал дел во источниот дел, а најмал во повардарието односно средниот дел на Македонија.

Према податоците од РХЗ просечната просечната вредност на врнежите на територијата на Македонија изнесува 733 мм, а поединачно по сливни подрачија и тоа:

1. Вардарски слив 700 мм
2. Струмички слив 770 мм
3. Црнодримски слив 980 мм

Очигледно према висината на водениот талог по сливови е дека најбогати подрачија со вода се западните делови на територијата на Македонија а најсиромашни се средните делови од територијата на Македонија.

Иако средните делови на Македонија се најсиромашни со врнежи, неможеме да кажеме дека се и сиромашни со вода, бидејќи пак сите проточни води од Вардарскиот слив поминуваат, односно се вливаат на територијата на средишна Македонија, чии партиципиент представува р.Вардар со нејзините притоки кои поминуват впрочем преку централниот дел на Македонија.

Одма да нагласам дека централниот дел иако е посиромашен со водени талози истиот е многу побогат со проточни и подземни води кои се формирани во алувионите и во рамничарските терени како што се Гевгелиска Котлина, Скопска котлина, Пелагонија ,Струмичко поле и други рамничарски терени.

Од горе наведеното можеме да извлечеме заклучок дека територијата на Р.македонија е богата со вода само што начинот на нејзинато појавување односно акумулирањ е различно на целата нејзина територија, со тоа што на повисоките места повеќе се застапени водени талози а на пониските повеќе се застапени проточните води кои доаѓаат од повисоките делови како и поголема акумулација на подземни води.

Можеме слободно да заклучиме дека Македонија е богата со вода и тоа со површинска и со подземна вода која е просторно различно застапена каде што има повеќе водени талози таму има помалку проточни и подземни води и каде што има помалку водени талози таму има повеќе проточни и подземни води.

ЗАКЛУЧОК

Секоја година на територијата на Македонија се врши водозамена од приближно 18,8 милијарди кубни метри вода што представува огромна количина на вода за користење на повеќе од 2 милиони жители, чии енергетски потенцијал е исто така многу голем ако истата се собере на едно место. Најдобар можен начин за искористување на вака големиот годишен воден потенцијал кои се движи за проточните води од 5-6 милијарди кубни метри вода е да се изградат што поголем број како на големи така и на мали акумулации, преку кои би го искористиле овој голем воден потенцијал за повеќе намени и тоа за водоснабдување на населението и индустријата, наводнување, производство на електрична енергија, затоплување и др.

Исто така, под површината на теренот на Р.Македонија се акумулирани околу 5 милијарди кубни метри подземна вода, која представува огромна количина на вода која барем 30% од истата може да се користи за повеќе намени и тоа за водоснабдување со чиста питка вода, со минерална вода и термални води во банеолошки, енергетски и други намени.

За искористување на вака голем воден потенцијал од околу 12 милијарди кубни метри вода потребна е долгорочна стратегија, односно планирање на долги патеки од страна на надлежните органи на Републиката и издвојување на што поголеми буџетски средства за таа намена од страна на сегашните и идните влади на Република Македонија. Инвестиционите планирања за искористување на оваа водно богатсто кое го имаме на територијата на Македонија треба да бидат за период од најмалку 10 до 50 па и 100 години.

Во наредниот период потребно е да се посвети поголемо внимание на истрагите за откривање и утврдување на квантитетот и квалитетот на сите подземни води на територијата на Македонија, кои со досегашните истражувања не се опфатени или пак се многу малку опфатени, а потоа се премине на нивно искористување.

ИЗВЕДБА НА СИСТЕМ НА БУНАРИ ЗА ОДВОДНУВАЊЕ НА ЛЕЖИШТЕТО БРОД ГНЕОТИНО

Пешовска Силвана и Ивановски Ласте
Градежен Институт Македонија а.д. Скопје, Р. Македонија
Дрезденска 52, 1000 Скопје – Р. Македонија
E-mail: gimgeo@gim.com.mk

Абстракт

Подземните води можат да бидат голема потешкотија при експлоатацијата на минералните суровини. Во некои случаи оводненоста на лежиштето на минерална суровина е до толку комплексна, што ја доведува во прашање и самата експлоатација. Сложеноста на процесот на одводнување особено е изразена кај лежиштата на минерални сировини кои покажуваат хетерогеност во поглед на литолошките, хидрогеолошките и хидродинамичките карактеристики, како што е случај со лежиштето Брод Гнеотино. Успешноста на процесот на одводнување зависи како од фазата на проектирање на системот на одводнување така и од самата изведба. Потребно е правилно проектирање, димензионирање на бројот, растојанието како и капацитетот на црпење на дренажни објекти (во случајот бунари), за постигнување на проектираната депресија на НПВ за да се обезбеди несметана работа на копот.

Клучни зборови: хетерогеност, одводнување, дренажни бунари.

ВОВЕД

За потребата на заштита на површинскиот коп Брод Гнеотино од подземни води, изведен е систем од 12 дупчени бунари со кои се дефинирани хидродинамичките параметри на изданот и бунарите, т.е одреден е капацитет на систем за одводнување.
Бунарите се изведени со метод на реверсно дупчење со чиста вода со ∅ 620 mm. Vo бунарите се вградени PVC полни и филтерски цевки ∅ 315 mm, 12.5 bari. Филтрите се со широчина на отвор од 1 мм, со процент на перфорација од 8 %.

ГЕОЛОШКО-ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ИСТРАЖНИОТ ПРОСТОР

Поширокатa околина каде се изведени експлоатационите бунари за одводнување на површинскиот коп Брод–Гнеотино е изградена воглавно од:
1. Добро до многу добро водопропусни и водоносни неврзани квартарни седименти (алувијално–терасни седименти ал-т на старото корито на Црна река);
2. Водопропусни, безводни неврзани квартарни седименти(делувијално-пролувијални седименти д-пр на ободот);
3. Средно до добро водопропусни и водоносни полуврзани плиоценски седиментти.
1. Алувијално-терасните седименти (алЂт) застапени во старото речно корито на Црна Река се наталожени преку плиоценските седименти.
Тие се преставени воглавно со наизменично сменување на разногранулирани песоци и чакали со ретки валутоци, во кои преовладува кварцот, местимично прашинести и заглинети.
Присуството на прашинесто–глиновитата компонента во основната средина од песоци и чакали кои на некое места е доста изразено, значително ја намалуваат водопропусноста и водоносноста на седиментите.
Нерамномерната застапеност на чисти песокливо-чакалестите партии во оквир на алувијално-терасните седименти на микролокалитетите на поодделни бунари ја предиспонира хетерогеноста во поглед на различните хидрогеолошки и хидро-

динамички карактеристики на средината и бунарите и е причина за драстичните разлики како во поглед на издашноста на бунарите така и на филтрационите карактеристики на средината (за бунари кои се изведени во иста средина).

Во хидрогеолошки поглед овие седименти се со интергрануларна порозност, добро до многу добро водопропусни и водоносни, со коефициент на трансмисибилност T = 1 x 10^{-3} –1x 10^{-2} m^2/s, и коефициент на филтрација K = 1 x 10^{-4} – 1 x 10^{-3} m/s.

Во нив е формиран збиен тип на издан со слободно ниво на подземна вода и имаат функција на HG kolektor.

Хранењето на изданот се врши главно на основ на атмосферските врнежи како и хидрауличката врска со реката.

Дренирањето на изданот се врши преку бунари за различна намена.

2. Делувијално-пролувијални седименти (д-пр) кои се застапени по ободниот дел на истражниот простор.

Тие лежат директно преку плиоценските седименти. Овие седименти се составени од глиновито-песоклива фракција, со валутоци со разни форми и големини кои потекнуваат од ободниот дел на наоѓалиштето.

Во хидрогеолошки поглед овие седименти се одликуваат со интергрануларна порозност, но се водопропусни но главно безводни и имаат функција на HG спроводник

Хранењето на овие седименти се врши главно на основ на атмосферските врнежи.

3. Плиоценските седименти (Пл) лежат трансгресивно и дискордантно преку палеорељефот (гнајс-микашистна серија).

Овие седименти се претставени со сивозеленикави прашинести песоци, ситнозрни песоци, разногранулирани песоци, трепели до дијагенизирани pra{ini i glini. Скоро во сите структурни дупнатини се надупчени по еден или повеќе јагленосни слоеви меѓу кои се среќаваат сиви песокливи прашини кои ја претставуваат продуктивната јагленосна формација(маџ дебелина на продуктивната серија е околу 10 m, кај В‡10 i В‡11).

Плиоценските седименти се надупчени на микролокалитет на сите бунари.

Нерамномерната застапеност на чисти песокливо-чакалестите партии во оквир на плиоценските седименти на микролокалитетите на поотделни бунари ја предиспонира хетерогеноста во поглед на различните хидрогеолошки и хидродинамички карактеристики на средината и бунарите и е причина за драстичните разлики како во поглед на издашноста на бунарите така и на филтрационите карактеристики на средината (за бунари кои се изведени во иста средина).

Шематско зонирање на локалитетот на бунарите по основ на хидрогеолошки и хидродинамички параметри

Како резултат на напред реченото како и врз основа на хидрогеолошките параметри на средината [Kf(m/s) и T(m^2/s)] како и хидродинамичките параметри на бунарите [Q(l/s) и q(l/s/m)], добиени од поединечното пробно црпење и тестирање на бунарите, може да се направи одредено шематско зонирање на локалитетот на бунарите.

При тоа издвоени се 3 зони:

Зона I каде се лоцирани бунарите: В‡6; В‡7; В‡10 i В‡11 кои имат издашност над 35 l/s и се со поповолни вредности на Kf i T (Kf =1x10^{-4} –1x10^{-3} m/s, T =1x10^{-3} –1x10^{-2} m^2/s);

Зона II каде се лоцирани бунарите В‡1; В‡4; В‡5 i В‡8 како и РЕВ‡1 и РЕВ‡2 (изработени претходно) кои имат издашност од 10–25 l/s со Kf i T (Kf=1x10^{-5} –1x10^{-4} m/s, T=1x10^{-4} –1x10^{-3} m^2/s);

Зона III каде бунарите Б–2; Б–3; Б–9 и Б–2 даваат доста мали издашности од 0.5–5 l/s со Kf и T (Kf =1x10^{-7} –1x10^{-5} m/s,T = 1 x 10^{-6} – 1 x 10^{-4} m^2/s).

Параметрите по кои што е извршено зонирањето на теренот и нивните гранични вредност се прикажани во Табела 1.

Табела 1. Зонирање на теренот према хидрогеолошки и хидродинамички параметри

Зона	Бунари	Q l/s (max)	q_{sr} l/s/m'	Kf (m/s)	T (m^2/s)	T (m^2/den)
I	B ‡ 6	43.00	2.53	2.64×10^{-4}	6.25×10^{-3}	540
	B ‡ 7	41.00	2.63	1.74×10^{-3}	2.78×10^{-2}	2402
	B ‡ 10	36.00	1.52	1.88×10^{-4}	3.70×10^{-3}	319
	B ‡ 11	43.00	3.72	4.75×10^{-4}	1.08×10^{-2}	933
II	B ‡ 1	19.50	1.24	1.69×10^{-4}	3.80×10^{-3}	328
	B ‡ 4	12.72	0.42	2.96×10^{-5}	6.46×10^{-4}	56
	B ‡ 5	15.50	0.49	1.42×10^{-5}	2.55×10^{-3}	220
	B ‡ 8	11.00	0.28	3.50×10^{-5}	6.41×10^{-4}	55
III	B ‡ 2	0.55	0.023	6.79×10^{-7}	9.71×10^{-6}	0.84
	B ‡ 3	3.30	0.14	2.80×10^{-5}	2.80×10^{-4}	24
	B ‡ 9	3.60	0.092	9.71×10^{-6}	1.11×10^{-4}	10
	B ‡ 12	1.50	0.027	1.22×10^{-5}	7.35×10^{-5}	6

ТЕХНОЛОГИЈА НА ИЗВЕДБА И ТЕХНИЧКИ ПАРАМЕТРИ НА БУНАРИТЕ

Дупчење на бунарите

Бунарите се дупчени машински ротационо со бушачка гарнитура тип FRASTE FS 300.

Дупчењето на бунарите е изведено машински ротационо со дијаметар Ø 620 mm со реверсна циркулација на флуидот. За дупчењето како флуид сите бунари е употребена чиста вода.

Зацевување на бунарите

Во бунарите е вградена PVC конструкција од полни и перфорирани цевкі Ø 315 mm od 12.5 bari, d = 15.5 mm, (Sl. 1 i 2). Филтерскиот дел од бунарската конструкција е со попречни шлицеви со отвори од 1 mm распоредени во паралелни редови со процент на перфорација 8%.

Слика 1. Внатрешен пречник на бунарска конструкција

Слика 2. Перфориран дел од бунарска конструкција

Вградување на филтерски гранулат

После вградување на бунарската и пиезометарска конструкција кај сите бунари е вграден филтерски гранула од 1.0–4.0 mm.

Разработка на бунарите со компресорско аерлифтување

По вградување на филтерскиот гранулат е пристапено кон разработка и прочистување на бунарите со аерлифт метода.

Слика 3. Аерлифтување на бунар

Разработката на бунарите е вршено етажно одгоре према долу и обратно, со по себно задржување на филтерскиот дел.

Слика 4. Самоизлив кај бунарот Б–7

За цело време додека трае аерлифтот се следи матноста и содржината на песок во водата. На крајот од аерлифтувањето е констатиран самоизлив кај бунарите Б–6 и Б–7 (Сл. 4) како и појава на гасови во бунарот Б–7.

ПРОБНО ЦРПЕЊЕ НА БУНАРИТЕ И ОБРАБОТКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ЦРПЕЊЕТО

Пробно црпење на бунарите

Со цел да се дефинираат хидродинамичките параметри на изданот и бунарите изведено е пробно црпење на сите бунари. Опитот на пробно црпење е извршен со повеќе хидродинамички нивоа во времетраење од 24 часа по ниво вкупно 72 часа минимум, непрекинато кај сите бунари, со континуирано праќање на функционалната зависност Q = f (t); S = f (t); Q = f (S); q = f (S).

Пред крајот на тестирањето, од секој бунар се земени примероци на вода за изработка на комплетни физичко-хемиски анализи на водата. Со опитот на црпење се добиени резултатите преставени во Табела 3.

Технички параметри на бунарите

Во Табела бр. 2 дадени се техничките карактеристики на бунарите.

Табела 2 : Технички параметри на бунарите

БУНАР	ИЗДУПЧЕНО	ВГРАДУВАЊЕ НА PVC БУНАРСКА КОНСТРУКЦИЈА ∅ 315 mm				ВГРАДУВАЊЕ НА PVC ПИЕЗОМЕТАРСКА КОНСТРУКЦИЈА ∅ 63 mm 10 BAR			
		полни	перфорирани	таложник	вкупно	полни	перфорирани	таложник	вкупно
Б – 1	77.5	53.0	19.0	3.5	75.5	63.5	6.0	6.0	75.5
Б – 2	71.0	43.0	23.0	3.5	69.5	57.5	6.0	6.0	69.5
Б – 3	72.0	53.0	11.0	6.5	70.5	58.5	6.0	6.0	70.5
Б – 4	61.0	34.0	22.0	3.5	59.5	47.5	6.0	6.0	59.5
Б – 5	57.5	31.0	21.0	3.5	55.5	43.5	6.0	6.0	55.5
Б – 6	57.5	26.0	26.0	3.5	55.5	43.5	6.0	6.0	55.5
Б – 7	59.5	31.0	23.0	3.5	57.5	45.5	6.0	6.0	57.5
Б – 8	60.0	36.0	18.0	3.5	57.5	45.5	6.0	6.0	57.5
Б – 9	69.0	38.0	25.0	3.5	66.5	54.5	6.0	6.0	66.5
Б – 10	69.0	36.0	26.0	3.5	65.5	53.5	6.0	6.0	65.5
Б – 11	70.0	41.0	23.0	3.5	67.5	55.5	6.0	6.0	67.5
В ‡ 12	82.0	63.0	13.0	3.5	79.5	67.5	6.0	6.0	79.5
vkupno	806.0	485.0	250.0	45	780.0	636.0	72.0	72.0	780.0

Табела 3. Пробно црпење на бунарите– Брод Гнеотино

Бунар	NPV stat. [m]		Q [l/s]		NPV din. [m]		S [m]		време на тестир. [h]	специф. издашн. q [l/s/m]
	По Проект	Измерено утврдено	проек-тирано	од тести-рање	проек-тирано	од тести-рање	proek-tirano 2/3 H	од тести-рање		
Б–1	29.90	37.00	8.2	12.8 15.1 16.8 19.5	49.90	44.22 45.94 48.08 52.70	25.66	7.22 8.94 11.08 15.7	24 24 24 24	1.77 1.69 1.51 1.24
Б–2	30.40	33.93	8.4	0.55	50.40	57.52	23.71	23.59	72	0.023
Б–3	28.66	34.70	11.3	2.40 3.00 3.30	54.66	44.05 52.02 58.21	23.87	9.35 17.32 23.51	24 24 24	0.256 0.173 0.140
Б–4	15.20	12.90	10.4	9.33 12.37 12.72	43.20	20.44 31.48 43.38	31.07	7.54 18.58 30.48	24 24 24	1.24 0.66 0.42
Б–5	15.50	10.62	8.9	9,10 11,00 13,80 15,50	43.50	16.68 29.84 37.18 42.00	29.92	6,06 19,22 26,56 31,38	24 24 24 8	1.5 0.57 0.54 0.49
Б–6	2.75	0.0	10.6	19,00 31,00 43,00	38.75	6.74 11.74 16.83	37.00	6,74 11,74 16,83	24 24 24	2.82 2.64 2.58
Б–7	2.75	0.0	10.5	17,70 30,00 38,00 41,00	38.75	6,70 11,16 14,44 15,56	38.33	6,70 11,16 14,44 15,56	24 24 18 10	2.64 2.68 2.63 2.63
Б–8	2.75	1.06	11.1	7,50 11,30 11,0	42.75	9.80 31.90 42.13	37.63	8,74 30,84 41,07	24 24 24	0.86 0.37 0.28
Б–9	1.50	1.01	12.5	3,90 4,00 3,60	45.50	17.30 31.89 40.23	43.66	16,29 30,88 39,22	24 24 24	0.239 0.129 0.092
Б–10	1.50	0.50	11.4	20,00 30,40 34,00 36,00	45.50	7,60 13,33 20,94 24,2	43.33	7,10 12,83 20,44 23,7	24 24 24 6	2.82 2,37 1,66 1,52
Б–11	2.75	1.30	12.0	20.10 30.50 39.10 43.00	46.75	5.17 8.29 11.58 12.86	44.15	3.87 6.99 10.28 11.56	24 24 20 8	5.19 4.36 3.80 3.72
Б–12	6.00	1.62	12.0	1.3 1.5	50.00	14.85 56.20	51.92	13.23 54.58	24 48	0.1 0.027

Од резултатите од тестирањето се гледа дека при црпење со дадените максимални капацитети кај бунарите Б–1; Б–6; Б–7; Б–10 и Б–11 не се постигнати проектираните максимални снижувања.

Причина што не е достигнато проектираното снижување од 2/3 H е што овие бунари имаат доста поголема издашност во однос на проектираните, при што техничките можности не дозволуваа да се постигне потребното снижување.

Пресметка на филтрациони карактеристики на средината

Пресметката на филтрационите карактеристики на средината е изведена графоаналитички, за услови на нестационарно струење во издан со артеско ниво на подземна вода (под притисок), по метод на Џекоб (подоцна преработен од Биндеман и Џазвин), користејќи ги добиените податоци од дијаграмите S = f (log t).

Со оваа метода се добива вредноста на водопроводност(трансмисибилност)*T[m^2/s]*

На основ на добиените вредности за трансмисибилност, во согласност со вредноста на дебелина на водоносниот слој на микролокалитет на секој бунар, добиена е вредноста за коефициент на филтрација *Kf [m/s]*,а во согласност со резултатите од добиените снижувања на околите пратечки бунари се добиени вредностите за специфична издашност- μ, коефициент на пиезопроводност – a [m^2/s] како и радиус на влијание на бунарот – Ra [m].

Табела 4 . Хидродинамички параметри добиени со резултатите од пробно црпење на бунарите

Bunar	Q [m^3/s]	S_o [m]	S_1 [m]	S_2 [m]	t_1 [min]	t_2 [min]	$t_{sum.}$ [sec]	t_0 [min]	r_0 [m]	r_b [m]	R [m]	m [m]	T [m^2/s]	μ	a [m^2/s]	Rfik. [m]	Kf [m/s] po Xekot	Kf [m/s] po Dipi	Kf [m/s] po Dipi
**	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	0.0168		9.24	10.05	60	600	259200	250		132.2		22.5	3.8E-03	7.33E-03	5.18E-01	**549.5**	1.69E-04		
B‡1	0.0195	15.7							0.158		200.0	22.5	1.43E-03					6.34E-05	
	0.0168	11.08	5.09						0.158	132.2		22.5	3.0E-03						1.33E-04
	0.00055		10.0	20.37	30	300	259200	450		132.2		14.3	9.71 E-06	3.37E-05	2.88E-01	**409.61**	6.79E-07		
B‡2	0.00055	23.59							0.158		150.0	14.3	2.54E-05					1.78E-06	
	0.00055	23.59	3.45						0.158	132.2		14.3	2.92E-05						2.04E-06
	0,0033		55,15	57,31	9	90						10,0	2,80E-04				2,80E-05		
B‡3	0,0033	23,51							0,158		150,0	10,0	1,53E-04					1,53E-05	
	0.0127		25.20	28.80	12	120	259200	600		184.5		21.8	6.46E-04	1.54E-03	4.2E-01	**495.07**	2.96E-05		
B‡4	0.0127	30.48							0.158		200.0	21.8	4.73E-04					2.17E-05	
	0.0127	30.48	2.26						0.158	184.5		21.8	5.05E-03						2.32E-05
	0,00138		23,78	24,77	12	120	259200	900		128.5		18,0	2,55E-03	1.88E-02	1.36E-01	281.53	1,42E-05		
B‡5	0,00138	26.56							0,158		200,0	18,0	5,90E-04					3.28E-05	
	0,00138	26,56	1,07						0,158	128.5		18,0	5,77E-04						3,21E-05
	0,043		14,86	16,12	30	300	259200	1500		137.8		23,7	6,25E-03	6.66E-02	9.38E-02	233.85	2,64E-04		
B‡6	0,043	16,83							0,158		250,0	23,7	2,99E-03					1.26E-04	
	0,043	16,83	7,39						0,158	137.8		23,7	4,90E-03						2,07E-04
	0,041		15.03	15.30	9	90	273600	1400		137.8		16,0	2,78E-02	2.77E-01	1.0E-01	248.7	1.74E-03		
B‡7	0,041	15,56							0,158		200,0	16,0	2,99E-03					1,87E-04	
	0,041	15,56	6,59						0,158	137.8		16,0	4,92E-03						3,08E-04
	0.011		36.72	39.86	60	600	259200	1000		82.3		18.3	6.41E-04	1.28E-02	5.02E-02	171.06	3.5E-05		
B‡8	0.011	41.07							0.158		100.0	18.3	2.75E-04					1.5E-05	
	0.011	41.07	0.2						0.158	82.3		18.3	2,68E-04						1.46E-05
	0.0039		7.0	13.45	6	60	259200	500		82.3		11.4	1.11E-04	1.1E-03	1.0E-01	241.9	9.71E-06		
B‡9	0.0039	16.29							0.158		170.0	11.4	2,66E-04					2,33E-05	
	0.0039	16.29							0.158	82.3		11.4	2,44E-04						2,1E-05
	0.034		15.37	17.05	12	120	259200	550		69.4		19.7	3.7E-03	5.71E-02	6.49E-02	194.5	1.88E-04		
B‡10	0.034	20.44							0.158		350.0	19.7	2.04E-03					1.03E-05	
	0.034	20.44							0.158	69.4		19.7	2,04E-03						1.03E-04
	0.039		8.18	8.84	9	90	244800	700		69.4		22.8	1.08E-02	2.13E-01	5.1E-02	167.55	4.75E-04		
B‡11	0.043	11.56							0.158		350	22.8	4.56E-03					2.0E-04	
	0.043	11.56	4.90						0.158	69.4		22.8	6.25E-03						2.744E-04
	0.0013		3.08	5.36	2	20						6.0	1,04E-04				1.74E-05		
B‡12	0.0013		7.33	12.91	90	900						6.0	4,26E-05				7.11E-06		
	0.0015	54.58							0.158		40	6.0	2,42E-05					4.03E-06	

КОМЕНТАР ЗА ДОБИЕНИТЕ РЕЗУЛТАТИ ОД ПРОБНОТО ЦРПЕЊЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИОНИТЕ БУНАРИ

Од изведеното пробно црпење на бунарите, добиените резултати од црпењето како и нивната графоаналитичка пресметка, презентирани погоре, може да се каже следното:

Коефициент на водопроводност (трансмисибилност) – T [m^2/s]

- *се движи во границите* T=1x10^{-3}–1x10^{-2} m^2/s *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

– *се движи во границите* T=1x10^{-5}–1x10^{-3} m^2/s *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Коефициент на водопропусност (филтрација) – K [m/s]

– *се движи во границите* Kf=1x10^{-4}–1x10^{-3} m/s *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

– *се движи во границите* Kf =1x10^{-6}–1x10^{-4} m/s *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Специфична издашност - μ

– *се движи во границите* μ=0.06–0.3 (изразено во проценти од 6-30 %) *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

– *се движи во границите* μ=0.00003–0.001 (изразено во проценти од 0.003-0.1 %) *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Коефициент на пиезопроводност – a [m^2/s]

– *се движи во границите* a=5x10^{-2}–1x10^{-1} m^2/s *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

– *се движи во границите* a=1x10^{-2}–5x10^{-2} m^2/s *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Радиус на влијание на бунарот – Ra [m]

Радиусот на влијание на бунарите е во директна зависност од хидрогеолошките прилики на теренот, регионалниот хидрогеолошки склоп и од времетраењето на црпењето. Тоа не е статичка туку променлива величина зависна пред се од времето R = f (t).

За време на тестирањето на секој бунар, пратени се најмалку по два околни бунари.

Што се однесува до радиусите на влијание на бунарите, со пресметките по метод на Џекоб од резултатите на црпењето на бунарот и еден набљудуван околен бунар (тенденцијата на пад на депресијата во околните бунари во зависност од растојанието до бунарот кој се црпи), е добиен т.н. фиктивен радиус на депресија кој во извесна мера отстапува од радиусите на депресија кои се евидентирани во текот на црпењето на некои бунари.

Исто така на тоа може да ни укаже и поволната пиезопроводноста a=5.18x10^{-1} m^2/s, која е ред на величина како и кај поиздашните бунарите, а која е показател на водопроводноста на средината кај изданите под притисок.

Генерално може да се каже дека радиусот на влијание кај бунарите лоцирани во *зона 1*, Б–6, 7, 10 и 11 има тенденција на брзо ширење, и истите уште за време на тестирањето достигнуваат вредности 250–300 m, кај бунарите Б–6 и Б–7 односно 500-600 м кај бунарите Б–10 и Б–11.

За разлика од нив кај бунарите лоцирани во *зона II,* а предиспонирано од хидрогеолошките услови на теренот, радиусите на депресија имаат тенденција на споро ширење, и истите за време на тестирањето достигнуваат помали растојанија од околу вредности 180–280 m (бунарите Б–5, 8, 9).

Кај некои од бунарите од *зона II* (Б–1, 2 и 4) постои отстапување што се однесува до фиктивниот и реалниот радиус на депресија. Тоа се должи на фактот дека пресметковно радиусот на депресија е во линеарна правопропорционална зависност со растојанието на посматраниот бунар, а обратно пропорционална од времето то на постигната депресија, не земајќи ги во обзир останатите HG параметри (подетално објаснето погоре).

Несомнено е дека со тек на црпењето (имајќи ја во предвид зависноста на радиусот на влијание од времето R = f (t), }е дојде до зголемување на радиусите на влијание кај сите бунари.

Кај бунарите во долниот низ Б-6, 7, 10 и 11 земајќи ја во предвид близината и влијанието на реката, радиусот на влијание во тој правец ќе се шири до реката.

ХЕМИЗАМ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

Од сите бунари се земени примероци на вода за изработка на комплетни физичко-хемиски анализи.

Исто така земени се примероци од сите бунари за изработка на 12 технички анализи на содржината на слободен и агресивен CO_2 во водата од бунарите.

На основ на добиените резултати од извршените физичко хемиски анализи на подземните води од бунарите на објект Брод Гнеотино како и технички анализи на гас од истите води водата е класифицирана на следниот начин:

–По однос на параметарот на pH вредноста кој се движи во интервалот од 5.8-7.0 водите спаѓаат во слабо кисели до неутрални води;

–По однос на минерализацијата (вкупен остаток од испарување) водата спаѓа во групата на малку минерализирани (слатки) води, по класификацијата на Овчиников со M < 1 g/l, со исклучок кај бунарите Б–9, Б–10 и Б–12 каде минерализација та се движи во интервал од M = 1.5–2.0 g/l, и водата спаѓа во група на минерализирани води со зголемена минерализација;

–По однос на вкупната тврдина по класификацијата на Клут водите припаѓаат на широк дијапазон од: слабо тврди води (бунари Б–6, Б–4, Б–2, Б–1) со 8.0–12.0 ^{o}dH, средно тврди води (бунари Б–3) со 12.0–18.0 ^{o}dH, тврди води (бунари Б–7, Б–8) со 18.0–30.0 ^{o}dH, многу тврди води (бунари Б–9, Б–12, Б–10) со > 30.0 ^{o}dH;

–По однос на физичко-хемискиот состав, водите се одредени по формулата на Курлов претежно како Хидрокарбонатно-калциско-магнезиски на основ на застапеноста на макрокомпонентите (главните катјони и анјони), вкупен сув остаток како и содржина на слободен јаглероден двооксид во водата;

–По однос на содржината на Fe, водите содржат зголемена концентрација, воглавно до 10 пати (и повеќе) поголема од МДК на Fe во водите за пиење. Што се однесува до содржината на Мн во водата, таа е исто така до некоку пати поголема од МДК на Mn во водите за пиење, многу често и до 10 пати поголема од МДК;

–По однос на употребливоста на водата за пиење према Правилникот за безбедноста на водата за пиење (Сл. Весник на РМ 57/2004) водите не одговараат на Законските и стручни прописи по однос на испитаните параметри за физичко-хемиска исправност воглавно заради зголемена содржина на сув остаток, Fe, Mn, Mg, Cl, Na, вкупен Cr;

–По однос на содржината на јаглеродниот двооксид $ЦО_2$ во водата, како слободен е присутен во водите од сите бунари, особено кај бунарите Б–1, Б–7, Б–8, Б–11 и Б–12. Како агресивен CO_2 е присутен најповеќе во водата од бунарите Б–7 и Б–5. Концентрацијата на агресивниот CO_2 во најголема мера е поврзана со количината на застапениот хидрокарбонатен јон HCO_3 во водата.

–Од содржината на растворениот кислород O_2 во водата, зависи т.н. кислородна агресивност на водата на метал. Содржината на слободниот кислородот кој го врши процесот на оксидација на металите е пресуден за агресивноста на водата на метал. Особено оваа појава е потпомогната воколку во водата е застапен и агресивен CO_2.

ЕКСПЛОАТАЦИОН КАПАЦИТЕТ НА БУНАРИТЕ

Експлоатациониот капацитет на бунарите е дефиниран врз основа на резултатите од изведеното поединечно тестирање на бунарите, графоаналитички пресметки како и профилот на бунарските цевки кои се лимитирачки услов за вградување на пумпи поголеми од 8г кај бунарите Б-6, 7, 10 и 11.

ХИДРОМЕХАНИЧКА ОПРЕМА НА БУНАРИТЕ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

За изборот на пумпи и хидромеханичка опрема земени се во предвид добиените податоци од извршеното тестирање на бунарите како и типот и дијаметарот на бунарската конструкција.

Табела 5 : Експлоатацион капацитет на бунарите

БУНАР	Длабина	Qexp [l/s]	NPV din. [mnm]	NPV din. [m]	Длабина на пумпа [m]	Појава на гасови	Забелешка
Б - 1	77.5	20.00	558.00	57.30	64-69	Не	
Б - 2	71.0	0.55	557.50	54.70	61-64	Не	
Б - 3	72.0	3.30	551.00	60.20	64-67	Не	
Б - 4	61.0	10.00	546.00	41.95	48-51	Не	
Б - 5	57.5	12.40	545.00	39.90	44-47	Да	
Б - 6	57.5	36.00	535.50	38.95	46-49	Да	
Б - 7	59.5	36.00	535.50	38.08	46-49	Да	
Б - 8	60.0	10.00	531.50	48.18	44-46	Да	
Б - 9	69.0	3.50	529.50	43.90	53-58	Да	
Б - 10	69.0	36.00	529.50	44.00	54-57	Да	
Б - 11	70.0	36.00	529.00	45.15	56-61	Да	
Б - 12	82.0	1.5	530.00	44.45	63-68	Да	

Табела 6: Основни хидраулички параметри на пумпите

БУНАР	Длабина бунар	Q на пумпа [l/s]	H на пумпа [m]	NPV дин. [m]	Длабина вград на пумпа [m]	Појава на гасови	Предлог класа на пумпа ["]
В – 1	77.5	22.00	65	57.30	66	Не	8
В – 2	71.0	0.70	65	54.70	63	Не	4
В – 3	72.0	3.30	70	60.20	66	Не	4
В – 4	61.0	10.00	52	41.95	50	Не	6
В – 5	57.5	13.0	58	39.90	46	Да	6
В – 6	57.5	43.00	58	38.95	48	Да	9
В – 7	59.5	44.00	58	38.08	48	Да	9
В – 8	60.0	10.00	52	42.18	45	Да	6
В – 9	69.0	3.50	58	43.90	55	Да	4
В – 10	69.0	40.00	60	44.00	56	Да	8 ili 9
В – 11	70.0	45.00	62	45.15	58	Да	9
В – 12	82.0	1.5	55	44.45	66	Да	4

ЗАКЛУЧОК

На локалитет Брод–Гнеотино изведени се вкупно 12 експлоатациони бунари. Целта на изведбата на бунарите беше заштита на површинскиот коп од подземни води.

Поширокатa околина каде се изведени експлоатационите бунари за одводнување на новиот површински коп Брод–Гнеотино е изградена од:

–Добро до многу добро водопропусни и водоносни неврзани кварtарни седимен ти (алувијално–терасни седименти ал-т на старото корито на Црна река);

–Водопропусни, безводни неврзани кварtарни седименти (делувијално-пролувијални седименти д-пр на ободот);

–Средно до добро водопропусни и водоносни полуврзани плиоценски седименти;

Како резултат на литолошкиот состав на микролокацијата на бунарите, врз основа на хидрогеолошките параметри на средината [Kf(m/s) и T(m^2/s)] како и хидродинамичките параметри на бунарите [Q(l/s) и q(l/s/m)], добиени од поединечното пробно црпење и тестирање на бунарите направено е одредено шематско зонирање на локалитетот на бунарите при што се издвоени 3 зони.

Дупчењето на бунарите е изведено машински ротационо со бушачка гарнитура тип FRASTE FS 300, со дијаметар Ø 620 mm со реверсна циркулација на флуидот. За дупчењето како флуид е употребена чиста вода.

По дупчењето извршено е вградување на бунарската PVC конструкција од полни и перфорирани цевки Ø 315 mm од 12.5 bari, d = 15.5 mm. Филтерскиот дел од бунарската конструкција е со попречни шлицеви со отвори од 1 мм распоредени во паралелни редови со процент на перфорација 8%.

После вградување на бунарската и пиезометарска конструкција кај сите бунари веднаш е пристапено со вградување на филтерски кварцен гранулат а потоа е пристапено кон разработка и прочистување на бунарите. Оваа постапка е вршена со аерлифт метода.

Со цел да се дефинираат хидродинамичките параметри на изданот и бунарите, т.е. одреди капацитет на систем за одводнување (поединечен каппацитет на секој бунар кој ќе работи во група), изведено е поединечно пробно црпење на сите бунари. Опитот на пробно црпење е извршен со повеќе хидродинамички нивоа во времетраење од главно 24 часа по ниво вкупно 72 часа минимум, непрекинато кај сите бунари, со континуирано пратење на функционалната зависност Q = f (t); S = f (t); Q = f (S); q = f (S). Пред секое тестирање се правеше краткотраен степ тест со цел дефинирање на капацитетите на црпење.

Пред крајот на тестирањето, од секој бунар се земени примероци на вода за изработка на комплетни физичко-хемиски анализи на водата и анализи на содржината на CO_2 во водата.

Пресметката на филтрационите карактеристики на средината средината е изведена графоаналитички, за услови на нестационарно струење во издан со артеско ниво на подземна вода (под притисок), по метод на Џекоб, користејќи ги добиените податоци од дијаграмите S = f (log t);

Од изведеното пробно црпење на бунарите, добиените резултати од црпењето како и нивната графоаналитичка прасметка, презентирани погоре детално и табеларно, може да се каже следно:

Коефициент на водопроводност (трансмисибилност) – T [m^2/s]

- се движи во границите T=1x10^{-3}–1x10^{-2} м^2/с *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

– се движи во границите T=1x10^{-5}–1x10^{-3} м^2/с *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Коефициент на водопропусност (филтрација) – K [m/s]

– *се движи во границите* $Kf=1x10^{-4}–1x10^{-3}$ m/s *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона И;*

– *се движи во границите* Kf $=1x10^{-6}–1x10^{-4}$ m/s *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Специфична издашност

– *се движи во границите* μ=0.06–0.3 (изразено во проценти од 6-30 %) *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

- се движи во границите μ *=0.0000*3-0.001 (изразено во проценти од 0.003-0.1 %) *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Коефициент на пиезопроводност – a [m²/s]

– *се движи во границите* $a=5x10^{-2}–1x10^{-1}$ m²/s *во средините кои се дефинирани како добро до многу добро водопропусни кои се одредени како зона I;*

- се движи во границите $a=1x10^{-2}–5x10^{-2}$ m²/s *во средините кои се дефинирани како средно до добро водопропусни кои се одредени како зона I и II;*

Радиус на влијание на бунарот – Ra [m]

– Генерално може да се каже дека радиусот на влијание кај бунарите лоцирани во зона I, Б–6, 7, 10 и 11 имаат денденција на брзо ширење и истите уште за време на тестирањето достигнуваат вредности 250-300 м, кај бунарите Б–6 и Б–7 односно 500-600 м кај бунарите Б–10 и Б–11. За разлика од нив кај бунарите лоцирани во зона II, а предиспонирано од хидрогеолошките услови на теренот, радиусите на депресија имаат тенденција на споро ширење и истите за време на тестирањето достигнуваат помали растојанија од околу 180-280 м (бунарите Б–5, 8, 9).

Одреден е експлоатацион капацитет на бунарите и истите изнесуваат: за Б–1, Qex=20.00 l/s; за Б–2, Qex=0.55 l/s; за Б–3, Qex=3.30 l/s; за Б–4, Qex=10.00 l/s; за Б–5, Qex=12.40 l/s; за Б–6, Qex=36.00 l/s; за Б–7, Qex=36.00 l/s; за Б–8, Qex=10.00 l/s; за Б–9, Qex=3.50 l/s; за В‡10, Qex=36.00 l/s; за Б–11, Qex=36.00 l/s; за Б–12, Qex=1.50 l/s;

За изборот на пумпи и хидромеханичка опрема земени се во предвид добиените податоци од извршеното тестирање на бунарите како и типот и дијаметарот на бунарската конструкција.

ЛИТЕРАТУРА

Градежен Институт Македонија, 2008 Скопје: Елаборат за изведени 12 експлоатациони бунари ка локалитет Брод Гнеотино;

Димитриевиќ Н., 1988: Хидрохемија;

Драгишиќ В., 1997: Општа хидрогеологија;

Вуковиќ М., Соро А., 1990: Хидраулика бунара (теорија и пракса).

ПРИЛИВ НА РУДНИЧКИТЕ ВОДИ ВО ЈАГЛЕНОВОТО НАОЃАЛИШТЕ “СУВОДОЛ“

[1]Костадин Јованов

[1]Министерство за економија, Јуриј Гагарин бр.15 , 1000, Скопје

,

Апстракт

Проблемот на пресметка на приливот на рудничките води е еден од најзначајните при анализа на условите за експлоатација кај површинските копови. Бидејќи, станува збор за специфична и комплексна методологија на анализа, преку случајот на површинскиот коп за јаглен ″Суводол″, прикажан е редоследот на работните постапки при пресметките, анализа на статичките и динамичките резерви на подземните води кон ископот. Прикажани се и други значајни аспекти кои треба да се земат предвид при анализа на сложениот склоп на меѓусебно условени и зависни природни и вештачки фактори кои крајно влијаат на вкупниот доток на рудничките води.

Клучни зборови: подземни води, статички резерви, динамички резерви, прилив

ВОВЕД

Кај површинските копови, при разработка на технологијата на ископ, големо влијание има т.н. состојба на оводнетост на теренот, која влијае како на условите за одводнување, така и на стабилноста на работните и завршните косини. Овај став во целост важи и за јагленовото наоѓалиште (површински коп) “Суводол“ каде влијание имаат низа условени природни и вештачки фактори. Од природните фактори на заводнување доминантно влијание имаат:

- Изданските води од водоносните средини со меѓузрнска порозност формирани во неогените и квартарните седименти;
- Изданските води од водоносните средини со пукнатинска порозност;
- Површинските води од сливот на Суводолска река и
- Атмосферските врнежи.

Од вештачките фактори доминантно влијание при формирање на приливот на рудничките води имаат:

- Суводолската акумулација и
- Површинскиот коп на рудникот Суводол.

Во контекст на ова, во рамките на трудот е даден осврт кон методологијата на анализа која е применета кај овој проблем.

МЕТОДИ НА РАБОТА

Значајот на изданските води од водоносните средини со меѓузрнска порозност од квартарните и неогените седименти на формирање на рудничките води е изразен до толкава мерка што и самото наоѓалиште е формирано во тие седименти, а кои пак трансгресивно пак залегнуваат преку матичните карпи од прекамбрискиот кристалест комплекс.

Изданските води кои се формирани во рамките на квартарните седименти се во функција на атмосферските врнежи и од дотокот на подземните води од Суводолската акумулација.

Прихранувањето на овие водоносни средини е од врнежите кои директно паѓаат на нивната површина и по зоната на контактите со ободните карпи, а додека прихранувањето на овие водоносни средини од водите на Суводолската акумулација е потврдено преку потврдената корелациона врска помеѓу нивото на водата во акумулацијата и нивото на подземните води на одредени пиезометарски дупнатини во

североисточниот дел од јагленовото наоѓалиште.

Овие водоносни средини располагат со вкупни статички резерви Qst=2,187 x 10^{-6} m^3 (табела 1). Приливот во површинскиот коп е преку дифузно влажење и капење по етажите на копот. Према пресметките приливот на подземните води од етажите во копот е околу Q=2,0 l/s.

Табела 1. Статички резерви на подземните води во рудникот "Суводол"

Параметри / Пресметковна средина	h_{sr} (m)	F (km^2)	v=h x f x10^6 (m^3)	n	μ	Q_{st}= μ x v=>n x v x 10^6 (m^3)
Qst1 (Квартар)	10,0	3,645	3,645	0,06	-	2,187
Q st2 (Pl-кровински водоносни хоризонт)	39,4	0,92	36,25	-	0,36	13,05
Q st3 (Pl-Меѓуслојни водоносни хоризонти)	7,5	0,336	2,52	0,36	-	0,907
Q st4 (Pl-Подински водоносни хоризонти)	15,0	0,163	2,44	0,36	-	0,878
Вкупно - Qst:						**17,022**

Во рамките на неогените седименти подземните води се јавуваат во повеќе водоносни средини на повеќе нивоа и тоа:

- во кровината изнад главниот јагленов слој кој е во експлоатација;
- во меѓуслојните средини т.е. во водоносните средини измеѓу главниот јагленов слој и главниот јагленов слој од подинската јагленова серија;
- измеѓу јагленовите слоеви од подинската јагленова серија и
- испод подината на подинската јагленова серија.

Во фазата на истражувањата за утврдувањето на резервите на јагленот, дефинирани се хидрогеолошките параметри на водоносните средини од подинската јагленова серија. За оваа намена во меѓуслојната издан во централниот дел од наоѓалиштето изведени се околу 40 истражни дупнатини и едно пробно експлоатационо поле ПЕБ-8. Филтрационите параметри добиени во фазата на испитувањата прикажани се во табела 2., од која се гледа дека истите се доста променливи, а кои пак укажуваат на тоа дека се работи за хетерогена литолошки неоднородна средина.

Коефициентите на филтрација се движат во границите од K = 3,434 x 10^{-4} m/s (B/G2 - 18) до K = 1,961 x 10^{-7} m/s (B-312 -- B/F2-14), а водопроводноста се движи во границите од T = 5,40 x 10^{-3} m^2/s (B/H-16) до T = 2,0 x 10^{-6} m/s (B/F2-14). Просторниот распоред на коефициентите на водопроводноста детално се прикажани на картата на водопроводност сл. 1.

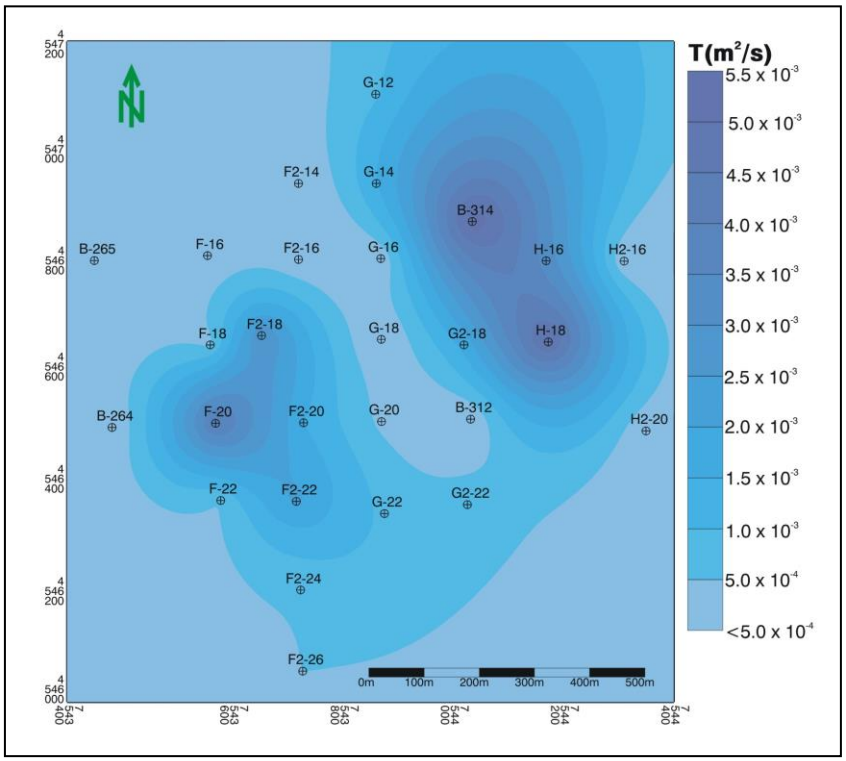
Во рамките на овој простор се издвојуваат две зони како добро водопропусни, а додека останатите делови од оваа средина се одликуваат со послаба водопроводност.

Прихранувањето на подземните води од врнежите е двојно и тоа дел кои директно паѓаат во зоните на отворените делови на водоносните средини, дел по зоната на контактот на овие седименти со матичните карпи и директно од водоносните средини со пукнатинска порозност кои се наоѓаат на хипсометриско повиско ниво.

Резервите со подземни води на водоносните средини формирани во неогените седименти во централниот дел од јагленовото наоѓалиште дадени се во (табела 1).

Табела 2. Филтрациони параметри на меѓуслојната издан изнад подинската јагленова серија на јагленовото наоѓалиште "Суводол"

No	Дупнати-на број	Дебел. вод. ср. (m)	Коефиц. филтрац. K (m/s)	Водопровод-ност T (m^2/s)	No	Дупнатина број	Дебел. вод. ср. (m)	Коефиц. филтрац. K (m/s)	Водопровод-ност T (m^2/s)
1.	B-265	6,50	$1,509x10^{-6}$	$9,80x10^{-6}$	15.	F2-20	49,0	$3,108x10^{-5}$	$1,50x10^{-3}$
2.	F-16	41,0	$1,509x10^{-6}$	$6,20x10^{-5}$	16.	G-20	50,0	$7,719x10^{-6}$	$3,90x10^{-4}$
3.	F2-16	24,0	$1,103x10^{-6}$	$3,75x10^{-5}$	17.	B-312	39,0	$2,779x10^{-7}$	$1,10x10^{-5}$
4.	G-16	46,0	$1,799x10^{-6}$	$8,30x10^{-5}$	18.	H2-20	8,0	$3,495x10^{-7}$	$2,80x10^{-6}$
5.	B-314	49,0	$1,106x10^{-4}$	$5,40x10^{-3}$	19.	B-134	55,0	$1,961x10^{-7}$	$1,10x10^{-5}$
6.	H-16	30,0	$1,106x10^{-4}$	$3,30x10^{-3}$	20.	F-22	53,0	$9,68x10^{-6}$	$5,10x10^{-4}$
7.	H2-16	16,0	$1,799x10^{-6}$	$2,90x10^{-5}$	21.	F2-22	61,0	$3,413x10^{-5}$	$2,10x10^{-3}$
8.	F-18	37,0	$1,05x10^{-5}$	$3,90x10^{-5}$	22.	G-22	57,0	$1,603x10^{-5}$	$9,10x10^{-4}$
9.	F2-18	34,0	$8,82x10^{-5}$	$3,00x10^{-5}$	23.	G2-22	47,0	$1,603x10^{-5}$	$7,50x10^{-4}$
10.	G-18	24,0	$2,193x10^{-6}$	$5,30x10^{-5}$	24.	F2-14	10,0	$1,961x10^{-7}$	$2,00x10^{-6}$
11.	G2-18	42,0	$4,11x10^{-5}$	$1,70x10^{-3}$	25.	F2-24	51,0	$1,20x10^{-5}$	$6,10x10^{-4}$
12.	H-18	15,0	$3,434x10^{-4}$	$5,20x10^{-3}$	26.	F2-26	42,0	$1,20x10^{-5}$	$5,04x10^{-4}$
13.	B-264	33,0	$2,09x10^{-7}$	$6,90x10^{-6}$	27.	G-12	17,0	$5,444x10^{-5}$	$9,30x10^{-4}$
14.	F-20	47,0	$8,885x10^{-5}$	$4,20x10^{-3}$	28.	G-14	46,0	$3,30x10^{-5}$	$1,50x10^{-3}$



Слика 1. Карта на водопровнодност на меѓуслојната издан изнад подинската јагленова серија на јагленовото наоѓалиште "Суводол"

Во СИ, И, Ј и ЈИ исто така постојат одредени податоци за резервите и приливот на водите, но према пространството на водоносните средини и нивните филтрациони катактеристики истите се слабо водоносни, а и немаат некое посебно значење на вкуното заводнување на површинскиот коп.

Изданските води во средините со пукнатински тип на порозност се прихрануваат од атмосферските врнежи и од површинските водотеци од сливот на Суводолска река.

Карактеристично за овие води е тоа што истите се одликуваат со зголемена минерализација, која е резултат на минералошкиот состав на средината и хемиските процеси кои се одвиваат во тек на филтрацијата на подземните води.

Подземните води од овие средини исто така учествуваат во формирањето и големината на приливот на рудничките води поради тоа што истите гравитираат во површинскиот коп.

Површинските води од сливот на Суводолска река претежно се со повремен карактер. Истите егзистираат од изворите од водоносните средини со пукнатинска порозност и дел од атмосферските врнежи кои воглавном во пролетните и есенските месеци учествуваат во формирањето и приливот на рудничките води на површинскиот коп. Овие води имаат директно влијание при формирањето на подземните води во водоносните средини со пукнатинска порозност, а додека при формирањето на рудничките води во наоѓалиштето со изградбата на акумулацијата нивната функција е индиректна. Посебно значење во формирањето на приливот на рудничките вои имаа 100 - годишните големи води.

Атмосферските врнежи имаат доминантно влијание при формирањето и големината на приливот на рудничките води. Нивното познавање е од битно значење за заштита на површинскиот коп од изненадни продори на води во истиот. Према статистичката анализа на максималните дневни врнежи учеството на врнежите во вкупниот прилив на водите во Суводолското јагленово наоѓалиште е Pdn 1 % = 95,1 mm.

ВЕШТАЧКИ УСЛОВИ НА ФОРМИРАЊЕ НА РУДНИЧКИТЕ ВОДИ

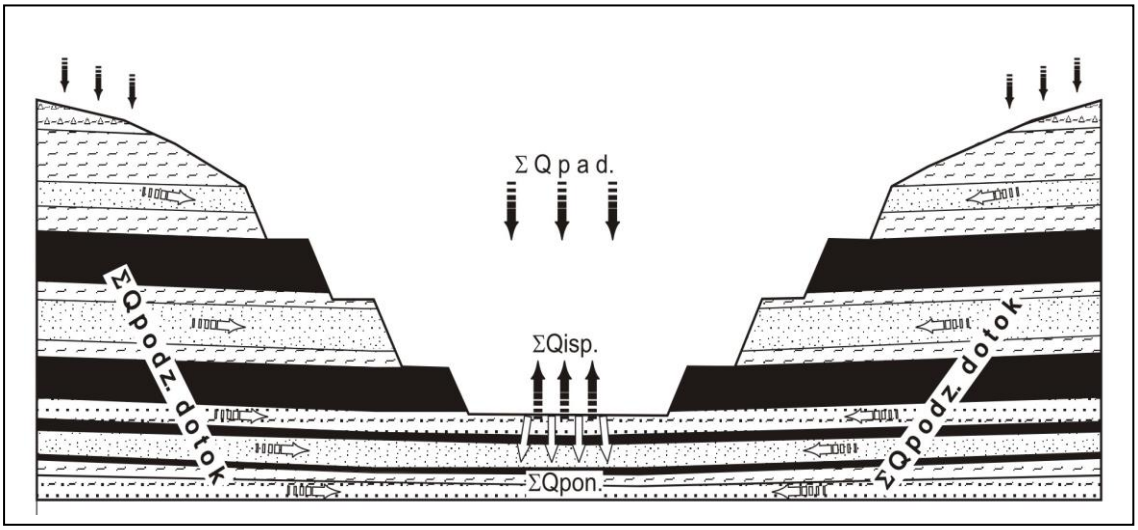
Од вештачките услови Суводолската акумулација има доминантно влијание при формирањето и приливот на водите во површинскиот коп. Нивното влијание е потврдено со воспоставената корелациона врска со пиезометрите во североисточниот дел од јагленовото наоѓалиште, појавата на активни пукнатини и лизгање на теренот настанато како резултат на филтрација на подземните води, нарушената стабилност на етажите на копот и зголемената издашност на артеските дупнатини во тој дел од копот во однос на дупнатините од другите делови на јагленовото наоѓалиште.

Према пресметките дотокот од подземните води од Суводолската акумулација во површинскиот коп е Qpdot = 27,91 l/s., при што истиот е променлив и е во функција на нивото на водата во акумулацијата.

Површинскиот коп представува една средина која према конфигурацијата овозможува акумулирање на подземни и површински води. Акумулирањето на водите во површинскиот коп е од атмосферските врнежи, дотокот на подземни води од етажите на копот и дотокот на подземните води од од подлабоките водоносни средини од артеските дупнатини.

ПРИКАЗ НА РЕЗУЛТАТИ ЗА БИЛАНС НА РУДНИЧКИТЕ ВОДИ

Билансот на рудничките води за периодот 1987 - 2007 на површинскиот коп на јагленовото наоѓалиште "Суводол" изработен пресметковната шема сл. 2., и равенката која е дадена подолу:



Слика 2. Пресметковна шема на билансот на водите на Рудник "Суводол"

$Qc = (Qp - Qe) + Qpd \Rightarrow Qpd = Qc - (Qp - Qe)$

каде се:

Qp (m^3/god) - количина на вода која директно паѓа во гравитационото подрачие на копот од атмосферските врнежи;

Qe (m^3/god) - количина на вода која се губи со испарување;

Qpon (m^3/god) - количина на вода која понира во подземјето со инфилтрирање;

Qc (m^3/god) - количина на вода која се црпи со пумпите од површинскиот коп и

Qpd (m^3/god) - количина на вода која дотекува во копот од подземјето.

Расчленувањето на билансот е направено помеѓу атмосферските врнежи P (mm/god), испарувањето E (mm/god) и количините на исцрпена вода Qc (m^3/s),

кои детално се прикажани во табелите 3 и 4. Врнежите се набљудувани на дождомерната станица во с. Суводол која е во рамките на самиот рудник, додека месечните, годишните,средномесечните и средногодишните врдности на врнежите дадени се во табела 3.

Во наведениот период максимални врнежи се јавуваат во пролетните и есенските месеци, минималните врнежи се јавуваат воглавно во летните и зимските месеци. исто така уочливо е и тоа дека има доста месеци каде воопшто нема врнежи.

Количината на исцрпената вода од рудникот "Суводол" е одредена преку времето на работа на пумпата и нивниот капацитет на црпење. Сума месечните и годишните вредности на количината на исцрпена вода за периодот 1987 - 2001 (7) година дадени се во табела 4.

Табела 3. Сума месечни, годишни, средномесечни и средногодишни врнежи на дождомерната станица "Суводол" за периодот 1987 - 2007 година

месец / година	В Р Н Е Ж И Р (mm)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$\sum P_{god}$
1987	41	21	0	0	16	32	50	59	34	26	26	10	**315**
1988	37	24	33	16	93	24	30	43	18	38	36	52	**444**
1989	87	49	17	5	18	50	10	18	35	35	16	17	**357**
1990	43	29	37	24	69	98	14	80	28	32	32	2	**488**
1991	33	17	72	37	45	20	51	0	72	10	11	81	**449**
1992	31	23	59	7	24	52	61	0	110	21	20	43	**451**
1993	25	0	99	29	78	37	15	55	87	85	77	13	**600**
1994	5	0	11	43	51	0	12	24	29	14	19	59	**267**
1995	10	38	10	27	48	0	0	0	64	10	21	68	**296**
1996	82	43	98	15	78	56	40	29	0	86	40	48	**615**
1997	81	101	22	63	89	40	70	29	33	57	57	95	**737**
1998	17	64	52	133	17	74	0	70	159	34	47	32	**699**
1999	82	39	40	28	9	40	78	23	33	39	106	62	**579**
2000	37	25	39	11	67	13	10	82	16	78	28	8	**414**
2001	15	20	1	91	60	3	17	35	12	0	18	62	**334**
2002	17	14	74	67	87	26	90	14	146	100	13	100	**748**
2003	49	29	13	40	73	68	0	66	15	125	34	23	**535**
2004	48	13	15	52	72	111	22	13	96	51	55	43	**591**
2005	40	77	39	15	64	20	14	50	12	45	56	78	**510**
2006	51	49	48	85	30	51	79	17	39	67	19	27	**562**
2007	11	29	32	23	67	70	0	41	4	91	95	52	**515**
Pmin.	**5**	**0**	**0**	**0**	**9**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**11**	**2**	**267**
Pmax.	**87**	**101**	**99**	**133**	**93**	**111**	**90**	**82**	**159**	**125**	**106**	**100**	**748**
Psr.	**40,09**	**33,52**	**38,61**	**38,61**	**55**	**42,14**	**31,57**	**35,61**	**49,61**	**49,71**	**39,33**	**46,42**	**500,29**

Табела 4. Сума месечни, годишни, средномесечни и средногодишни количини на црпена вода од рудникот "Суводол" за период 1987 - 2007 (служба за одводнување на РЕК - Битола)

месец / Година	КОЛИЧИНА НА ЦРПЕНА ВОДА Q (m3/mes)												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	$\sum Q_{god}$
1987	135784	92392	124500	332852	129940	74010	153918	40918	29802	217098	339282	193506	1864002
1988	97976	90058	173364	157966	128862	70723	65795	18186	65386	197796	241772	234692	1542576
1989	113244	92941	137366	117892	237210	283084	257346	301670	89706	383930	99210	159910	2273509
1990	116169	310000	107616	261220	202262	130832	376550	146636	196300	171000	140000	157000	2315585
1991	142230	178668	176078	157608	100600	88000	122540	73404	93000	110000	126936	117300	1486364
1992	148938	141588	91000	126700	103348	57600	83484	42236	58860	70000	57867	180000	1161621
1993	126000	124280	94112	95760	139582	82584	66780	384320	78078	107100	166079	153924	1618599
1994	120126	144612	117172	206274	70056	68148	8312	99972	89929	67356	38136	134788	1164881
1995	124945	134352	121108	133105	140238	154255	184644	147528	136620	188356	30200	134066	1629417
1996	73440	36280	64684	62136	33408	30938	38700	53712	240948	237600	234468	270036	1376350
1997	188424	128271	190044	80352	158184	53532	132876	162684	80568	117360	86076	120296	1498667
1998	181440	248328	111168	131472	181141	55220	78948	163188	140112	72124	208764	299340	1871245
1999	230572	212184	280948	210776	70848	146304	126216	263196	71436	82548	241914	162216	2099158
2000	89694	212184	249480	144468	161496	55260	61648	130284	59418	136818	21990	135792	1458532
2001	156361	92012	198718	258190	162424	70851	132404	151611	318072	101126	82480	108386	1832635
2002	120348	84708	157680	202212	214416	111636	205380	294516	384876	439128	276984	469404	2961288
2003	362608	276716	261301	257908	323591	184792	152362	176176	290936	277977	261058	297994	3123419
2004	242414	359458	312951	371161	500687	556499	386003	103339	325905	397888	236923	241509	4034737
2005	375984	322488	632652	250596	168720	123786	96516	178992	116423	221040	106560	421524	3015281
2006	322033	210711	530469	482895	308982	279294	177357	166514	186342	230922	166498	201794	3263811
2007	326866	253845	194980	194517	221674	269984	143212	118478	112671	304870	257495	326218	2724810
Qmin.	**73440**	**36280**	**64684**	**95760**	**33408**	**30938**	**8312**	**18186**	**29802**	**67356**	**21990**	**108386**	1161621
Qmax.	**375984**	**359458**	**632652**	**482895**	**500687**	**556499**	**386003**	**384320**	**384876**	**439128**	**339282**	**469404**	4034737
Qsr.	**180742**	**178384**	**206066**	**201717**	**178936**	**140349**	**145285**	**153217**	**150732**	**196763**	**162890**	**215223**	2110309

Просторот во рамките на рудникот се одликува со мали количини на врнежи и релативно високи вредност на температурата (Tsr. god. = 11,0 ^{0}C), што значи дека има потенцијални услови за поголеми испарувања, а од друга пак страна имаме недостиг на врнежи. Поради овие услови кои владеат вкупното испарување е пресметано по формулата на L. Turk (1954.)

$$E = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$L = 300 + 25 \times T + 0,05 \times T^3$$

каде се:
P (mm/god) - врнежи
L - параметар
T (^{o}C) - температура

Резултатите од пресметката на сума годишното испарување дадени се во табелата 5, во која табела е дадена и пресметката на билансот на водите од рудникот "Суводол".

Табела 5. Пресметка на сума годишното испарување и билансот на водите од рудникот "Суводол" за периодот 1987 - 2007 година

No	God	P mm/god	E mm/god	Qc x 10^{-3}m^3/s	Qp x 10^{-3}m^3/s	Qe x 10^{-3}m^3/s	Qpon=Qp-Qe x 10^{-3}m^3/s	Qpd=Qc-Qpon x10^{-3}m^3/s
1	1987	315	298.28	59.107	45.17	42.772	2.397	56.709
2	1988	444	380.12	48.915	63.668	54.508	9.160	39.755
3	1989	357	321.51	72.092	51.193	46.103	5.089	67.003
4	1990	488	400.05	73.427	69.977	57.365	12.612	60.815
5	1991	449	373.58	47.132	64.385	53.570	10.815	36.317
6	1992	451	381.78	36.835	64.672	54.746	9.926	26.909
7	1993	600	450.84	51.325	86.038	64.649	21.389	29.936
8	1994	267	261.84	36.938	38.287	37.547	0.739	36.198
9	1995	296	280.33	51.668	42.445	40.198	2.247	49.421
10	1996	615	459.09	43.644	88.189	65.832	22.357	21.287
11	1997	737	496.65	47.522	105.68	71.218	34.465	13.056
12	1998	699	493.07	59.337	100.23	70.705	29.529	29.807
13	1999	579	453.35	66.564	83.026	65.009	18.018	48.546
14	2000	414	365.35	46.25	59.366	52.390	6.976	39.274
15	2001	334	311.92	58.112	47.894	44.728	3.166	54.946
16	2002	748	497.63	93.902	107.268	71.358	35.902	57.999
17	2003	535	423.56	99.043	76.717	60.737	15.980	83.063
18	2004	591	446.93	127.941	84.747	64.088	20.659	107.282
19	2005	510	412.05	95.614	73.132	59.086	14.046	81.568
20	2006	562	435.23	103.495	80.589	62.410	18.178	85.316
21	2007	515	414.41	86.403	73.849	59.425	14.424	71.979
Sr_{god}		**469.67**	**500.28**	**66.917**	**71.739**	**57.069**	**14.670**	**52.247**

Од табелата се гледа дека просечен доток на води од атмосферските врнежи во површинскиот коп е $\sum$Qpsr = 71.739 x 10^{-3} m^3/s или 100 %, од кои на испарување отпаѓа $\sum$Qisp. =57.069 x 10^{-3} m^3/s или 79,6 %, а на инфилтрација во подземјето отпаѓа околу $\sum$Qpon.$_{sr}$ = 14,670 x 10^{-3} m^3/s или 20,4 %. Во формирањето на подземните води во рудникот "Суводол" учество имаат подземните води кои дотекнуваат во копот од кровинските водоносни хоризонти и од подлабоките

водоносни средини, како и еден дел преку инфилтрација на атмосферските води во подземјето.
Од вкупната подземна ∑Qpv = 66,917 x 10 $^{-3}$ m^3/s на подземен доток просечно отпаѓа околу ∑Qpd.sr. = 52,247 x 10 $^{-3}$ m^3/s или 78,1 % и на доток преку инфилтрација на врнежите во подземјето просечно отпаѓа околу ∑Qpon = 14,670 x 10 $^{-3}$ m^3/s или 21,9 %.

Од подземните води кои дотекнуваат во копот еден дел отпаѓа на дотокот на подземните води кои дотекнуваат испод и кроз телото на браната "Суводол", а останатиот дел отпаѓа на дотокот на подземните води од кровинските водоносни средини и од подлабоките водоносни средини.

ТРЕНД И ПРОГНОЗА НА ПРИЛИВОТНА РУДНИЧКИТЕ ВОДИ

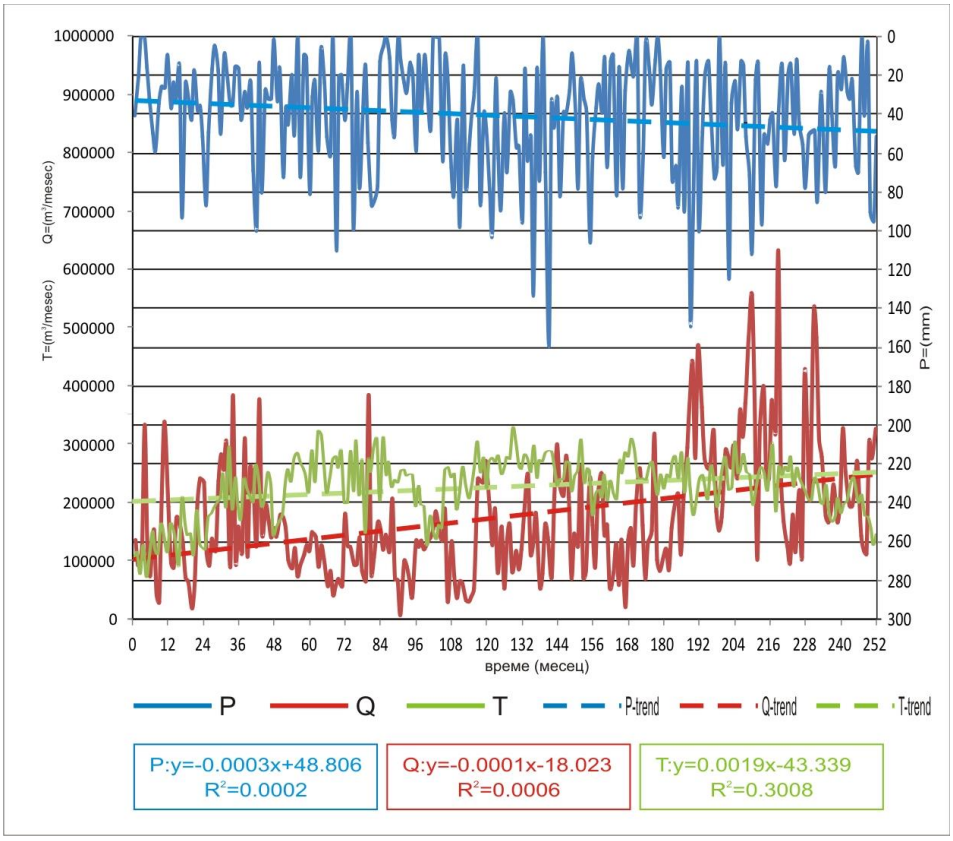
Со цел да се прогнозира приливот на рудничките води направен е споредбен дијаграм сл. 3 помеѓу сума месечните врнежи P (mm), табела 3, сума месечната количина на исцрпена вода Q (m^3), табела 4 и сума месечната ископана количина на материјал T (m^3) табела 6 за периодот 1987 - 2007 година.
Количината на ископана маса на материјал од рудник "Суводол за истиот период прикажана е во табелата 6.

Од сликата се гледа дека врнежите немаат некое посебно влијание на количината на црпената вода и на масата на ископаната руда, трендот на врнежите е во благ пораст но безначаен.
Количината на ископаната руда е дефинирана преку функцијата:

Tgod = f (Pgod, Qgod),

а додека равенката би била:

Tgod = 24568989 + 19223,5 x Pgod - 3,89 x Qgod

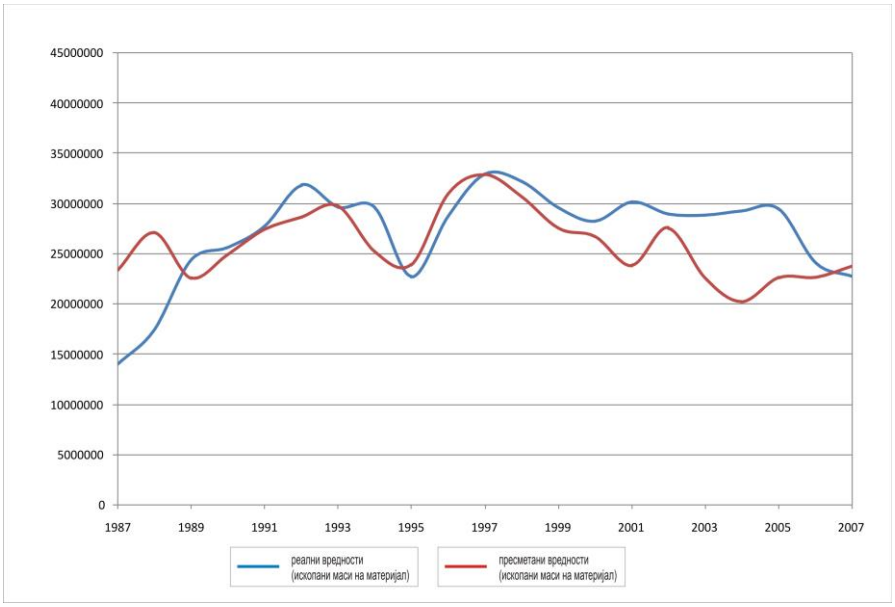


Сл. 3.Споредбен дијаграм помеѓу сума месечните врнежи P (mm), сума месечната количина на исцрпена вода Q (m^3) и сума месечната ископана маса на материјал T (m^3) за период 1987 - 2007

Табела 6. Сума месечни, годишни, средномесечни и средногодишни количини на ископана маса на материјал од рудникот "Суводол" за период 1987 - 2007 (служба за одводнување на РЕК - Битола)

мес. / год.	КОЛИЧИНА НА ИСКОПАНА МАСА НА МАТЕРИЈАЛ T (x10^{3}m^3/mesec)												
	I	II	III	IV	V	***VI***	VII	VIII	IX	X	XI	XII	∑T
1987	1070	1145	760	1268	706	1087	1502	1192	1105	1630	1398	1130	13994
1988	1635	1565	1315	912	2070	1629	1426	1462	1083	1861	1271	1203	17432
1989	1178	1740	1799	1919	2002	2082	2495	1901	2951	1869	2423	2010	24369
1990	1687	2399	2227	2097	1997	2630	2425	1914	2068	2517	2274	1424	25659
1991	1562	1676	1785	2364	2565	2342	2743	2848	2677	2566	2441	2158	27726
1992	2888	2334	3217	3152	2763	2154	2397	2735	2785	2581	2884	1974	31864
1993	1979	2875	2177	3058	2107	2723	1462	2737	2510	2932	3089	2011	29661
1994	3112	2458	2692	2252	2378	2328	2534	2559	2451	2477	2469	1917	29626
1995	2281	1953	1931	1249	1765	1492	1358	1610	1547	2552	2598	2420	22754
1996	2486	1868	2144	2607	2280	2057	2223	2576	3039	2501	2765	2228	28772
1997	2684	2760	2681	2796	2473	2600	2777	2731	3279	3002	2600	2562	32945
1998	2817	2736	2506	2971	2406	2719	2686	2844	2875	2862	2550	2276	32247
1999	2399	2378	2697	2671	2177	2449	2549	3074	2320	2581	2530	1770	29596
2000	2139	2208	2072	2473	2022	2363	2145	2045	2721	2485	2850	2771	28294
2001	3084	2893	2447	2392	2407	2378	2599	2694	2448	2112	2472	2224	30150
2002	2471	2421	2680	2786	2401	2857	2155	2757	2279	1772	2016	2390	28985
2003	2469	2299	2309	2624	2360	1909	2321	2592	2771	2202	2241	3039	29136
2004	2489	2541	2829	2509	2470	1951	2099	2436	2597	2483	2186	2730	29320
2005	2987	1828	2613	2459	2608	2524	2782	2256	2587	2395	2271	2188	29498
2006	2051	2019	2417	2293	1987	1957	2297	1793	1657	1771	2074	1802	24118
2007	1964	2013	2287	2427	2263	1980	2130	1758	1745	1538	1258	1452	22815
Tmin	1070	1145	760	912	706	1087	1358	1192	1083	1538	1258	1130	13994
Tmax	3112	2893	3217	3152	2763	2857	2777	3074	3279	3002	3089	3039	32945
Tsr	2258,7	2195,7	2266	2346,6	2200,3	2200,5	2243,1	2310,2	2356,9	2318,5	2317,1	2080	27093,4

Со помош на оваа равенка за наведениот временски период, пресметковно се добиени количините на ископана руда, при што реалните и пресметковните вредности на годишните суми на ископани маси на материјал се прикажани на сл. 4.



Слика 4. Крива на реални и пресметковни вредности на годишните суми на ископани маси на материјал T (m^3) за период 1987 - 2007 година

Од дијаграмот се гледа дека релативно се добиват слични вредности, т.е. коефициентот на корелација е r = 0,58.

Трендот на ископана количина на руда покажува пораст, што е и логично од причина што со годините расте искуството, разработката на рудникот, набавката на нова и современа механизација и.т.н., количината на ископаната руда постојано се зголемува, освен во периодот 1995/96 година кога е смалена експлоатацијата од причина што имаше појава на лизгање на теренот, при што активностите беа насочени кон растеретување на теренот во зона на истото.

Посебно е важно што немаме влијание на подземните води, т.е. трендот на исцрпената вода има опаѓачки карактер, само во тек на првите четири години кога вероватно се пресечени изданските води приливот на подземните води е зголемен, при што по нивното исцрпување приливот од подземни води стагнира, освен некои помали количини на води кои исклучиво зависат од врнежите.

Што се однесува до прогнозата, истата не може да се дефинира од причина што не постои изразено меѓусебно влијание помеѓу наведените параметри.

ЗАКЛУЧОК

Во рамките на овој труд е дадена методологијата на пресметка на дотоци на подземни и површински води во одредена зона од П.К.Суводол. Се цени дека ова претставува многу комплексен теоретски и практичен проблем, кој заслужува да биде претставен пред научната и стручната јавност.

Оваа методологија на анализа, иако понекогаш се смета за вообичаена постапка, бара ангажман на стручни лица од различни теоретски и практични дисциплини, и има многу големо значење за правилното насочување на технологијата на ископ кај површинските рудници.

Воспоставената пракса на работа при П.К.″Суводол″, може да се препорача за примена и кај нашите други рудници на јаглен, кои се во фаза на експлоатација или отварање, со цел да се створат сите предуслови за правилен аналитички и стручен третман на оваа проблематика.

ЛИТЕРАТУРА

Јованов К., 1994: Елаборат од хидрогеолошките истражувања во подинската јагленова серија “Суводол“. Фонд на “Геохидропроект“ - Скопје.

Јованов К., 1995: Елаборат за детални хидрогеолошки истражувања во П.Ј.С. (Пробно експлоатационен бунар и пиезометри за набљудување). Фонд на “Круна - Дрил“ - Скопје.

Јованов К., 2003: Хидрогеолошке карактеристике и услови оводњености лежишта угља “Суводол“. Магистарски рад. Београд.

Јовановски М., 1996: Елаборат од извршените геолошки, инжењерскогеолошки и хидрогеолошки истражувања во североисточниот дел на лежиштето “Суводол“. кн. 1, Фонд на Градежен факултет - Скопје.

Јовановски М., 1996: Елаборат од извршените геолошки, инжењерскогеолошки и хидрогеолошки истражувања на теренот во зона на свлечиштето и браната “Суводол“. книга 1, Фонд на Градежен факултет - Скопје.

Јовановски М., 1998: Елаборат од извршените геолошки, инжењерскогеолошки и хидрогеолошки истражувања во зоната на микролокација 5 во источниот дел на П.К. “Суводол“. книга 1, Катедра за Геотехника. Градежен факултет - Скопје.

Мацов С. и др., 1977: Главен проект за заштита на П.К. “Суводол“ од надворешните водотеци, книга 1. Фонд на ХЕП - Скопје.

Прохаска С., Ристиќ В., 1996: Хидрологија кроз теорију и праксу. РГФ - Београд.

ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ЛОКАЛИТЕТОТ ДИВЈАК КАКО АЛТЕРНАТИВА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА СВЕТИ НИКОЛЕ

Орце Спасовски
Факултет за рударство , геологија и политехника Штип

А П С Т Р А К Т

Значењето на квалитетното познавање на сите водени ресурси, денес претставува основен предуслов за егзистенција и понатамошен развиток на општеството во целина. Водоснабдувањето на населението и индустријата во Република Македонија преку 80% се обезбедува преку зафаќање на подземните води.
Со оглед дека за системите на регионалното водоснабдување неопходно е да се вложат енормни средства и тоа воглавно за изградба на површински акумулации, решавањето на проблемот на водоснабдувањето на субрегионално, општинско или локално ниво, практично добива се поголемо значење, помеѓу останатото и поради рационалните услови на изградбата и одржувањето на системите. Во таа смисла, многу квалитетен пристап на истражување за потребите на изнаоѓање на локални потенцијални услови за јавно централизирано водоснабдување на поедини населби или делови на општински територии, а со тоа и рационални и осмислени вложувања за иднината, секако претставува пример општина Свети Николе. Во овој труд се истакнати потенцијалните можности за зафаќање на економски исплатливи количини на подземни води во неогените седименти, врз основа на резултатите од изведените хидрогеолошки истражувања.

Клучни зборови: хидрогеологија, подземни води, издани, водоснабдување, Неоген Басен.

A B S T R A C T

Already today, the importance of qualitative knowledge of all water resources alredy represents a basic prerequisite to the existence of the society and its future development. The municipal and industrial water supply systems in the Republic of Macedonia satisfying over 80% of water demand are based on ground water capturing.Since enormous funds are used for the construction of centralized regional water supply systems, especially the construction of surface water reservoirs, water supply problems at subregional, municipal and local levels need to be resolved urgently this being critical for the purpose of cost effective construction and maintenance. To this end, the most qualitative approach to investigations targeted to determine local potentials for public centralized water supply systems for single settlements or segments of municipal territory, namely to make prudent investment for the future is one of the town of Sveti Nicole. The paper shows the potency for groundwater capturing of the Neogene Basin resulting from the hydrogeological investigations.

Key words: hydrogeologfy, groundwater, aquifers, water supply, Neogene Basin.

Вовед

Во регионот на Овче Поле отсекогаш потребите за вода биле поголеми од водените капацитети. Порастот на населението, поголемите потреби од производство на храна, глобалните климатски промени и се подолгите сушни периоди придонесуваат овие потреби да бидат се поизразени.

Градот Свети Николе подолг временски период се соочува со проблемот од недоволни количини на квалитетна вода за пиење. Во последните неколку години населението од овој град вода за пиење користи од природни извори во гардот и непосреднта околина кои се со сомнителен квалитет.

Хидрогеолошките ресурси, односно подземните ладни води за пиење на локалноста Дивјак несомнено се присутни кое нешто може да се тврди врз основа на предходните истражни работи. Меѓутоа, бидејќи резултатите од досегашните истражувања се недоволни, односно не се во таков облик за да може категорично да се пристапи кон изработка на вадозафатен објект, затоа е неопходно започнатите хидрогеолошки истражувања да се настават и да се утврдат точните можности за откривање и докажување на водените ресурси.

Према местоположбата на теренот, морфологијата, геолошката градба, застапеноста на типовите на изданите, а и од согледувањето на резултатите од досега изведените хидрогеолошки истражни работи за овој простор може да се каже дека истиот е перспективен за изработка на нови водозафатни-експлоатациони објекти.

Концепција и методологија на истражувањето

Со изведување на детални хидрогеолошки истражувања по принципот на постепено доаѓање до сознанијата, можат да се постигнат позитивни резултати. По наше мислење, ова за сега е најправилниот начин бидејќи со него најсигурно се управува со ризикот и трошоците, кои во денешно време се најзначајни и најограничувачки фактор.

Бидејќи сосема е јасно дека за сега единствено можно решение за водоснабдувањето на Свети Николе е врз основа на подземните води во колекторите во рамките на неогените седименти, поради што сите хидрогеолошки истражувања мора кон нив да бидат насочени.

Со цел да се согледат условите и можностите за изградба на изворите за зафаќање (експлоатација) на подземните води во неогените седименти на локалитетот Дивјак истражните и испитателните работи опфаќаат:

- *теренски истражни и испитателни работи;*
- *лабораториски работи и*
- *кабинетски работи*

Теренските истражни и испитателни работи ќе се изведуваат по следниот редолед: хидрогеолошко рекогносцирање на теренот, детално хидрогеолошко картирање на теренот на површина од 12км^2, комплетна изработка на три хидрогеолошки истражни дупнатини во длабина од 150 м′ до 180 м′ , со пречник ∅220 мм, пратење на материјалот при нивното дупчење, регистрирање на појави на подземни води и мерење на нивоата на подземните води, комплетна изработка на пет истражно-експлоатациони бунари до длабина од 150 до 180 м′., со пречник ∅500 мм, пратење на материјалот при дупчењето, регистрирање на појави на подземни води и мерење на нивоата на подземните води, прочистување на хидрогеолошките истражни дупнатини и истражно-експлоатационите бунари, тестирање на хидрогеолошките истражни дупнатини и истражно-експлоатационите бунари.

Лабораториските работи опфаќаат: изработка на гранулометриски анализи од изваденот материјал при дупчењето од водоносните средини, изработка на скратена и комплетна физичко хемиска анализа од од земените примероци од подземните води од водоносните средини;

Кабинетските работи се состојат *во* обработка на сите собрани податоци од теренските и лабораториските испитувања и нивна интерпретација со цел изработка на технички извештај за секоја истражна работа и изработка на Елаборат за резерви на подземните води.

Основни геолошки карактеристики

Подрачјето кое е предмет на истражување, спрема геолошката положба припаѓа во Вардасрката зона. Карпите кои го изградуваат поширокото подрачје се претставени со терциерни и квартерни седименти, како и вулканити. Од терциерните седименти развиени се седименти на палеогенот претставен како горен еоцен, потоа седименти на миоцен и плиоцен претставени со седиментни карпи и млади вулканити. Квартерните наслаги кои се творени на разноврсни генетски типови на материјал се јавуваа како органогени-мочуришни седименти, потоа делувијални наслаги, пролувијален материјал и елувијални наноси.

Од палеогените седименти се јавуваат седименти на горно еоценски флиш кој е застапен на североисточните делови на теренот и се јавува околу селата Сопот, Алакинци и Лискички рид па се до патот Св. Николе - Куманово. Припаѓаат на Овчеполскиот палеоген басен, кој бил поврзан со Тиквешкиот и Кумановскиот.

Миоценот е претставен во северозападниот дел на теренот меѓу селата Преод, Крушица и близината на Дивље и продолжуваат кон локалитетот Облазница.

Миоценот е претставен со следните седименти: сиви, зелени и црвенкасти глини или таканаречени “шарени глини“, потоа сивозелени лапорци, сиви песоци, слабоврзани песочници во вид на пакети со чести прослојќи на многу слабо врзани чакали.

Плиоценските седименти го изградуваат Овчеполскиот слатководен басен, во плитководна езерска средина а претсваен е со кластични - неврзани седименти и млади вулканити. Плиоценот лежи трансгресивно и дискордантно преку постарите карпи.

Кавтерните наслаги се претставени со делувијални и пролуваијални седименти.

Елувијалните седименти се јавуваат во источлниот дел од истражуваниот терен во близина на село Пеширово. Настанати се по долготрајно влијание на отмосферилиите на слабо отпорна почва од глинесто-песоклив состав.

Основни хидрогеоплошки карактеристики

Хидрогеолошките истражувања во Овчеполската котлина започнати се во периодот после втората светска војна. Во тоа време вршени се истражувања на подземни води за решавање на проблемот со водоснабдувањето на населението и за наводнување на земјоделските површини. Изведени се поголем број на дупнатини, а податоците од истите не се сочувани. Воглавно тие истражувања биле сведени на регистрација на појави на подземни води и мерење на нивните нивоа.

Во рамките на регионалните геолошки истражувања во 70 - тите години за потребите на изработката на основните геолошки карти изведени се повеќе длабоки структурни дупнатини со кои е регистрирано постоењето на подземните води и нивното ниво.

Според геолошката градба на теренот и структурата на карпите (порозноста) и според хидродинамичките карактеристики во рамките на овие средини се застапени следните типови на издани:

Според структурниот тип на порозност имаме: издан со интергрануларна порозност, комплексен тип на издан и условно безводни терени.

Додека според хидродинамичките карактеристики кои владеат во рамките на водоносните средини се издвојуваат следните типови на издани: фреатски

тип на издани (издани со слободно ниво на подземни води), артески и субартески тип на издани (издани со ниво на подземни води под притисок).
Карпестите маси кои ја градат поширо-ката околина на истражниот терен според нивната хидрогеолошка функ-ција се издвојуваат на: хидрогеолошки колектори, хидрогеолошки спрово-дници, хидрогеолошки комплекси и хидрогеолошки изолатори.
Како хидрогеолошки колектори и спро-водници се издвојуваат карпестите маси со интергрануларна (меѓузрнеста) порозност. Во групата на хидрогео-лошки комплекси се издвоени плиоце-нските седименти и во групата на хидрогеолошки изолатори издвоени се флишните формации од Еоценска стар-ост, глините и глиновитите материјали.
Во наредниот текст посебно е даден опис на типовите на издани според структурната порозност на карпестите маси, хидродинамичките карактерис-тики и нивната хидрогеолошка функција.

Издан со интергрануларен тип на порозност

Овој тип на издани во рамките на поширо-ката околина на истражниот терен има големо распространување во план меѓутоа со кратко распространување во профил. Развиен е во рамките на (Q) квартарните (алувијални, делувијални и пролувијални) седименати, кои се настанати во постезерската фаза на седиментација како продукт на работа на егзогените фактори.
Изграден е од среднозрни до крупнозрни песоци и миловити до заглинети песоци. Дебелината на овие седименти е доста променлива меѓутоа истата не е со голема моќност.
Филтрационите својства на овој тип на издан се доста добри и према нив истиот се издвојува како доброводоносна средина меѓутоа со мала дебелина.
Подземните води од овој тип на издан воглавно се со слободно ниво кои претежно ја следат конфигурацијта на теренот. Различните нивоа на подземните води се резултат на различната местоположба и конфигурација на теренот.
Прихранувањето на подземните води на овој издан е на сметка на дотокот на подземните води од ободот на теренот т.е. од другите средини кои се на хипсометриско повисоко ниво и од атмосферските врнежи.
Дренирање на подземните води од овој издан е со помош на копани и дупчени бунари и примитивни дупнатини.
За овој тип на издан може да се каже дека е добро водопропустлив колектор со мала дебелина и како таков не е интересен од хидрогеолошки аспект за водоснабдување на поголеми потрошувачи.

Комплексен тип на издан

Овој тип на издан во рамките на истражниот простор и воопшто во Овчеполската котлина има значајно распространување посебно од аспект на водоснабдување. Развиен е во рамките на средно и горно плиоценските седименти (песоци и чакали) со значајна моќност односно дебелина. Постоењето на овој тип на издани потврдено е со помош на изведените истражни и експлоатациони дупнатини во локалитетот Дивјак.
Водоносните колектори во рамките на комплексниот тип на издани се јавуваат на повеќе нивоа. Карактеристично за овој тип издан е изразеното раслојување, а додека водоносните средини се јавуват во вид на слоеви, прослојќи и леќи. Кровината и подината на водоносните средини од овој тип на

издани се покриени со плиоценски глини.
Подземните води во комплексниот тип на издан се одликуваат со фреатско односно со слободно ниво.
Прихранувањето на подземните води на овој тип издан е на сметка на атмосферските врнежи, а истото се одвива на два начина и тоа директно прихранување по отворените делови на теренот и прихранување по зоните на контактот. Потоа прихранување на подземните води има преку доток на подземни води од пукнатинскиот тип на издан кои се наоѓаат на хипсометриски повисоко ниво и дотоци на подземни води од подлабоките водоносни средини.
Дренирањето на подземните води од овој издан е преку истекување на подземни води по отворените делови од теренот, истекување со помош на извори и дупнатини.
Режимот на подземните води на овој издан е во зависност од големината на атмосферските врнежи, дотокот на подземните води од средините со пукнатинска порозност и од дотоци на подземни води од подлабоките водоносни средини.

Условно безводни делови на теренот

Овој тип на издан во рамките на истражниот простор исто така има значајно распространување и формиран е претежно во флишните и глиновитите формации. Низ овој тип на издан обично не се дренираат никакви или во сосема мали количини на вода. Од аспект на водоснабдување практично не е интересен.

Обем на изведените истражувања

Рекогносцирањето и деталното хидрогеолошко картирање на теренот се изведе на површина од 12 км^2, по метод пратење на зоните на контактите помеѓу неогените седименти и матичните карпи и метод на регистрација на сите водни појави и објекти.
Истражните хидрогеолошки дупнатини се изведени во рамките не неогените седименти во просторот кој е одобрен од страна на Министерството за стопанство на Р. Македонија (сл. 1).
Основна цел на изведените истражни работи е одредување на литолошкиот состав и хидрогеолошките карактеристики на профилот на дупнатината, положба на нивото на подземната вода, дефинирање и откривање на водоносни хоризонти на поголема длабина од 140 м′, нивно испитување и изработка на истражно – експлоатациони бунари.
Во текот на истражувањето се изведени три истражни дупнатини до длабочина од 140 – 150 метри во рамките на кои се утврдени неколку водоносни хоризонти. Со изведеното тестирање на истражните дупнатини е добиена издашност од 5 до 8 l/s. Резултатите добиени од истражните дупнатини даваат надеж дека избарниот локалитет е перспективен во поглед на изнаоѓање на потребните количини на квалитетна вода за пиење. Тргнувајќи од овој податок се пристапи кон изработка на пет истражно-експлоатациони бунари во далбина од 140 до 180 метри на деловите кои беа во непосредна близина на истражните дупнатини. По изработката на истражно – експлоатационите бунари се пристапи кон нивно освојување и тестирање при што се добиени резултати над очекувањата. Имено, сите бунари при тестирањето покажаа иадашност од околу 10 l/s.
Овие количини на вод од околу 50 l/s не се доволни да ги покријата потербите за вода на градот Свети Николе затоа во иднина се планиар да се изработат уште две истражни дупнатини и пет истражно – експлоатациони бунари.

Заклучок

Врз основа на сите досегашни спроведени истражувања, вклучувајќи ги и овие во текот на 2007/2008 година, се наметнува заклучок дека најперспективно подрачје за локално водоснабдување на градот Свети Николе е локалитетот Дивјак. На овој локалитет се изведени три истражни дупнатини и пет истражно-екплоатациони бунари со длабочина од 140 до 150 метри. Во моментот не постајат основни хидрогеолошки параметри и соодветен обем на континуирано набљудување на издашноста, кое нешто треба да се направи до дефинирањето на наредните активности, во моментот реално може да се констатира дека постојат перпективни услови да се обезбедат 10 l/s вода поединечно од секој истражно-експлоатационен бунар.

Континуираното пратење на хидрохемискиот режим на водата укажува на постојаност на квалитетот. Во продолжение на започнатите хидрогеолошки активности предвидени се уште пет истражно експолатациони бунари и две истражни дупнатини со длабина од 150 до 180 метри кои ќе овозможат потполно дефинирање на билансот на подземните води на локалитетот Дивјак.

Со дефинирањето на комплексниот тип на издани, нивните хидродинамички параметри, посебно условите на прихранување и истекување, ќе овозможи рационално и ефикасно решавање на конкретната проблематика, за изнаоѓање и зафаќање, а потоа и зачувување на квалитетот на изданот.

Литература

Ѓузелковски, Д., Котевски, Ѓ., 1977: Хидрогеолошка карта на Република Македонија 1 : 200 000. Геолошки завод, Скопје.

Ѓузелковски, Д., 1997: Подземните води (издан) за решавање на водоснабдувањето на Република Македонија и нивна заштита, Институт-Геохидропроект, Скопје.

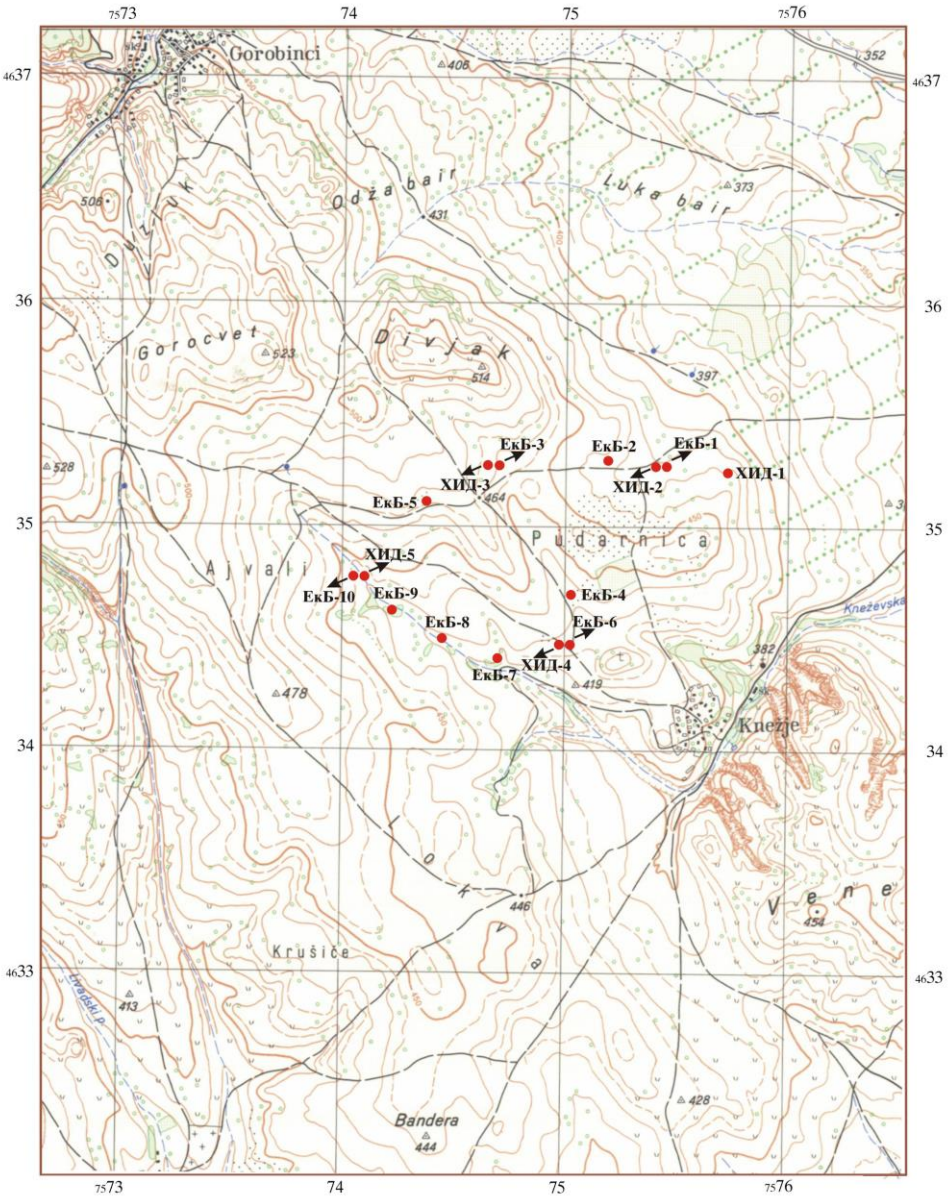
Карајовановиќ, М., Хаџи-Митрова, С., 1975: Толкувач за листот Титов Велес, ОГК СФРЈ 1 : 100 000, Геолошки завод Скопје;

Карајовановиќ, М., Хаџи-Митрова, С., 1975: ОГК СФРЈ 1 : 100 000, лист Титов Велес, Геолошки завод Скопје;

Петров, Д., Спасовски, О., 2008: Прокет за детални хидореолошки истражувања со цел утврдување условите и можностите за изнаоѓање на вода за пиење од неогените наслаги на локалитетот Дивјак за потербите на водоснабдување на градот Свети Николе. Стр. Фонд на Геоинженеринг Скопје.

Simic, M., Vucetic, N., IDokic, I., Paic, P., 1998: Hidrogeoloska potencijalnost opstine Brus. 13 Kongres geologa Jugoslavija knjiga V.

Halle, R., 2004: Kemizam i obrada vode. Sveuciliste u Zagrebu, Rudarsko-geolosko-naftni fakultet, Zagreb.



Сл. 1. Топографска карта на истражуваното подрачје со назначена положба на хидрогеолошките истражни работи

ГЕОХЕМИЈА И ГЕОХЕМИЈА НА СРЕДИНАТА

ЕКО-ГЕОХЕМИСКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Борислав Хаџи-Петрушев и [2]Новица Столиќ
[1]Ул. Осло 22а, Скопје, тел.: +389 70 393 308
[2]ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје, ул. Црвена скопска општина бб, Скопје, тел/факс: +389 (2) 3221 118,
e-mail: geologing@geologing.com.mk, www. geologing.com.mk

Апстракт: Во период 1995-1999 година во Република Македонија вршени се регионални комплексни еко-геохемиски истражувања на тешки и токсични елементи. Методологијата на истражувања е усогласена на ниво на ЦЕИ. Добиените податоци компјутерски се процесирани и изготвени се 21 геохемиска карта во размер 1:500 000. Со дво-димензионално компјутерско моделирање на аномалните полиња создадени се услови за издвојување на контаминирани простори со антропогено и природно потекло. Во овој труд е презентирана методологија на современите еко-геохемиски истражувања, компјутерско процесирање на податоците и визуелизација, поткрепено со пример на дистрибуција на олово и уран на територијата на Република Македонија.

КЛУЧНИ ЗБОРОВИ: еко-геохемија, истражување, методологија, статистика, контаминација.

ВОВЕД

Со оглед дека живееме во време на интензивен техничко-технолошки развој со бурен напредок на индустриското производство, обилно се присутни отпадни материи од индустријата и останатите стопански гранки. Нивното неконтролирано депонирање во текот на целиот процес на призводство, односно неодговорно однесување кон човековата средина, доведе до значајна загаденост на воздухот, почвата, површинските и подземните води. Присуството на контаминенти во нормалниот антропоген живот, доведоа до појави на многу невообичаени заболувања и дегенеративни појави кај човекот и другите живи суштества.

Во периодот 1995÷1999 година на територијата на Република Македонија извршени се регионалниеко-геохемиски истражувања. Методологијата на спроведените истражувачки активности е усогласена на ниво на Централно Европска Иницијатива.

Целта на овие истражувања е насочена најнапред да ги детерминира пошироките региони зафатени со контаминенти, а во втората фаза да се направат детални истражувања на контаминираните простори. Методите кои се применети во истражувањата на загадените простори, имаат цел да ги дефинираат неорганските загадувачи. За да се добие целосна претстава на контаминираниот простор се анализираат геохемиските карактеристики на почвата, а со тоа се добива појасна слика за предизвикувачот на загадувањето, т.е. дали е од антропоген или од природен карактер.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊАТА

Во текот на споменатиот истражувачки период применети се комплексни еко-геохемиски методи: теренско литогеохемиско и радиометриско опробување, лабораториско анализирање (спектрохемиски, рентгенски и електронска микросонда).

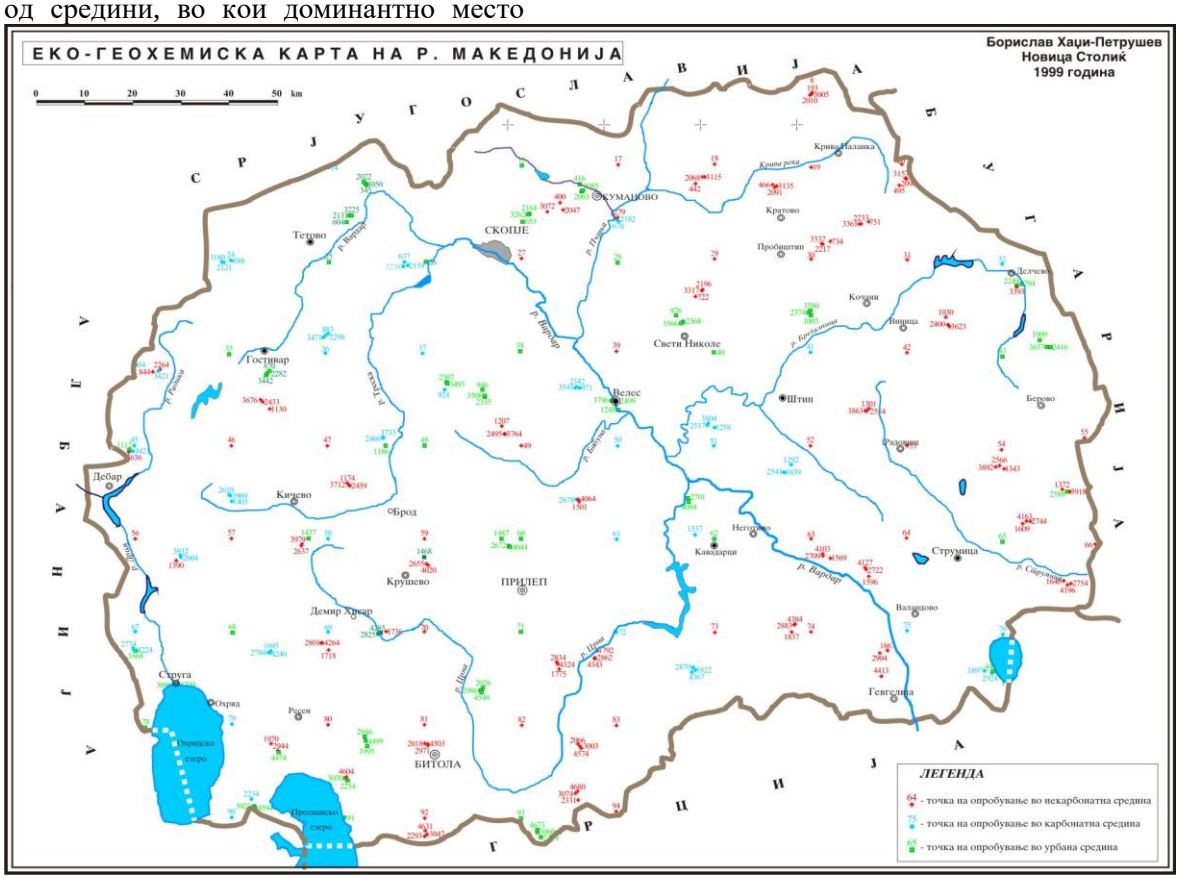
Метода на литогеохемиско и радиометриско опробување

Со оглед дека просторот на Република Македонија се карактеризира со специфична и сложена геолошка градба на почвата, при опробувањето посебно е внимавано на поширокаата литолошка средина за секоја проба. На тој начин создадени се услови за групирање на податоците во три основни групи.

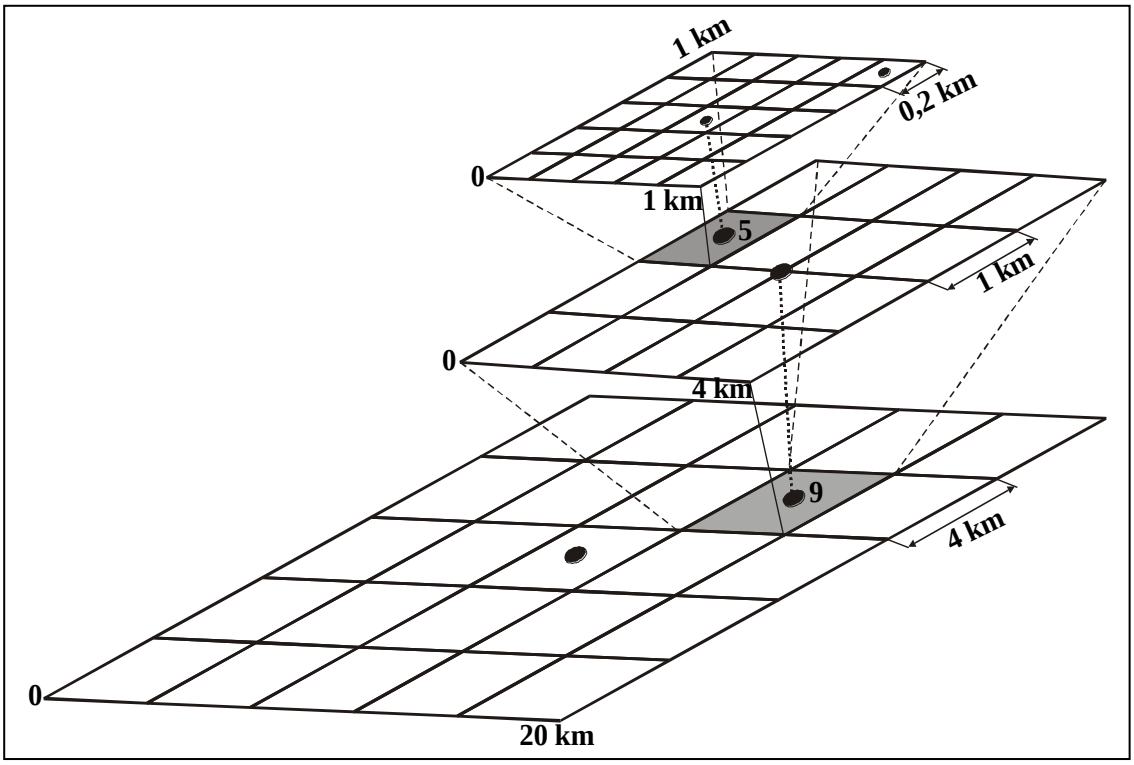
Во првата група се третирани податоците од проби, кои се земени во некарбонатна литолошка средина, т.е. од стенски продукти со магматско, вулканско и метаморфно потекло, каде што силикатната компонента е доминантна.
Во втората група на податоци, добиени од средини, во кои доминантно место има карбонатната компонента, се третираат како проби земени во карбонатна литолошка средина. Во оваа група спаѓаат варовниците, доломитите, разните мермеризирани нивни варијетети и некои блиски на нив стенски маси.

Во третата група на геохемиски податоци се пробите земени во неогена, палеогена или урбана средина. Овие податоци се третираат од аспект на нивната основна неконтаминираност со токсични елементи за човековата средина, а во понатамошниот текст ќе бидат третирани како проби од урбана литолошка средина.

Просторниот распоред на сите напред опишани типови на проби прикажани се на картата (слика 1). Од вкупниот број земени проби, 52% се од некарбонатно потекло, 22% се од карбонатно потекло и 26% се од урбано односно антропогено потекло. Ваквиот преглед на дистрибуцијата на земените проби, овозможува подобра визуализација во типот на аномалиите и евентуалните загадувачи.



Слика 1. Карта на точки на еко-геохемиско опробување



Слика 2. Мрежа на опробување

Бидејќи основниот мотив на истражувањата е еко-геохемија, на Р. Македонија поставена е регионална мрежа на опробување. Мрежата на точки е поврзана за основниот координатен километарски систем на Македонија, а основните димензии одпочнуваат со 20×20 км. Во секој квадрат од 400 км^2 издвоени се квадрати со димензии од 16 км^2, а тие понатаму се делат на квадрати со димензии од 1 км^2 и 0,4 км^2. Сите овие квадрати се нумерирани така да со статистичката метода на случајни броеви, во секој основен квадрат од 400 км^2, се издвојуваат по четири квадранта кои се опробуваат. Секоја опробана точка во основа претставува композит на материјал од 400 м^2 со вкупна тежина, од 4÷6 кг на растресит земјен материјал. Опробувањето е вршено на "С" (подкорен) хоризонт. На овој начин, на територијата на Р.Македонија, опробани се 276 точки (слика 2). За секоја точка земени се одредени катастарски параметри, литолошки состав на поширокатa околина, боја на почвата, пошуменост, pH, близина на урбана средина и други параметри.

Следејќи го современиот живот и присуството на најразлични контаминенти од природно и урбано (антропогено) потекло, покрај еко-геохемиските опробувања, извршени се теристички мерења на радионуклеиди на секоја опробана точка. Радиометриски мерења се вршени со портабилен четвороканален гамаспектрометар од типот "GIS-3". Со овие мерења одредени се еманациите на K^{40}, U и Th како и вкупното зрачење. При интерпретацијата на овие елементи мерењата добиени со "GIS-3" трансформирани се во ppm и %.

Метода на лабораториски анализирања

Во рамките на лабораториските испитувања се применуваат неколку аналитички методи со единствена цел, да се добие што е можно поегзактен податок. Одреден број на проби се анализираат рентгенски. Оваа метода се применува да би се добиле поконкретни сознанија за глиновитиот состав на почвата, т.е. подоцна да може да се согледа за кои глиновити честички се врзува одредена хемиска компонента или елемент.

Одреден број од геохемиските проби се анализирани во "неутрална" лаборатории (САД), па тие податоци претставуваат корелативен фактор во однос на сите анализирани проби.

Сите земени геохемиски проби се анализираат по одредени аналитички квантитативни методи на 40 елементи. Аналитичките методи се ICPAES и ESA.

Аналитиката е направена во лабораторија на универзитетот во Софија - Р.Бугарија. Испитувањата на микросонда направени се на 16 препарати за да се добијат сознанија за типот, т.е. елементарната форма на контаминентите, и е применета скенирачка електронска микросонда (SEM). Мерењата се направени во лабораторијата на Софијскиот универзитет во Р.Бугарија.

КОМЈУТЕРСКО ПРОЦЕСИРАЊЕ НА ПОДАТОЦИТЕ

Процесирањето, т.е. складирањето, анализирањето, статистичката обработка на податоците, конструирањето на картите и интерпретацијата, изработено е на PC-сметачи при што се користени различни компјутерски програми.

Сите податоци добиени со теренските и лабораториските испитувања се складирани во базата на податоци (датотека). За секоја земена проба дадени се следните параметри: број на проба, географски координати, припадност на литолошка средина и концентрацијата на хемискиот елемент изразена во ppm или %.

Процесирани се податоци кои се добиени од литогеохемиските и радиометриските истражувања.

Статистичка обработка вршена е по принцип на барање на средна вредност за секој елемент во секоја литолошка средина, добиена преку моделот на логнормална дистрибуција на хемиските елементи. При одлучувањето, по која статистичка метода да се обработуваат податоците, направена е анализа на неколку методи: аритметичка средина, скратена метода за 2,5 %, скратена метода за по 25 % од пробите со максимална и минимална вредност, па потоа барање на средната вредност од преостанатите проби, по нормален и логнормален модел и други принципи на статистичка обработка. Добиените резултати укажале дека, за овој хетероген простор, најадекватен е логнормален модел на дистрибуција и тоа на вкупниот број на земени проби и тоа за сите литолошки средини заедно. Ваквото обединување е дозволено, бидејќи прагот на аномалноста во сите средини е скоро идентичен, а максималните концентрации на секој елемент поединечно се далеку над споменатиот праг. Средните вредности, добиени за секој елемент, во секоја поединечна средина зголемини за "n" стандардни девијации, претставуваат праг на аномалноста. Пробите со вредност еднаква на прагот на аномалноста и повисока, се групирани во пет категории. За секоја категорија чекорот се зголемува за два пати.

За сите хемиски елементи, поединечно по литолошките средини како и вкупно за сите литолошки средини, пресметани се најбитните статистички параметри за нормален и логнормален модел на распределба: средна вредност, медиана, стандардна девијација, праг на аномалност, коефициент на варијација, а прикажан е и хистограм.

Следниот аналитички процес за издвојување на контаминирани простори од природно (неурбано) и урбано (антропогено) загадување, е компјутерско процесирање, анализа и интерпретацијата на статистички обработените податоци за елементите кои покажуваат тенденција на разнолика дистрибуција на истражуваниот простор. Проучувајќи ги анализираните елементи, нивните концентрации, токсични карактеристики, можноста за издвојување на аномални полиња и некои други карактеристики, условија да од 40 анализирани елементи, интерпретација е направена на 21 елемент и тоа: Pb, Zn, Cu, Mo, Co, Ba, As, Ni, Cr, V, K^{40}, Ca, Na, U, Th, Be, Mn, Sn, Ga, Al и Cd.

По статистичката обработка на податоците конструирани се геохемиски карти, кои во план ја прикажуваат дистрибуцијата на хемиските елементи. Картите се изработени

врз основа на дво-димензионално моделирање со компјутерски софтверски пакет Surfer (Surfarce Maping System). При тоа, компјутерско процесирање на податоците од XYZ мрежа, е вршено со неколку методи, од кои најдобри се методата на триангулација со линеарна интерполација, методата на обратно растојание и методата на криговање. Со анализирање е утврдено дека најмали варијации и најдобри карти генерира метода на криговање (Krigging methods), која користи геостатистички техники за пресметување на автокорелација помеѓу податоците. На тој начин се изработени карти за сите елементи (вкупно 21), каде интерполација и екстраполација на податоците е вршена со методата на криговање со линеарен модел на вариограм без анизотропија.

ПРАКТИЧНИ ПРИМЕРИ

Како примери ќе бидат презентирани податоци од еко-геохемиските истражувања на олово и уран.

Олово

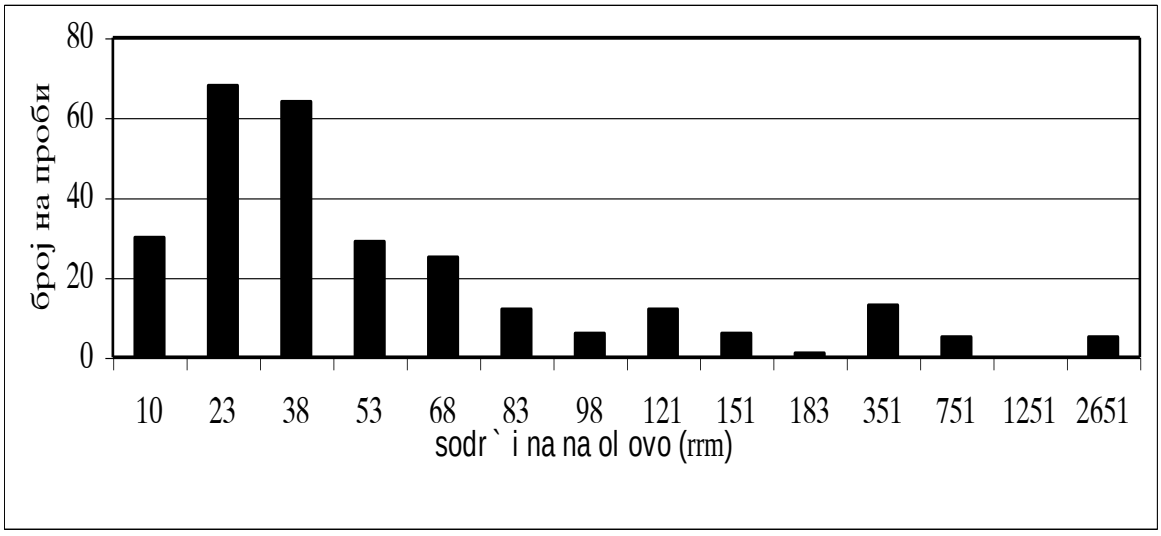
Присуство на оловото констатирано е во сите 276 проби, каде што концентрациите во поединечните проби варираат од 5 ppm до 3800 ppm.

Во табелата 1 прикажани се најзначајните параметри од статистичката обработка. Распоредот на пробите по концентрација и нивна бројна застапеност е дадена на хистограмот. Доколку се анализираат статистичките параметри може да се констатира дека прагот на аномалноста во сите три литолошки средини е приближно идентичен и се движи од 59 ppm во некарбонатните средини до 42 ppm во карбонатните средини.

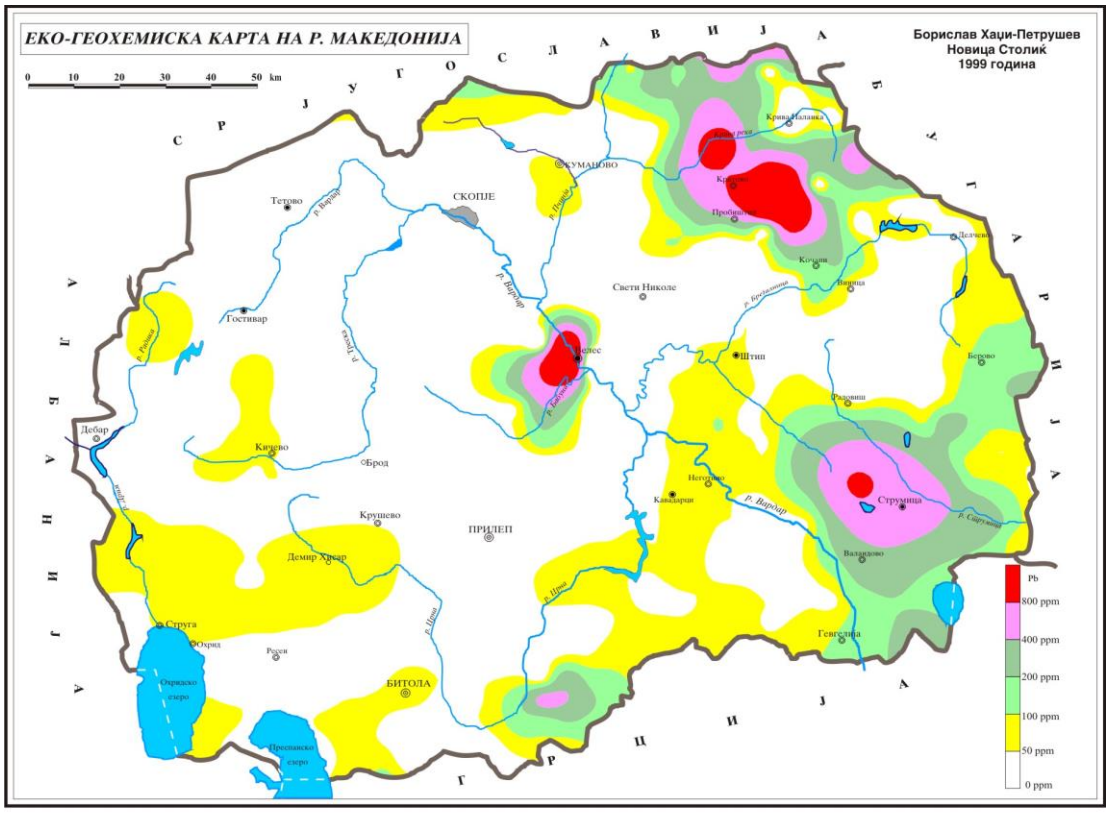
Параметар	Литолошка средина			
	Некарб.	Карбон.	Урбана	**Вкупно**
Број	144	61	71	**276**
Минимум	5	10	5	**5**
Максимум	3.538	3.380	3.800	**3.800**
Лог. сред.	51,7	37,2	37,6	**44,3**
Станд. девиј.	3,3	2,5	2,6	**2,9**
Праг	59	42	43	**50**
Коеф. на вар.	6,4	6,7	6,9	**6,6**

Категорија	Содржина (ppm)
I	50÷100
II	101÷200
III	201÷400
IV	401÷800
V	>800

Табела 1. Статистички параметри и категории за олово



Слика 3. Хистограм на дистрибуција на олово



Слика 4. Еко-геохемиска катра на дистрибуција на олово

Бидејќи максималните концентрации во сите три средини се многу повисоки од прагот на аномалноста, пресметана е средна вредност на целокупниот број на проби учеснички. Пресметувањето во сите можни комбинации е вршено врз база на логнормален модел на дистрибуција на оловото.

На овој начин добиен е прагот на аномалноста на вкупниот број проби, а тој изнесува 50 ppm. Користејќи го овој праг на аномалноста како основа за групирање на аномалните проби, направена е најоптимална категоризација (пет категории) на споменатите проби.

Конечните резултати од теренските истражувања и компјутерското процесирање прикажани се на еко-геохемиската карта, во вид на изолинии на содржина на олово (слика 4).

Уран

Вкупната распространетост на уранот на истражуваниот простор е релативно голема. Имено од 276 земени проби во 184 проби констатирано е негово присуство (табела 2 и слика 5).

Минималните регистрирани вредности на ураниум се движат од 0,2 ppm во некарбонатните и карбонатните средини до 0,8 ppm во урбаните средини. Максималните регистрирани вредности во поедини литолошки средини изнесуваат во некарбонатните и карбонатните 16 ppm, а во урбаните средини тој е зголемен и изнесвуа 32 ppm. Просечниот содржај на ураниум во почвата на Македонија изнесува 1,83 ppm, а во некарбонатните средини тој е 1,81 ppm во карбонатните средини тој е 1,80 ppm, а во урбаните средини тој е 1,88 ppm. Просечниот среден содржај на ураниумот во рамките на светските мерења изнесува во киселите магматски стени од 2÷3 ppm. За останатите литолошки средини не се дадени такви параметри. Пресметаниот праг на аномалноста во некарбонатните средини изнесува 2 ppm. Исто толку изнесува во карбонатните средини, а во урбаните средини тој е нешто зголемен и изнесува 2,1 ppm.

Интересно да се напомене за овој елемент е тоа што неговиот просторен распоред е врзан за одредени литолошки средини и човечки делувања. Аномалните полиња добиени се врз база на направената

категоризација на сите проби со вредност еднаква или поголема од прагот на аномалноста. Бидејќи прагот во сите три литолошки средини скоро е идентичен, пресметан е прагот на аномалноста на вкупниот број на проби, а тој изнесува 2 ppm. На основа распоредот на аномалните проби према своите концентрации направена е категоризација каде што во првата категорија се проби со вредност помеѓу 2 ppm и 2,9 ppm, а во петата категорија се проби со вредност поголема од 7 ppm.

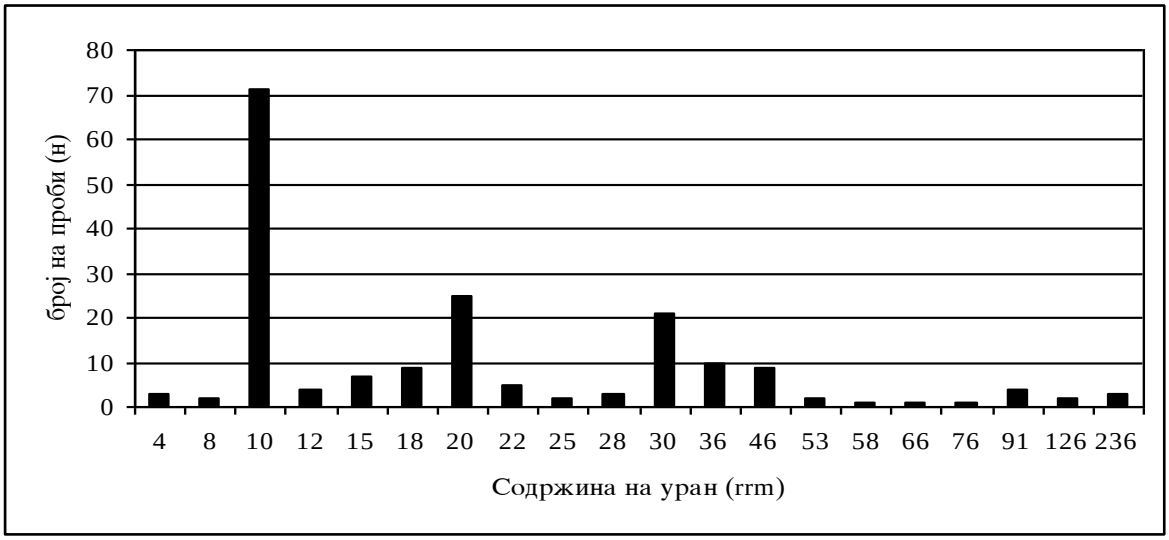
Конечните резултати од теренските истражувања и компјутерското процесирање прикажани се на еко-геохемиската карта, во вид на изолинии на содржина на уран (слика 6).

Аномалните полиња дефинирани се од два аспекта. Аномални полиња кои имаат природен карактер и се наоѓаат во некарбонатни литолошки средини, а нивното присуство познато е одпорано. Тоа се аномалните полиња во околината на Куманово, Струмица, Дојран, пограничниот појас со Грција, Пелагонидите и Делчевскиот регион. Аномалното поле северозападно од Велес лоцирано е во средина која природно може да носи со себе одредени манифестации, но овде има додатно присуство на антропогениот фактор. Аномалните полиња во околината на Тетово, Скопје и Гостивар, према литолошката одредба имаат антропоген карактер, т.е. земени се во урбани средини што претставува посебен предизвик за дефинирање на актерите на контаминацијата. Исто така интересно е аномалното поле на просторот на Овче Поле. Оваа аномалија може делумно да е иницирана од лежиштето на ураниум во Зеленград кај Пробиштип. Сите овие аномални полиња бараат детални проучувања.

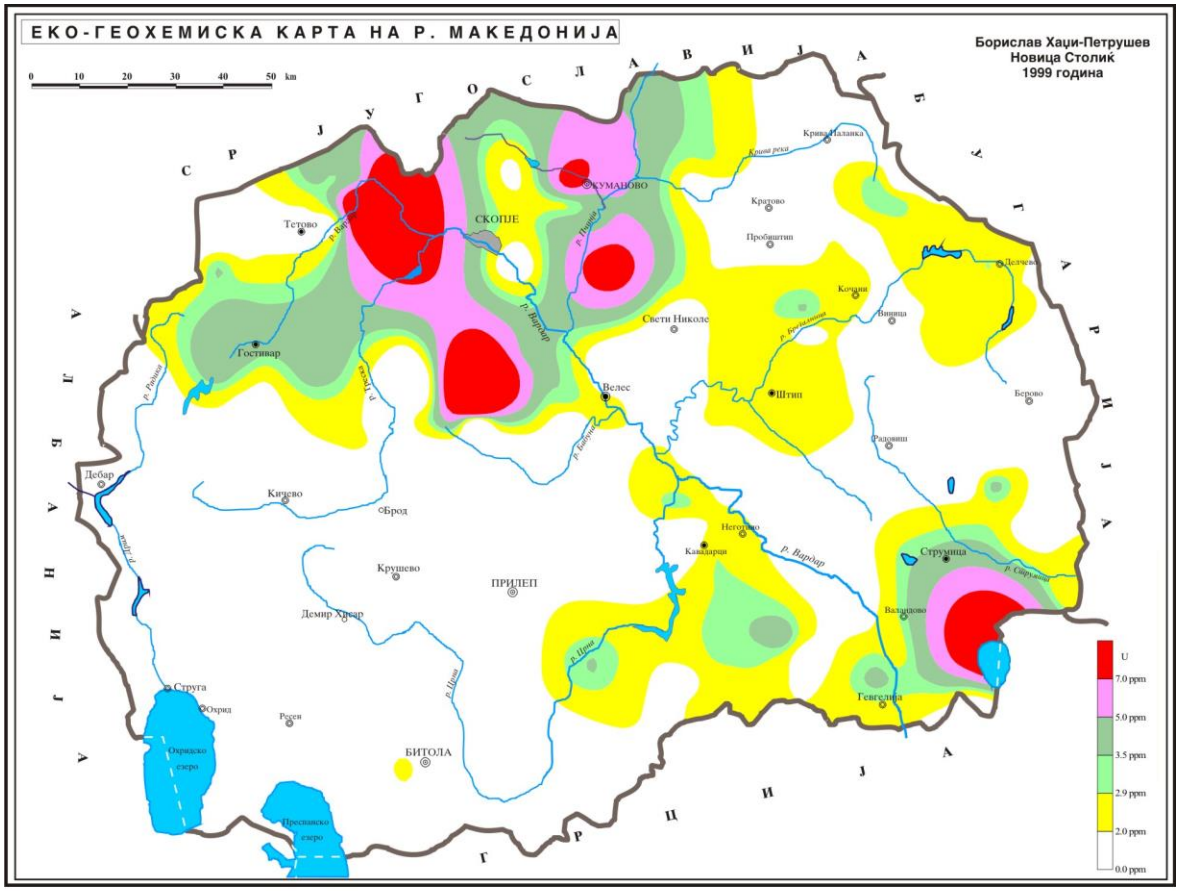
Параметар	Литолошка средина			
	Некарб.	Карбон.	Урбана	**Вкупно**
Број	184	99	40	**45**
Минимум	0,2	0,2	0,2	**0,8**
Максимум	32	16	16	**32**
Лог. сред.	1,83	1,81	1,80	**1,88**
Станд. девиј.	0,20	0,20	0,20	**0,23**
Праг	2,0	2,0	2,0	**2,1**
Коеф. на вар.	1,10	1,10	1,10	**1,21**

Кате-горија	Содржина (ppm)
I	2,0÷2,9
II	3,0÷3,5
III	3,6÷5,0
IV	5,1÷7,0
V	>7,0

Табела 2. Статистички параметри и категории за уран



Слика 5. Хистограм на дистрибуција на уран



Слика 6. Еко-геохемиска катра на дистрибуција на уран

ЛИТЕРАТУРА

ANĐELOV M., 1994: Rezultati radiometricnih in geokemičnih meritev za karto naravne radioaktivnosti Slovenije. Geološki zavod - Ljubljana.

БЕУС А.А., ГРИГОРÂН С.В., 1975: Геохемические методи поисков и разветки месторождении твердвих полеснвих ископаемвих. Москва.

ПЕРИШИЋ М., 1983: Примењена геостатистика. Београд.

ПИРЦ С., ШАЈН Р., 1994: Влога геокемије в уготавлјању кемичне обременитве околија. Геолошки завод - Љубљана.

RANKAMA & SAHAMA, 1950: Geochemistry. Chicago - U.S.A.

ШАЈН Р., 1998: Geochemical properties of urban sediments on the territory of Slovenia. Dissertation thesis. Univerzity of Ljubljana.

ŠAJN R., BIDOVEC M., ANĐELOV M., PIRC S., GOSAR M., 1998: Geokemični atlas Ljubljane in okolice. Geološki zavod - LJubljana.

UNESCO - Publishing a global geochemical database for environmental and resourse menagement.

ХАЏИ-ПЕТРУШЕВ Б., 1995-1998: Извештај за геохемиските истражувања на територијата на Р.Македонија. Геоинститут - Скопје.

ХАЏИ-ПЕТРУШЕВ Б., СТОЛИЌ Н., ЃОРЃЕВИЌ Н., 1999: Елаборат за истражувањата на објектот "Геохемиска карта на Македонија" во периодот 1995-1999 година. Геоинститут - Скопје.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ГЕОХЕМИСКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА НА РУДНИОТ РЕОН "ДЕЛЧЕВО-ПЕХЧЕВО-БЕРОВО"

[1]Борислав Хаџи-Петрушев, [2]Новица Столиќ, [3]Емил Петрушев, [4]Дејан Павлов и [5]Никола Димов

[1]Ул. Осло 22а, Скопје, тел.: +389 70 393 308

[2,3,4,5]ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје, Црвена скопска општина бб, Скопје, тел./факс: +389 2 3221 118

e-mail: geologing@geologing.com.mk, www. geologing.com.mk

Апстракт

Во трудот е презентирана методологијата на геохемиските истражувања на рудниот реон "Делчево-Берово-Пехчево" како и резултатите од долгогодишните истражувања од шлиховската и почвената (секундарна) геохемија за изработка на Основна геолошка карта 1:50 000 (ОГК-2). Резултатите од геохемиската интерпретација се прикажани преку пример на најинтересен хемиски елемент бакар. Геохемиските истражувања го потврдуваат постоењето на крупните дислокации вдолж кои се вршени втиснувања на магматити и вулканити, како и постмагматски односно поствулкански хидротермални процеси кои често вршеле оборување на корисни компоненти или нивна ремобилизација. Отворени се проблемите на ерозионите нивоа на делови каде се насетува присуство на бакарна минерализација. Карактеристични региони се Буковик-Кадиица, Двориште и поширокиот простор на Берово (Владимирово, Русиново).

Клучни зборови: геохемија, истражувања, статистика, реон Делчево-Пехчево-Берово

ВОВЕД

Теренските истражувања и опсервации на реонот "Делчево-Пехчево-Берово" се одвивале во подолг временски период (1991÷2006 година). Во 2007 и 2008 година направено е обединување на сите добиени информации и поедини специјалистички истражувања.

Од аспект на геохемиските истражувања овој регион може да се подели на два дела:

- ❖ систематски регионални и полурегионални истражувања на целиот простор;
- ❖ поединечни полурегионални и детални истражувања на одредени локалитети.

Геохемиските полурегионални истражувања направени се за потребите на ОГК–2 руден реон Делчево-Пехчево-Берово. Во рамките на овој проект геохемиските истражувања спроведени се на шлиховски материјал и почвен материјал (секундарни ореоли на расејување) по поточна мрежа.

Поединечните геохемиски истражувања од аспект на полурегионални и детални истражувања направени се во повеќе наврати на различни терени и локалитети. Секако најзначајни се геохемиските истражувања за олово-цинковите појави на северниот дел од теренот. Потоа примарните и секундарните истражувања за бакар и други минерални суровини кај Двориште, Панчарево-Буковик-Кадиица, присуство на флуор во Беровскиот (Малешевскиот регион) и Делчевскиот регион (Стамер-Звегор-Грат).

Ретките расеани елементи (волфрам, калај, молибден) кај Делчево (Кулата), потоа Берово (Малешевските Планини), во сите овие истражувања значајно место има златото во Пекљанска река, Буковик, Двориште, Лаки и на други места.

Целиот овој ретроспективен преглед укажува на огромната потенцијалност и перспективност на овој терен за откривање на нови рудни наоѓалишта и лежишта на метални минерални суровини.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ГЕОХЕМИСКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА

При изработката на ОГК-2 за рудниот реон Делчево-Пехчево-Берово, изготвена е комплексна методологија за геохемиските истражувања на третираниот

простор. За таа цел на површина од 1.312 km^2 проектирани се 4.100 шлиховски опробувања и 8.200 геохемиски опробувања на почвен материјал од двете страни на потоците по кои се земани шлиховите.

Метода на опробување

Имајќи во предвид дека се работи за полудетални (полурегионални) геохемиски истражувања на простор за кој не постојат поконкретни информации за степенот на минерализираност на целиот терен со корисни метални суровини, направено е проектирање по хидрографската мрежа. За таа цел паралелно со шлиховската проспекција вршено е геохемиско опробување на почвен материјал од двете страни на потокот, на истата локација од која е земен шлих. Ваквото опробување овозможува поконкретно да се дефинираат просторите кои се контаминирани со корисни минерални компоненти, односно со примарна металична минерализираност и оруднетост.

Просечната густина на точки (шлихови) е 3.004 проби/km^2. Ваквиот распоред и густина на опробани места по хидрографската мрежа дозволува да биде развиен план во просек на 250÷300 метри по поточната мрежа. На тој начин во текот на повеќегодишен период (1991÷2006) опробани се 4.085 шлиховски места, а паралелно со тоа се земани сса 8.095 геохемиски почвени проби (Табела 1).

***Табела 1**. Преглед на извршени испитувања по години, обем и елементи*

Број на проби			**Елементи**											**Број на**
година	**секундарен**	**шлих**	**Pb**	**Zn**	**Cu**	**Ag**	**Mo**	**As**	**Sb**	**W**	**Sn**	**Bi**	**Ba**	**елем.**
1991	806	402	·	×	×	×	×	–	–	×	–	–	×	7
1992	487	243	×	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	10
1993	582	300	×	×	×	×	×	×	–	–	–	–	×	7
1995	981	504	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
1996	641	322	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
1997	894	451	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
1998	864	430	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
1999	666	332	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
2000	237	120	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
2001	394	198	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
2002	180	90	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
2003	843	423	×	×	×	×	×	×	×	–	×	×	×	10
2006	520	–	×	×	×	×	×	–	–	–	×	–	×	7
2006	–	260	×	×	×	×	×	–	–	×	×	–	×	8
Вкупно	8095	4075												
Севкупно	12170													

Метода на аналитичко проучување

Материјалите кои се доставени во лабораториите беа подложени на точно одреден процес на сушење, подготвување и анализирање. Сушењето е вршено во сушални на температура од минимум 100ºC. Ваквото сушење е предвидено за да се избегнат можностите за губење на одредени елементи кои имаат релативно ниски точки на испарливост (жива, арсен, флуор и други).

Геохемиските проби од почви (секундарната геохемија) по сушењето во сушница се просејувани со едно сито со големина на отвори од 0,2mm. Надситовиот материјал е пакуван како документационен материјал. Подситовиот материјал (поситен од 0,2mm) е пулверизиран со 86 мешан и подложуван е на спектрохемиско испитување на спектограф со вертикален лак на согорување, при што е вршено снимање на фото плочи, на кои е изразен интензитетот на бараните елементи по неговата бранова должина и концентрација во даденият материјал.

Вака снимените материјали се очитувани на бараните хемиски елементи, и при тоа

се анализирани десет елементи: *олово, цинк, бакар, молибден, сребро, арсен, бизмут, калај, волфрам и бариум.* Изборот на елементи е вршен врз база на нивната застапеност во анализираниот материјал (олово, цинк, бакар) како и присуството на индикаторни и парагенетски елементи (сребро, молибден, арсен, бизмут, калај, волфрам и бариум).

Метода на статистичка обработка

Со оглед на фактот дека се работи за голем број на информации, статистичката обработка е работена компјутерски и формирана е геохемиска база на податоците. Најнапред на сите земени проби одредени се географските координати по Y и X оските, потоа на секоја проба дефиниран е нејзиниот број, со тоа што пред постоечкиот број додаден е двоцифрен број на годината во која пробата е земена (пример ако пробата е земена 1995 и има свој број 555 нејзиниот нов број е 95-555). Во рамките на истата датотека за секоја проба воведен е поимот литолошка средина со своја шифрираност. Направено е издвојување на најзастапените елементи и извршено е геохемиско проучување на литолошките средини кои се учесници во геолошката градба на истражуваниот терен во мерка 1:10 000. По целосното проучување направено е групирање во групи со сродни геохемиски карактеристики. На овој начин добиени се шест литолошки средини (Табела 2).

Табела 2. *Групирање на проби по литолошкиот состав*

Ознака	Литолошки состав
лит-01	шлих
лит-02	вулканити
лит-03	гранити
лит-04	метаморфити
лит-05	базити (габрови и дијабази)
лит-06	варовници и седименти

- Во групата 01 земени се сите шлиховски резултати. Ваквиот принцип се заснова на фактот што шлихот е репрезент на различно литолошки дрениран материјал узводно од опробувањето.

- Во групата 02 се земени резултатите од геохемиските почвени проби лоцирани во вулканогени средини. Оваа група на литолошки средини имаат слични геохемиски карактеристики од вулканити со кисел до интермедијарен состав.

- Во групата 03 се се земени резултатите од геохемиските почвени проби лоцирани во киселите магнатити. Во оваа група земени се сите варијетети на гранити, гранитоиди и аплити, констатирани во геолошката карта 1 : 10 000 на третираниот простор.

- Во групата 04 групирани се резултатите од геохемиските почвени проби лоцирани во најразличните метаморфни карпести средини (гнајсеви, шкрилци, амфибиолити).

- Во групата 05 групирани се резултатите од геохемиските почвени проби лоцирани во базичните литолошки средини констатирани на теренот. Во оваа група на карпести маси со слични геохемиски особини се ставени: габровите, метагабродијабазите и дијабазите.

- Во групата 06 се групирани проби кои се лоцирани во карбонатните средини и проби земени во еоценските, миоценските и плиоценските седименти. Тие се земени во приконтактните делови со вулканитите, гранитите, метаморфитите и базитите, со карбонатните и седиментните средини. Во групата на карбонатни средини се сметаат варовниците и мермерите регистрирани на истражуваниот терен.

Ваквото литогеохемиско групирање на резултатите од геохемиските истражувања има за цел да укаже на зголеменото присуство на некој елемент во однос на неговата просечна содржина во одредена литогеохемиска средина.

Во понатамошната статистичка обработка на податоците, направено е пребројување на резултатите еднакви на нула и поголеми од нула за секој елемент (Табела 3 и 4) за секоја литолошка средина. Со ваквото пребројување создаден е предуслов за изборот на елементи кои ќе бидат компјутерски статистички третирани во понатамошниот тек. За оправданоста на вака детално разработување на добиените резултати од истражувачкиот период говори податокот што се процесирани 134.805 податоци за сите единаесет анализирани елементи.

Табела 3. *Вкупен број на проби по елементи и литологија со концентрација помала од 0*

Литологија	Pb	Zn	Cu	Ag	Mo	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Вкупно
01	582	2141	41	3655	3075	3929	4081	4054	2827	4079	2282	**30746**
02	100	407	14	583	525	657	684	684	560	684	207	**5105**
03	398	1502	18	2545	2153	2455	2791	2793	2130	2787	962	**20534**
04	533	1734	31	3066	2538	3174	3279	3277	2306	3263	2042	**25243**
05	209	438	6	728	669	720	775	775	521	775	303	**5919**
06	45	355	2	538	450	513	638	636	494	638	93	**4402**
Вкупно	**1867**	**6577**	**112**	**11115**	**9410**	**11448**	**12248**	**12219**	**8838**	**12226**	**5889**	**91949**

Табела 4. *Вкупен број на проби по елементи и литологија со концентрација поголема од 0*

Литологија	Pb	Zn	Cu	Ag	Mo	As	Sb	W	Sn	Bi	Ba	Вкупно
01	3503	1944	4044	430	1010	156	4	31	1258	6	1803	**14189**
02	584	277	670	101	159	27	0	0	124	0	477	**2419**
03	2396	1292	2776	249	641	339	3	1	664	7	1832	**10200**
04	2746	1545	3248	213	741	105	0	2	973	16	1237	**10826**
05	566	337	769	47	106	55	0	0	254	0	472	**2606**
06	593	283	636	100	188	125	0	2	144	0	545	**2616**
Вкупно	**10388**	**5678**	**12143**	**1140**	**2845**	**807**	**7**	**36**	**3417**	**29**	**6366**	**42856**
											Вкупно табела 1+2:	**134805**

Направеното тријажирање на анализираните елементи по концентрација, литологија и фреквенција ги истакна осумте елементи кои можат да бидат зафатени со детална статистичка обработка. Тоа се олово, цинк, бакар, сребро, молибден, арсен, калај и бариум, додека волфрамот, бизмутот и антимонот се користени како индикаторни елементи во дефинирањето на парагенетските односи и металогенетските процеси.

Со статистичката обработка се добиени параметри за:

– минималната и максималната концентрација во секоја литолошка средина;
– средната содржина во секоја литолошка средина;
– стандардна девијација;
– праг на аномалноста и
– коефициент на варијација.

Овие параметри, како и хистограмите за секој елемент во секоја анализирана литолошка средина, ги даваат основните параметри за категоризацијата на аномалните проби по концентрација и фреквентност на секој елемент.

Со огелед на фактот што за секој елемент постојат по шест прага на аномалност во зависност од литолошката средина, најчесто е направена категоризација на аномалните проби по четири категории.

Овие категории претставуваат главен параметар при графичката интерпретација на аномалните проби и исцртувањето на аномалните полиња.

При исцртувањето на аномалните полиња, со софтверот SURFER зададен е услов да се спојуваат истите категории од секоја литолошка средина. Пример: изолинијата од прва кетегорија од шлиховите се спојува со првата категорија од сите преостанати литолошки средини за даденот елемент. Оваа постапка е направедена на сите четири категории за секој елемет поединечно. Ваквото усогласување е направено врз база на геохемиските особености на секоја литолошка средина. Ако прагот на аномалност за цинк во киселите литолошки средини е 104 ppm, а во базичните средини тој изнесува 88 ppm, неминовно се наметнува заклучокот дека двете аномални вредности претставуваат значајно зголемување во однос на неговиот кларков содржај во секоја од споменатите средини.

Ваквата постапка при проучувањето на графичките интерпретации и лоцираноста на аномалните полиња и зони, недвосмислено ја оправдува сложената постапка за издвојување на перспективни простори за подетални минералогенетски

истражувања и откривање на нови наоѓалишта на метални минерални суровини.
Прилог кон оваа постапка е изработката на синтезната геохемиска карта на сите осум третирани елементи. Таа ги дава геохемиските и металогенетските групирања на третираните елементи и ги лоцира перспективните простори за понатамошни проучувања и откривање на скриени рудни минерализации на истражуваниот простор.
Добиените информации од статистичката обработка на проучуваните елементи овозможуваат да се направи графичка интерпретација на секој елемент, да се согледаат неговите литогеохемиски особености во однос на околната средина, неговата просторна распространетост и концентрација на поедини локалитети.

ГЕОХЕМИСКА ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА БАКАР

Бакарот е еден од основните елементи кој е истражуван во рамките на проектот руден реон Делчево-Пехчево-Берово. Неговото присуство регистрирано е во најголем број од анализираните проби. Од вкупно испитувани 12.255 проби неговото присуство регистрирано е во 12.143 проби (табела 3 и 4).
Концентрацијата на бакар во анализираните проби се движи од 2 ppm до 2.000 ppm во зависност од литолошката средина (Табела 5) и хистограм (сл. 1, 2 и 3).

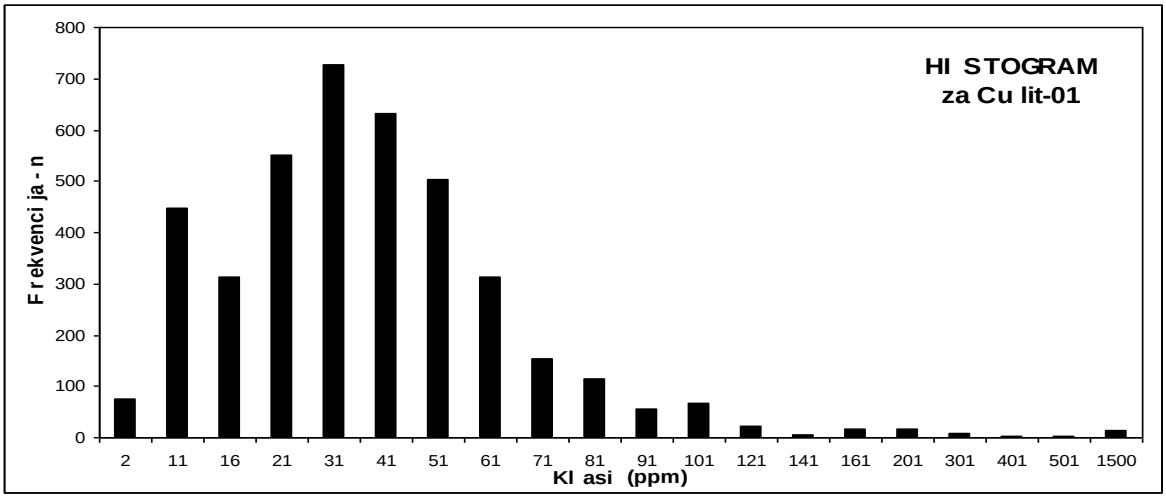
Табела 5. *Статистичка пресметка на бакар*

БАКАР	**Литологија**					
Параметар	**лит-01**	**лит -02**	**лит -03**	**лит -04**	**лит -05**	**лит -06**
Број на проби	4044	670	2776	3248	769	636
Минимум	2	2	2	2	2	2
Максимум	1500	1500	2000	1500	1500	200
Хср	25,65	28,40	25,71	34,29	27,62	33,93
Стандардна девијација	2,47	2,37	2,48	2,72	2,20	1,92
Аномалиски праг	30,59	33,14	30,67	39,72	32,01	37,76
Коеф. на варијација	9,63	8,35	9,66	7,93	7,95	5,65

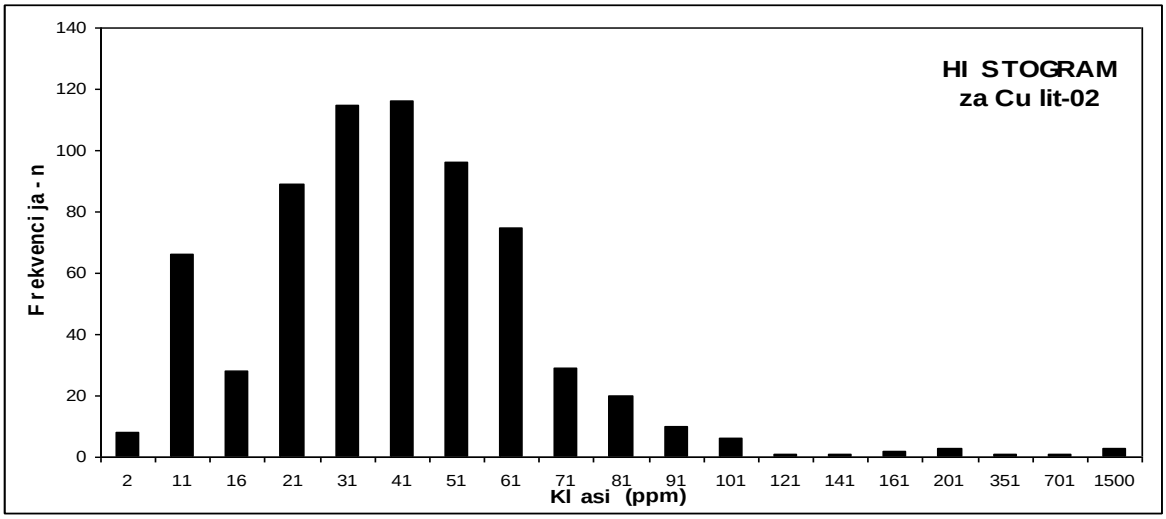
Табела 6. *Категоризација на аномалните проби на бакар во ppm*

БАКАР	**лит -01**	**лит -02**	**лит -03**	**лит -04**	**лит -05**	**лит -06**
Катег.	**од÷до бр. пр.**	**од÷до бр. пр.**	**од÷до бр. пр.**	**од÷до бр. пр.**	**од÷до бр. пр.**	**од÷до бр. пр.**
под праг	2÷30 2116	2÷32 306	2÷30 1455	2÷39 1594	2÷31 376	2÷37 211
I	31÷93 1773	33÷66 287	31÷84 1188	40÷120 1421	32÷66 322	38÷57 256
II	94÷186 112	67÷132 66	85÷210 104	121÷300 117	67÷132 59	58÷127 164
III	187÷372 24	133÷264 6	211÷515 17	301÷750 22	133÷264 10	128÷200 5
IV	373÷1500 19	265÷1500 5	516÷2000 12	751÷1500 94	265÷1500 2	0÷0 0
Вкупно I-IV:	**1928**	**364**	**1321**	**1654**	**393**	**425**
Севкупно:	**4044**	**670**	**2776**	**3248**	**769**	**636**

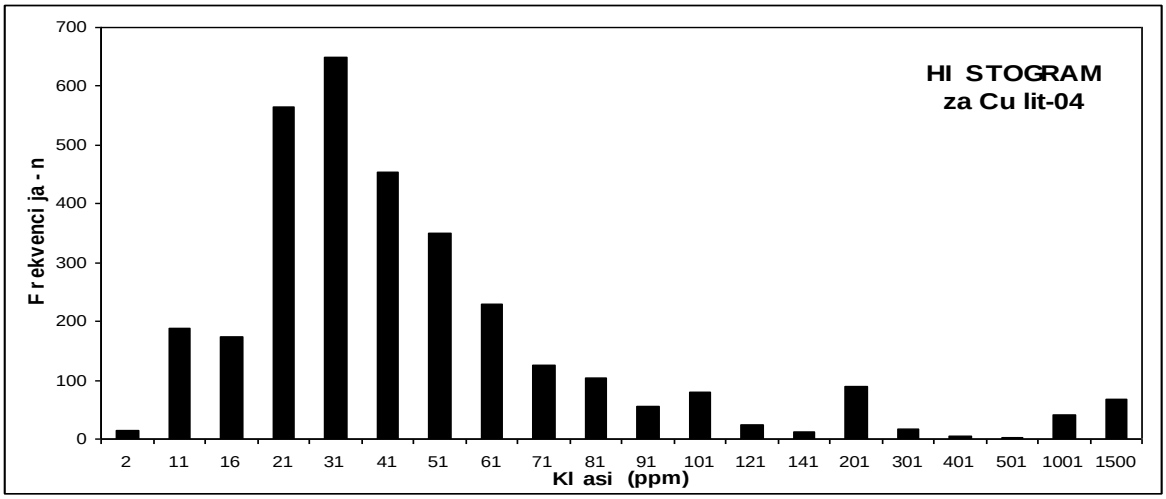
Од прикажаните резултати на табелата и хистограмите се гледа бакарната интензивна минерализација по целиот терен, е со различна концентрација. Од хистограмите може да се согледа дека носителите на минерализацијата најчесто се вулканитите и гранитоидите, а поволна средина за негово депонирање се метаморфитите (поволни екрани).
Статистичките параметри на средната вредност (просечна содржина), стандардната девијација и прагот на аномалноста, прикажани на Табела 5 укажуваат на фактот дека бакарот е присутен со значително зголемување од неговата кларкова содржина за слични литолошки средини.



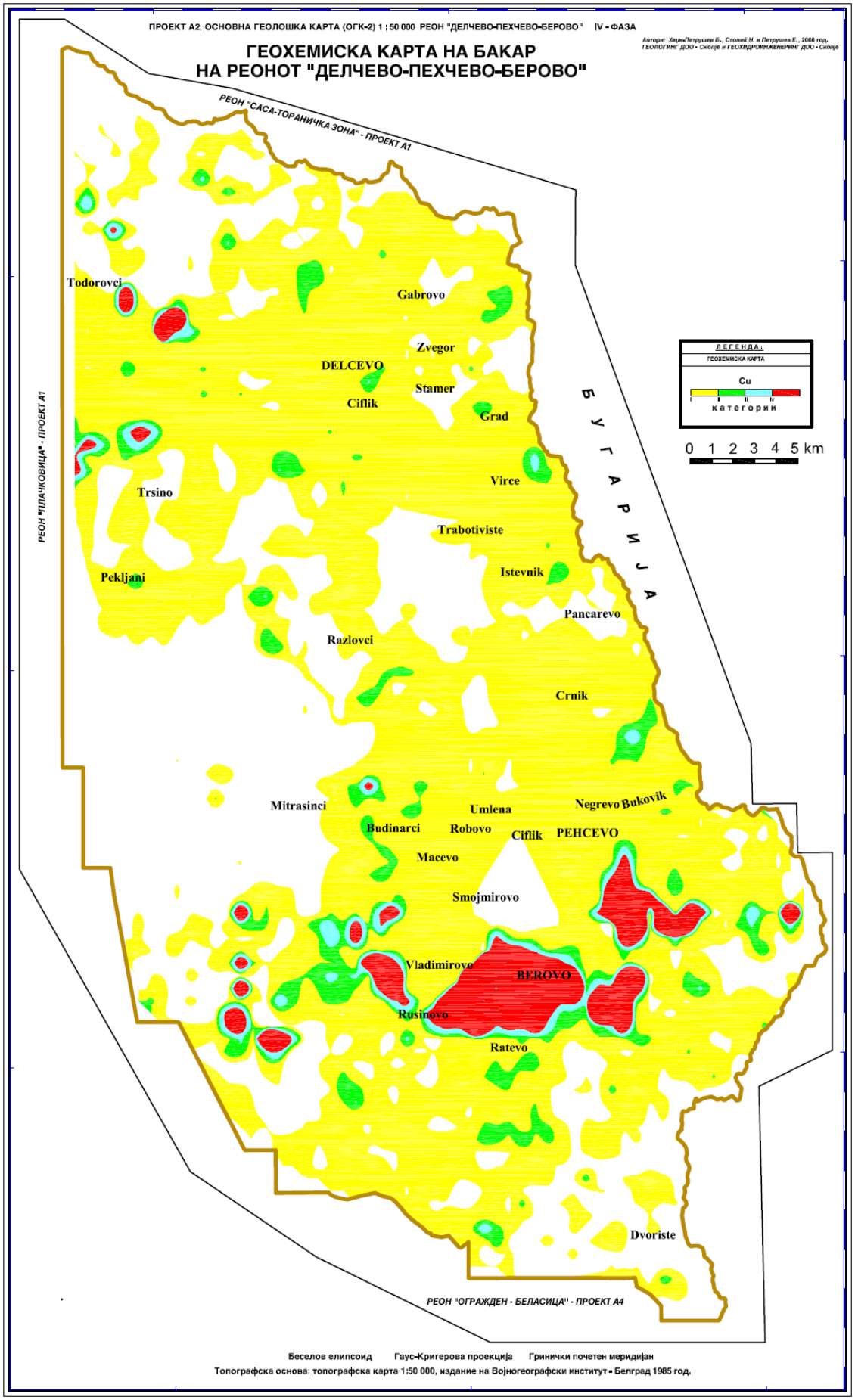
Слика 1. *Хистограм за бакар по литолошка средина шлих 01*



Слика 2. *Хистограм за бакар по литолошка средина вулканити 02*



Слика 3. *Хистограм за бакар по литолошка средина метаморфити 04*



Слика 4. *Геохемиска карта на бакар*

Големиот распон на минимална и максимална концентрација на бакар прикажана на хистограмите (сл. 1, 2 и 3) ја наметнува потребата од категоризација на аномалните проби. За таа цел направена е категоризација на аномалните проби за секоја литолошка средина. Најповолен распоред на аномалните проби е со групирање во четири категории. При ова групирање водено е сметка да во четврта категорија влезат проби со најмалку 250 ppm што според денешните трендови на бакарот на светските пазари претставува значајна аномалија за отпочнување на подетални истражувања. Од вкупниот број на аномални проби околу 250 проби се со поголема концентрација од 250 ppm, што претставува значајна потврда за претходно кажаното.

За да се добие јасна претстава на просторниот распоред на аномалните полиња и зони изработена е графичка презантација на бакарот на топографска основа (сл. 4). Толкувањето на распореденоста на аномалните полиња и зони е во корелација со геолошката градба на истражуваниот терен.

Од направената интерпретација јасно се издвојуваат перспективните од помалку перспективните и неперспективните простори за понатамошно геохемиско проучување. Од слика 4 се гледа дека целиот истражуван терен во рамките на овој простор, во помала или поголема мера, е минерализиран со бакарна минерализација. Носителите и поволните литолошки средини исто така можат да се издвојат.

Најголема аномална зона, составена од поголем број на аномални полиња лоцирана е на јужниот дел од теренот. Таа е широка сса 8 km, а долга сса 25 km, има правец на протегање исток-запад. Просторно, таа е сместена во два структурно литолошки елементи.

Западниот дел од оваа зона сместен е во јужните делови на Плачковица, а маркирана е со локалитетите: Лашков Чукар, Васков Чукар, Бранков Чукар, Зариски рид, Средни рид, Манговец и западно од Владимирово. Овие аномални полиња лоцирани се во гранитоидниот комплекс на Плачковица кој директно контактира со гнајсно-шкрилестиот комплекс од овој терен. Аномалните полиња се создале во лабилните зони создадени од раседите, со правец на протегање северозапад-југоисток и североисток-југозапад.

Централниот и источниот дел од оваа геохемиска зона лоциран е на просторот на Малешевските Планини. Овој дел од аномалната зона, исто така, составен е од поголем број на аномални полиња. Секако најкарактеристични се полињата кај Владимирово, Русиново, Ратево, јужно, југоисточно и источно од Берово (Јеловарник, Грков Чукар, Пецов Чукар, Градиште, Чардаџиска Чука) до Небојша на самата Македонско-Бугарска граница. Сите набројани аномални полиња, локално гледано, имаат правец на протегање севрозапад, југоисток, и ги маркираат пресечените точки помеѓу структурно тектонските правци северозапад-југоисток и североисток-југозапад.

Втората аномална зона лоцирана е на северозападниот дел од теренот и има послаб интензитет од претходната. Лоцирана е во контактните делови на Делчевскиот гранитоид со мета кварц кератофилите и мета риолитите, регистрирани на овој терен. Најкарактеристични аномални полиња констатирани се на локалитетите: Каланкова Чука, Бумбарци, Витанџик и Калинова Чука. Овие аномални полиња, локално, имаат правец на протегање северозапад - југоисток, а предиспонирани се во лабилните зони на пресеците, на раседите со правец на протегање северозапад-југоисток и североисток-југозапад.

Третата група на аномални полиња се наоѓа на источниот дел од теренот. Тие просторно и литолошки лоцирани се во два комплекса. Аномалните полиња кај Пехчево (Црник, Остри рид, и Буковик) се лоцирани во метаморфниот амфиболско, епидотски комплекс, пробиен со дацитоандезитски вулканити. Додека пак аномалните полиња источно од Делчево лоцирани се во околината на Вирче, Град, Звегор. Од литолошки аспект тие се сместени во периферните делови на делчевските гранитоиди кој се пробиени со млади дацито-андезити.

Најмали аномални полиња се констатирани на крајниот југ од

истражуваниот простор. Тие се лоцирани во околината на двориште и претставуваат директна последица од младиот дацитски вулканизам, втиснат во гнајсниот комплекс од Малешевските Планини и крајните-северни делови на Огражденскиот гранитоид.

ЗАКЛУЧОК

Со синтетизирањето на долгогодишните комплексни истражувања, каде геохемиските проучувања имаа посебно место и третман, добиени се податоци за сложеноста на целиот руден реон. Но, истовремено постигнати се сознанија за перспективноста на поедини делови од овој терен. Со геохемиските истражувања направена е реонизација на теренот во однос на корисните минерални металични суровини, во однос на литолошките, структуролошките и температурни фактори.

Претходно споменатите фактори не можат да се набљудуваат како поединечни случаи, туку мора да се пријде комплексно, при што ќе се користат севкупните сознанија за еден локалитет.

Геохемиските истражувања го потврдуваат постоењето на крупните дислокации вдолж кои се вршени втиснувања на магматити и вулканити, како и постмагматски односно поствулкански хидротермални процеси кои често вршеле оборување на корисни компоненти или нивна ремобилизација. Во оваа смисла е постоењето на мега структурата со правец на протегање севрозапад-југоиток, но во исто време потенцирани се активностите во правец североисток-југозапад, а особено исток-запад.

Добиените сознанија го продлабочуваат проблемот на недоволната истраженост на гранитоидите на Делчево, Плачковица и Огражден во поглед на ретките и расеани елементи, а истовремено и полиметаличните минерализации и нивната генетска поврзаност со овој тип на орудување.

Отворени се проблемите на ерозионите нивоа на делови каде се насетува присуство на бакарна минерализација. Карактеристични региони се Буковик-Кадиица, Двориште, поширокиот простор на Берово (Владимирово, Русиново).

ЛИТЕРАТУРА

Арсовски М., 1997: Тектоника на Македонија.

Беус А. А., Григорян С. В., 1975: Геохимические методьи поисков и разведки месторожденийи твердьих полезньих ископаемьих.

Войткевич Г. В. 1977: Краткий справочник по геохимии.

Јанковиќ С. 1987: Лежишта минералних сировина - генеза рудних лежишта.

Kalervo Rankama, 1949: Th. G. Sahama. Geochemistry.

Петковски П. и Карајовановиќ М., 1990: Макропроектот "Српско-Македонска маса" на територија на Р. Македонија (синтезна геолошка карта во М=1:50.000). Стручен фонд на Геоинститут-Скопје.

Peters W. C., 2005: Exploration and mining geology.

Серафимовски Т., 1993: Структурно металогенетски карактеристики на зоната Леце-Халкидики: типови на наоѓалишта и реонизација.

Серафимовски Т., 1995: Наоѓалишта и појави на олово и цинк во Р. Македонија.

Соловова А. П., 1990: Справочник по геохимическим поискам полезньих ископаемьих.

Хаџи-Петрушев Б., Столиќ Н., Петрушев Е., (2008): Толкувач за Синтезна геохемиска карта 1:50.000, реон "Делчево-Пехчево-Берово", Геологинг Скопје.

Чифлиганец В., 1993: Рудишта и појави на бакар во Р. македонија: типови и реонизација.

MEASUREMENTS OF RADON IN SOIL WITH ALPHA SCINTILLATION CELLS IN SLOVENIA

[1]Petra Žvab, [2]Janja Vaupotič, [2]Asta Gregorič

[1]University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Aškerčeva 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenia; petra.zvab@guest.arnes.si
[2]Jožef Stefan Institute, Radon Center, Department of Environmental Sciences, Jamova cesta 39, SI-1000 Ljubljana, Slovenia

Abstract
Radon in soil was measured with alpha scintillation cells at various lithological units over the entire Slovenia. Elevated radon concentration in soil gas was observed on carbonates (karstic area) in south and southwest of Slovenia. Fault zones have been found as an important parameter affecting radon levels, especially fissured zones, in which opened fissures facilitate radon migration towards the surface. On the other hand, lower radon levels may appear as a result of moisture in soil, dilution of soil gas with atmospheric air, and reduced radon migration from soil into boreholes because of wet hard paper tube protecting the borehole.

INTRODUCTION

Radon is a mobile, chemically inert radioactive noble gas appearing in radioactive decay of radium in natural radioactive decay chains of uranium and thorium in the Earth's crust. Of all radon isotopes, the most often studied, both as a harmful agent or a tracer in various scientific disciplines, is ^{222}Rn, also dealt with in our investigation. Its priority is a relatively long half-life $t_{1/2}$ = 3.824 days, as compared to those of other isotopes, e. g., ^{220}Rn ($t_{1/2}$ = 55 s) or ^{219}Rn ($t_{1/2}$ = 3.92 s). ^{222}Rn is formed from ^{226}Ra in the ^{238}U decay chain and further decays into radioactive short-lived metal products ^{218}Po, ^{214}Pb, ^{214}Bi and ^{214}Po (Nero, 1988). Radon and its short-lived products in air are mostly studied because of their detrimental effects on human health. They contribute in average more than half to annual effective dose received by an individual human from all natural radioactive sources (UNSCEAR, 2000).

The main radon sources are rocks and soil above them that always contain certain, though small, amount of uranium, and thus radium (Jönnson et al., 1999). Activity of radon and its mobility in soil depend on the radium content and a number of geological, geophysical, geochemical and hydrometeorological parameters. Depending on the type and grain size of minerals (Andjelov & Brajnik, 1996, Jönnson et al., 1999, Sroor et al., 2001, Baykara et al., 2005, Bossew, 2003), and on temperature of soil (Iskandar et al., 2004) and its moisture content (Schumman et al., 1992, Bossew, 2003), different fractions of the initial radon atoms leave mineral grains and enter a void space among them (emanation coefficient), from where they migrate toward the surface. Migration mechanisms are diffusion, dominating in less permeable soil, and advection, in more permeable soil. Because of its decay, radon can travel to long distances only by advection, being carried by carrier gases (carbon dioxide, methane, nitrogen) or water, thermal and mineral (Etiope & Martelli, 2002). Migration depends on geological, geophysical and hydrometeorological parameters (Etiope & Martelli, 2002, Fujiyoshi et al., 2006).

Previous investigations of radon in soil gas in Slovenia were directed towards the relationship between radon activity on one side and seismic activity (Zmazek et al., 2002, 2004, 2005) and activity of tectonic structure on the other (Hočevar, 2005). Also indoor radon levels, observed in kindergartens and schools, were discussed in relation to geological parameters (lithology, structure) (Popit & Vaupotič, 2002). In summer 2006, first systematic measurements of radon in soil were started within the project "Radon potential in Slovenia" financed by the Slovenian Nuclear Safety Administration, aimed at making a map of radon potential which may be expressed as radon activity concentration in soil gas. Measurements were carried out at 69 locations, covering various geological and geographical regions over the entire Slovenia (Vaupotič et al., 2007a). In continuation in summer 2007, the study was focused on 72 locations in karstic grounds of southern and south-western Slovenia where elevated radon concentration in soil were observed in 2006

(Vaupotič et al., 2007b) and where the detailed measurements were carried out.

In this paper, results of systematic measurements of radon in soil gas, carried out with alpha scintillation cells in 2006 and 2007, are compiled and advantages and disadvantages of the methodology used discussed.

MATERIALS AND METHODS

Although in these investigations different passive and active methods have been used (Etch track detectors, alpha scintillation cells, Barasol, RadonScout, RTM, AlphaGuard), in this paper only results obtained with alpha scintillation cells are presented. This method gives instantaneous activity concentration of radon (hereafter shortly concentration in Bq m^{-3}). The cells were manufactured, tested and calibrated by the Radon Center of the Department of Environment Sciences at the Jožef Stefan Institute (Vaupotič et al., 1992). For activity measurements, a PRM 145 alpha-counting device (AMES, Slovenia) was used. The cell cylinder of 0.7 dm^3 volume is made of cooper sheet, while the bottom window of plexiglas to serve as optical contact to an end-window photomultiplier tube in the PRM device. The inside cell walls, except the plexiglass window, are coated with silver-activated zinc sulphide ZnS(Ag). In order to comply with the QA/QC requirements, all measuring devices have been calibrated regularly.

Measurements were carried out in boreholes, about 80 cm deep and 7 cm in diameter, drilled with manual drilling tools. At sites, where the soil layer above the lithological base was thin, shallower boreholes could be made. At each location, at least one sample of soil gas was collected into a scintillation cell, but often measurements at the same place were repeated. In order to assure similar sampling conditions at all locations, measurements in both summers were carried out in periods of stabile weather conditions within the shortest possible time. Thus, to minimize travelling time, exposing etched track detectors at a location was combined with sampling air into scintillation cells. Because of only one Sarad soil-gas sampling probe was available for soil gas transfer into scintillation cells, about one third of the samples was collected with scintillation cells prior to exposing etched track detectors and the rest after collecting detectors. In cases of prior exposing, the the Sarad probe was inserted into the freshly drilled hole and the rubber tire inflated in order to isolate the lower part of the hole from the outdoor atmosphere (**Fig. 1**). After 15-minute waiting, soil gas was flushed through a 1–2 scintillation cell. Then, the probe was removed and a tube, made of 1 mm thick hard paper, was inserted into the borehole in order to prevent it from being collapsed and destroyed. Consequently, a posterior soil gas sampling, after collecting detectors, was carried out in boreholes with paper tubes inserted.

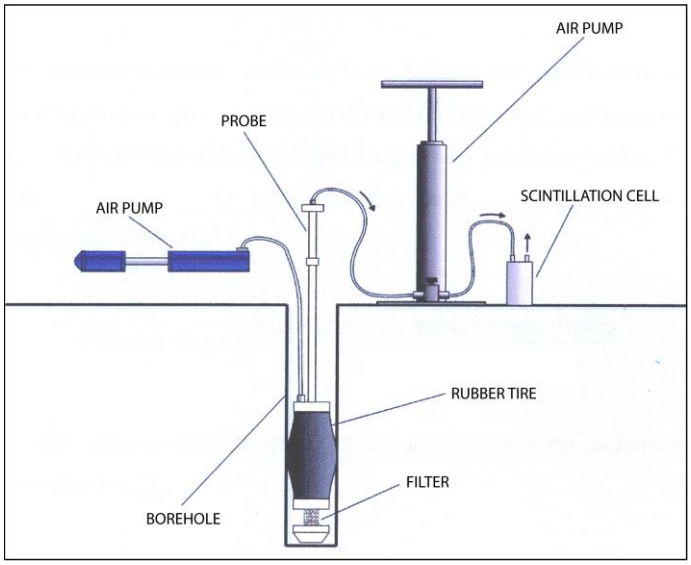


Figure 1: Principle of measuring radon concentration in soil with scintillation cells (Hočevar, 2005).

Measurements from June 26 to July 6 in 2006 were carried out at 69 locations, distributed equally over the entire Slovenia (**Fig. 2**). From July 11 to August 14 in 2007, a second systematic radon survey in soil was carried out, in which 24 sites were the same as in 2006 and the measurement was repeated, and 49 sites were chosen anew (**Fig. 2**). Among sites in 2007, 43 were in the karstic area of south and southwest of Slovenia, where most elevated radon concentrations were observed in 2006, and the remaining 29, in different geological terrains.

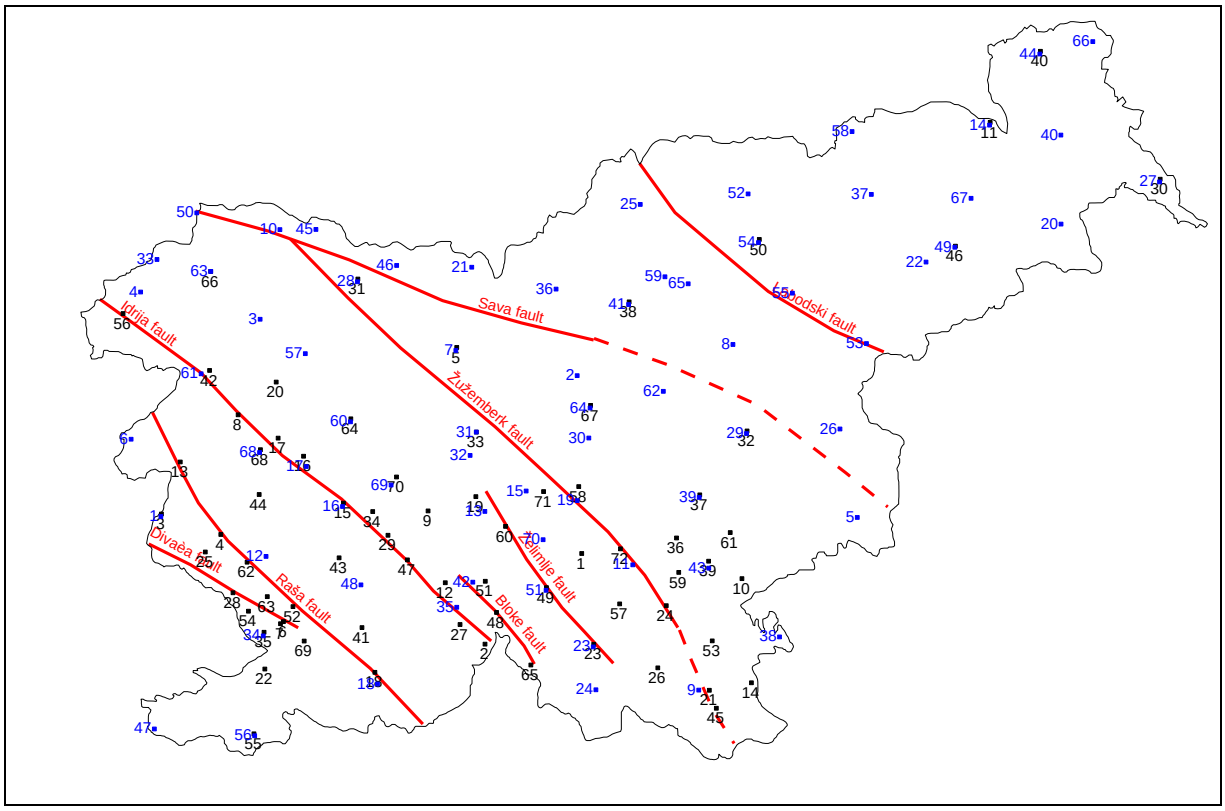


Figure 2: Map of 141 selested locations in Slovenia and the main faults includen in survey in 2006 and 2007.

RESULTS AND DISCUSSION

Results obtained with alpha scintillation cells are plotted in **Fig. 3**. Both curves, either from 2006 and 2007, fit well a lognormal distribution. Although all measurements were carried out under stable and dry weather conditions, radon concentrations in 2006 were lower than in 2007. There are three main reasons for this difference. The first one: lower values in 2006 were because of wet soil. Late spring of this year was characterized by abundant rain-fall which highly influenced the amount of moisture in soil. Concentration of radon in sodden soil can be lower than expected by a factor from 3 to 10 (Rose et al., 1990). Emanation and transport of radon is much higher in low or medium wet soil than in a water-saturated one. The second reason is dilution of soil gas by atmospheric air, to be taken into account for shallow boreholes (when it was not possible to drill 80 cm deep) or when the hole walls were not well formed and the rubber tire of the Sarad probe was not fixed tightly enough (**Fig. 1**) and the bottom part of the hole was only weakly isolated from the atmosphere. The third reason for lower radon concentrations was slower accumulation of radon because of the paper tube inserted which reduces radon migration from the soil into the borehole, especially when it was wet.

Although the levels of radon potential in soil, expressed by radon concentration in soil gas, are lower in 2006 measurements, the spatial distribution of concentrations with respect to geology follows a similar pattern as for 2007. Therefore the results in this paper are presented together.

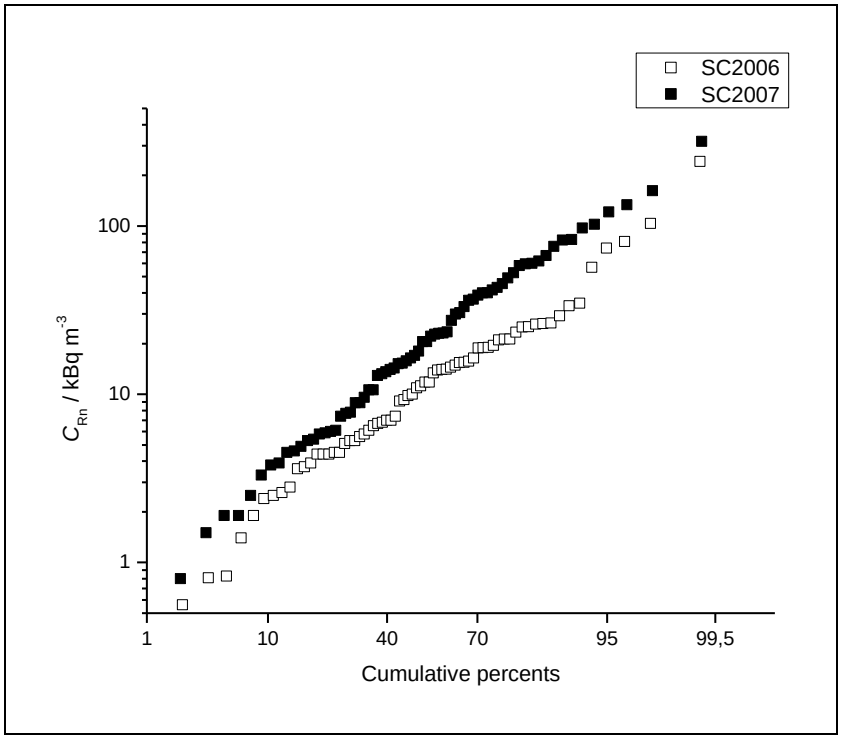


Figure 3: Log-normal distribution of measured instantaneous radon concentration with alpha scintillation cells in the soil in 2006 and 2007.

According to the simplified petrographic map of Slovenia (GZS, 1995), 141 site of the entire study (2006 and 2007) were classified in 6 litological units and were statistically processed (**Tab. 1**). Of them, most sites (65) were positioned on the carbonates, mostly limestone where the highest radon levels were expected. Other sites were on the clastites (19), tertiary sediments (18), pebble sediments (23), clay-pebble sediments (13) and marine and lake sediments (3). The highest radon concentration in soil gas of 318 kBq m^{-3} was found on carbonates and the lowest one of 0.7 kBq m^{-3} on pebble sediments. The arithmetic mean on carbonates of 40 kBq m^{-3} was higher than the arithmetic mean of 27 kBq m^{-3} for the entire Slovenia. Also the geometric mean value of 17 kBq m^{-3} was the highest on carbonates. On other lithological units, arithmetic and geometric means were below the Slovenia average.

Table 1: Classification of measurement sites into 6 litological units and statistically processed values of radon activity concentrations in soil gas (kBq m^{-3}) obtained with alpha scintillation cells in 2006 and 2007: the lowest (min) and the highest (max) values, median (median), arithmetic mean (AM) with its standard deviation (AMD), and geometric mean (GM) with geometric standard deviation (GMD).

Number of samples	Classification	Min	Max	Mediana	AM	ASD	GM	GSD
141	Slovenia	0.3	317.9	14.0	26.9	41.7	12.8	3.6
65	Carbonates	0.8	317.9	17.2	39.5	56.5	17.3	4.1
19	Clastites	0.6	36.2	5.8	10.7	10.1	6.8	2.9
18	Teriary sediments	4.4	30.5	13.8	14.0	7.9	12.0	1.8
23	Pebble sediments	0.3	102.3	11.2	20.9	25.8	10.4	4.0
13	Clay-pebble sediments	1.4	58.2	10.5	21.1	18.1	13.1	3.2
3	Marine and lake sediments	4.5	27.4	5.4	12.4	13.0	8.7	2.7

A number of locations have been also positioned in the proximity of or in the fault zones (**Fig. 2**) aimed at investigating a possible relationship between radon level in soil gas and the position inside the crushed, broken or fissured zone within the fault. The highest radon levels are expected in the fissured zone in which opened fissures facilitate radon migration, while the lowest, in the crushed zone with mostly cataclaze rocks and predominately filled fissures. Thus, for example, the highest radon levels at the Idrija fault in 2007 was observed in fissured zone (locations 27 with 162 kBq m^{-3}, 2 with 76 kBq m^{-3} and 12 with 60 kBq m^{-3}), while medium value, in broken zone (location 15 with 23 kBq m^{-3}), and the lowest value, in crushed zone (location 8 with 3.3 kBq m^{-3}). Lower values at location 47 (2.5 kBq m^{-3}) in fissured zone was the result of mixing of soil gas with atmospheric air because of shallow borehole (50 cm).

Results of radon concentrations in soil gas obtained with alpha scintillation cells in summers of 2006 and 2007 are graphically presented on the map of radon potential in the soil (**Fig. 4)**. Green casts present areas of normal (up to 50 kBq m^{-3}) values and from yellow to red casts of medium and elevated values. It is necessary to point out, that the map is representative much better in south, central and southwest of Slovenia, while in the other parts it is not so, because due to the lower number of measuring sites the values were extrapolated to broader areas. Elevated radon concentrations were observed in south and southwest of Slovenia (karst region). The expressive lines, which present elevated radon concentrations in some faults in northwest-southeast direction (dinaric direction), are clearly reflected on the map.

Nevertheless, the map of radon potential, drown on the basis of instantaneous radon concentrations in soil gas, well correspond with the maps based on average radon concentrations in soil gas obtained with etched track detectors in 2006 and 2007 (Vaupotič et al., 2007a, Vaupotič et al. 2007b), as well as with the map based on indoor radon concentrations in kindergartens and schools (Vaupotič, 2003).

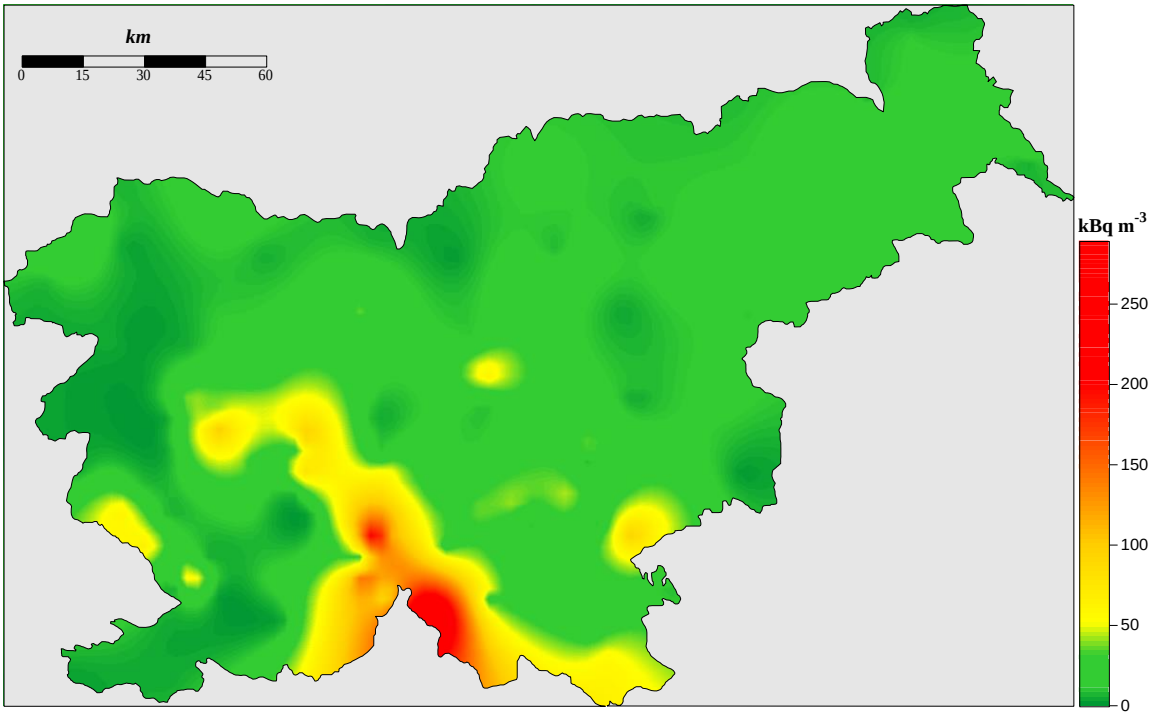


Figure 4: Map of distribution of instantaneous radon concentration in the soil measured with alpha scintillation cells in summer 2006 and 2007.

CONCLUSION

In summer 2006 and 2007, 141 measurements of instantaneous radon concentration in soil gas were carried out using alpha scintillation cells. Locations were positioned on six different lithological units. Elevated radon levels have been observed on carbonates, mostly limestones with high porosity and permeability. Elevated radon levels have been also observed near the main faults, where radon concentration highly depends on the position in fissured, broken and crushed zone. The highest values have been found in the fissured zone where fissures are most open, thus most facilitating radon migration toward the surface.

Although the measurements were carried out during stabile weather conditions in dry summer seasons, at the same depth (with a few exceptions) applying the same measurement protocol, it was notified that abundant precipitation during spring 2006 had lowered radon concentrations in soil by a factor of about 0.55 with regard to 2007.

On the basis of the obtained instantaneous radon concentrations in soil gas, the map of radon potential in soil was drown. On the map, elevated radon levels are observed in the karstic regions of south and southwest of the country, and in neighbourhood of the faults in northwest-southeast direction. In order to obtain a more accurate radon map, at least several hundred of radon measurements would be needed.

REFERENCES

Andjelov, M. & Brajnik, D. (1996) Map of natural radioactivity and radon emanation in Slovenia. Environmental International, vol. 22, suppl. 1, pp 799-804.

Baykara, O., Doğru, M., İnceöz, M. & Aksoy E. (2005) Measurements of radon emanation from soil samples in triple-junction of North and East Anatolian active faults systems in Turkey. Radiation Measurements, vol. 39, pp 209–212.

Bossew, P. (2003) The radon emanation power for building materials, soil and rock. Applied Radiation and Isotopes, vol. 59, pp 389–392.

Etiope, G. & Martinelli, G. (2002) Migration of carrier and trace gases in the geosphere: an overview. Physics of the Earth and Planetary Interiors, vol. 129, pp 185–204.

Fujiyoshi, R., Sakamoto, K., Imanishi, T., Sumiyoshi, T., Sawamura, S., Vaupotič, J. & Kobal, I. (2006) Meteorological parameters contributing to variability in ^{222}Rn activity concentration in soil gas at a site in Sapporo. Science of the Total Environment, vol. 370, pp 224–234.

GZS (Geološki zavod Slovenije / Geological Suvey of Slovenia) (1995) Simplified petrographic map of Slovenia, Ljubljana.

Hočevar, M. (2005) Porazdelitev radona v tleh na Labotskem prelomu pri Homcu. Diplomsko delo, Naravoslovnotehniška fakulteta Univerze v Ljubljani, Ljubljana.

Iskandar, D., Yamazawa, H. & Iida, T. (2004) Quantification of the dependency of radon emanation power on soil temperature. Applied Radiation and Isotopes, vol. 60, pp 971–973.

Jönsson, G., Baixeras, C., Devantier, R., Enge, W., Font, L. l., Freyer, K., Ghose, R. & Treutler, H.-C. (1999) Soil radon levels measured with SSNTD's and the soil radium content. Radiation Measurements, vol. 31, pp 291–294.

Nero, Jr, A.V. (1988) Radon and its decay products in indoor air : an overview. In: Nazaroff, W.W. & Nero, Jr, A.V. (eds.) Radon and its Decay Products in Indoor Air. John Wiley & Sons, New York, pp 1–53.

Popit, A. & Vaupotič, J. (2002) Indoor radon concentrations in relation to geology in Slovenia. Environmental Geology, vol. 42, pp 330–337.

Rose, A. W., Hutter, A. R. & Washington J. W. (1990) Sampling variability of radon in soil gases. Journal of Geochemical Exploration, vol. 38, pp 173–191.

Schumann, R.R., Owen, D.E. & Asher-Bolinder, S. (1992) Effects of weather and soil characteristics on temporal variations in soil-gas radon concentrations. In: Gates, A.E. & Gundersen, L.C.S. (eds.): Geologic Contrils of Radon. Geological Sicuety of America, Inc. Special paper, vol. 271, pp 65–72.

Sroor, A., El-Bahi, S.M., Ahmed, F. & Abdel-Haleem, A.S. (2001) Natural radioactivity and radon exhalation rate of soil in southern Egypt. Applied Radiation and Isotopes, vol. 55, pp 873–879.

UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) (2000) Sources and Effects of Ionizing radiation. UNSCEAR 2000 Report to the General assembly, with Scientific Annexes, 1.

Vaupotič, J. (2003) Indoor radon in Slovenia. Nuclear Techology and Radiation Protection, vol. 18, no. 2, pp 36–43.

Vaupotič, J., Ančik, M., Škofljanec, M. & Kobal, I. (1992) Alpha Scintillation Cell of Direct Measurmant of Indoor Radon. Jurnal of Environmental Science and Health, vol. A27(6), pp 1535–1540.

Vaupotič, J., Kobal, I., Dujmvič, P., Kotnik, J., Kocman, D., Barišić, D. & Lovrenčić, I. (2007a) Radonski potencial v tleh Slovenije / Soil gas radon potential in Slovenia. Jožef Stefan Institut, IJS Report-9457 (in Slovene, abstract in English), pp 31.

Vaupotič, J., Žvab, P., Gregorič, A., Dujmovič, P., Kocman, D., Kobal, I., Kozak, K., Mazur, J., Kochowska E. & Haber, R. (2007b) Radonski potencial v tleh na območjih s povišanimi koncentracijami radona v zaprtih prostorih / Siol gas radon potential on radon prone areas. Jožef Stefan Institut, IJS Report-9694 (in Slovene, abstract in English), pp 37.

Zmazek, B., Živčić, M., Vaupotič, J., Bidovec, M., Poljak, M., & Kobal, I. (2002) Soil radon monitoring in the Krško Basin, Slovenia. Applied Radiation and Isotopes, vol. 56, pp 649–657.

Zmazek, B., Živčić, M., Todorovski, L., Džeroski, S., Vaupotič, J. & Kobal, I. (2004) Anomalije radona v talnem zraku, povzročene s seizmično aktivnostjo. Acta Geotechnica Slovenica, vol. 1, pp 12–19.

Zmazek, B., Živčić, M., Todorovski, L., Džeroski, S., Vaupotič, J. & Kobal, I. (2005) Radon I soil gas: how to identify anomalies caused by earthquakes. Applied Radiation and Isotopes, vol. 20, pp 1106–1119.

DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN PADDY SOILS FROM THE KOČANI FIELD (MACEDONIA) BY A SEQUENTIAL LEACHING PROCEDURE

[1]Nastja Rogan, [1]Tadej Dolenec, [2]Todor Serafimovski and [2]Goran Tasev

[1]Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Department of Geology, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenia; nastja.rogan@guest.arnes.si
[2]Faculty of Mining and Geology, Goce Delcev 89, 2000 Stip, Macedonia

Abstract
Contamination of soils with heavy metals is widespread and poses a long-term risk to ecosystem health. In this study we investigate the distribution of heavy metals (As, Cd, Cu, Pb and Zn) in paddy soil samples from Kočani Field (Macedonia) by ICP-EAS and sequential extraction procedure. Very high concentrations of As (42 mg/kg), Cd (5.6 mg/kg), Cu (99 mg/kg), Pb (892 mg/kg) and Zn (1134 mg/kg) were found in the paddy soil sample from location VII-2 in the western part of Kočani Field, close to Zletovska River, which drains the untreated mine's effluents of the Pb-Zn mine in Zletovo and is used for the irrigation of the Kočani paddy fields. The mobility of heavy metals in all paddy soil samples increases from As<Cu<Pb<Zn<Cd. We concluded that the paddy soil sample from location place VII-2 with highly elevated heavy metal concentrations and revealed extraction characteristics of heavy metals represents serious environmental potential risk for surrounding ecosystems.

Key words: Heavy metal contamination, Paddy soil, Sequential extraction procedure, Kočani Field, Macedonia.

INTRODUCTION

Environmental pollution by heavy metals from base-metal mining operations and from abandoned mines can become a very important source of contamination both in soil and water (Adriano, 1986). Therefore, elevated concentrations of heavy metals can be found in and around abandoned and active mines due to the discharge and dispersion of the mines' waste materials, including tailings and acid mine drainage effluents into nearby agricultural soils, food crops, riverine water and stream sediments (Jung 2001; Korre et al. 2002; Lee et al. 2001; Liu et al. 2005; Lu and Zhang 2005; Simmons et al. 2005).

The chemical behaviour of heavy metals in soils is controlled by a number of processes, including metal cation release from contamination source materials (e.g., fertilizer, sludge, amelter dust, slag), cation exchange and specific adsorption onto surfaces of minerals and soil organic matter, and precipitation of secondary minerals (Manceau et al., 2000; McBride et al., 1997; McBride, 1999; Morin et al., 1999). Measurement of total metal concetrations is useful to evaluate the heavy metal burden but their mobility, solubility and potential bioavailability depends strongly on their specific chemical forms or ways of binding. The determination of specific chemical species or binding forms is difficult and often hardly possible. During recent decades, several leaching/extraction tests have been developed and modified for these puposes in the fields of geochemistry, marine chemistry and agricultural sciences (Tack and Verloo, 1995). Sequential extraction procedures are commonly applied because they provide information about the fractionation of metals in the different lattices of the solid sample which is a good compromise to give information on environmental contamination risk.

Studies about heavy metal concentrations in soil derived from the mining activities in Macedonia are very scarce (Dolenec et al. 2007). As a result, very little is known about the distribution and concentrations of heavy metals in the soil from different parts of Macedonia, which could be affected due to historical and/or recent base-metal mining and milling operations as well as from irrigation with acid mine drainage and other mining effluents that have an impact on riverine water. Such an example is Kočani Field in eastern Macedonia, where the base-metal mining history of the region is very long and paddy rice (*Oryza sativa* L.) is one of the main agricultural products of the region. The abandoned old mine sites and the present mining activities from the Pb-Zn Zletovo and Sasa mine induced widely spread high heavy metal loads

across the entire region of Kočani Field. Previous investigations have shown that the riverine water from the Zletovska River and the Bregalnica River, used for irrigation of the Kočani paddy fields, were contaminated with heavy metals as the result of acid mine water and the untreated effluents from the ore-processing facilities from the Zletovo-Kratovo and Sasa-Toranica ore district (Serafimovski et al. 2005). Therefore, it is very likely that the paddy soil in this area display raised levels of heavy metals.
In this context, the present paper comprises the following:
(a) Determination of the total heavy metal amount in paddy soil samples from location points in Kočani Field.
(b) Application of the sequential extraction method (leaching procedure) for partitioning heavy metals in soil samples from the Kočani Field.
(c) The evaluation of the heavy metal distribution in investigated soil samples and consequently environmental risk assessment.

MATERIALS AND METHODS

2.1 Study area

Kočani Field, well known for its paddy fields and thermal waters, is located in the eastern part of Macedonia, about 115 km from the capital city, Skopje. It is situated in the valley of Bregalnica River, between the Osogovo Mountains in the north, and the Plačkovica Mountains in the south (Fig. 1).

Fig. 1. Map of the study area, Kočani Field.

Its average length is 35 km and its width is about 5 km. The paddy soil of Kočani Field was estimated to originate from the composite material of the sediment derived from igneous, metamorphic and sedimentary rocks transported by the Bregalnica River and its tributaries and deposited in the Kočani depression (Dolenec et al. 2007).
The broader region has a long history of mining dating to the pre-Middle Ages, with the most recent phase of mining starting after the Second World War. The mining activities, the abandoned old mine sites and bare tailing, the

large amounts of untreated waste material as well as the effluents from the Pb-Zn Zletovo and Sasa mine induced widely spread high heavy metal loads across the entire region. The acid mine water and the effluents from the ore-processing facilities and the tailings, which were discharged untreated into the Zletovska and Bregalnica Rivers used for the irrigation of paddy soil, represented a further pollution source that could seriously affect the soil as well as the food and feed crops of Kočani Field.

2.2 Soil sampling and analysis

The sampling of the soil was carried out in autumn 2005 in order to investigate the distribution and concentrations of the potentially toxic heavy metals, including As, Cd, Cu, Pb and Zn, related to the base metal mining activities of the region. The soil was collected from 5 locations across the Kočani paddy fields. The sampling locations of the study area are shown in Fig. 2.

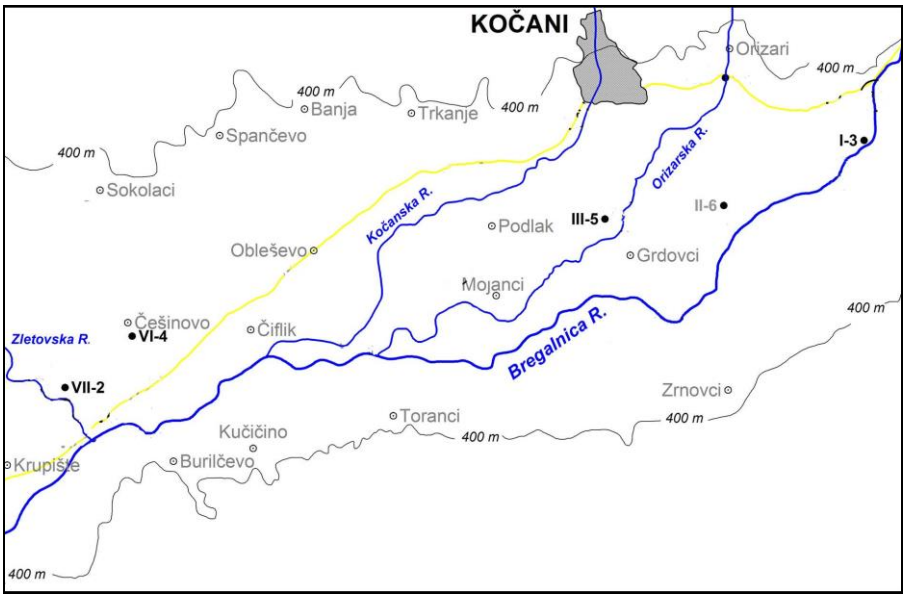


Fig. 2. Sampling location map of the study area.

Near-surface soils were collected, because in the agricultural soil it is not possible to distinguish the A, B and C horizons. Each soil sample was made up of a composite of five sub-samples taken from within a 1×1 m square. After air-drying at 25°C for a week, the soil samples were disaggregated, sieved to 2 mm and then ground
in a mechanical agate grinder to a fine powder (<63<mu>m) for subsequent geochemical analysis.
All the paddy soil samples were analysed for their As, Cd, Cu, Pb and Zn concentrations in a certified commercial Canadian laboratory (Acme Analytical Laboratories, Ltd.) after extraction for 1 h with 2-2-2-HCl-HNO_3-H_2O at 95 °C by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The accuracy and precision of the soil analyses were assessed by using international reference material such as CCRMR SO-1 (soil) and USGS G-1 (granite).

The analytical precision and the accuracy were better than ± 5 % for the analysed elements.

2.3 Sequential extraction procedure

Selected soil samples were also analysed for the chemical partitioning of As, Cd, Cu, Pb, and Zn using a sequential chemical extraction method (Tessier et al., 1979; Li et al., 1995). The soil samples weighing 1g were placed in screw-top test tubes. To sample was added 10 mL of leaching solution, caps were screwed on and the tubes were subjected to the appropriate extraction procedure depending on the stage of the leach.
For sequential leaching, the sample was leached, centrifuged, decanted, washed and then the residue was leached again processing 5 steps from the weakest to strongest solution: water → ammonium acetate → sodium pyrophosphate → cold hydroxylamine

hydrochloride → hot hydroxylamine hydrochloride. Thus the extraction method operationally defines metals in five chemical forms:

(1) water soluble fraction (distilled water),
(2) exchangeable and carbonate bound fraction (1 M ammonium acetate),
(3) organic (oxidizable) fraction (0.1 M sodium pyrophosphate),
(4) Mn hydroxide (reducible) fraction (cold 0.1 M hydroxylamine hydrochloride) and
(5) Fe hydroxide (reducible) plus crystalline Mn hydroxide (residual) fraction (hot 0.25 M hydroxylamine hydrochloride).

Sample solutions were then analysed by a Perkin Elan 6000 ICP-MS for the determination of 60 or more elements. QA/QC protocol incorporated a sample duplicate to monitor analytical precision, a reagent blanks measured background and aliquot of an inhouse Reference Material to monitor accuracy.

RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Heavy metal concentration

The total concentrations of heavy metals (As, Cd, Cu, Pb and Zn) in the paddy soil samples from Kočani Field together with the assumed permissible level of heavy metals adopted by the National Environmental Protection Agency of Slovenia (Uradni list RS 1996) and the maximum allowable concentrations (MAC) of trace elements in agricultural soil proposed by the German Federal Ministry of Environment (1992) as well as the critical soil total heavy metal concentration ranges given by Kabata-Pendias and Pendias (1984) are presented in Table 1. The critical total soil heavy metal concentration is defined as the range of values above which toxicity is considered to be possible. The presented data clearly show that the paddy soil samples from locations I-3, II-6, III-5, VI-4 contain slightly increased heavy metal concentrations but the paddy soil sample from section VII-2 in the vicinity of the Zletovska River is highly impacted with As, Cd, Cu, Pb and Zn. The concentration values in paddy soil sample VII-2 easily exceed the limit emission values reported by Kabata-Pendias and Pendias and the national environmental protection agencies of Slovenia and Germany (Table 1).

Table 1. Total elemental concentrations in the paddy soil samples of Kočani Field

ELEMENT	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Zn (mg/kg)
LOCATION					
I-3	18.7	0.5	40	81	162
II-6	11.8	0.3	26	32	100
III-5	8.3	0.2	33	24	102
VI-4	9.9	0.3	29	41	105
VII-2	42.0	5.6	99	892	1134
1	-	3-8	60-125	100-400	70-400
2	20	1	60	85	200
3	-	1.5	60	100	200

Note: 1) typical contents of As, Cd, Cu, Pb and Zn in comparable soils around the world (Bowen 1979); **2**) limits for elemental concentrations in soil (Environmental Protection Agency of Slovenia (Uradni list RS 1996); **3**) Maximum allowable concentrations (MAC) of trace elements in agricultural soils proposed by the German Federal Ministry of the Environment (1992).

The elevated concentration of As (42.0 mg/kg) was detected in paddy soil sample from section VII-2, which significantly exceeded limit value of 20 mg/kg reported by the Environmental Protection Agency of Slovenia (Table 1).
A high concentration of Cd (5.6 mg/kg) found in paddy soil sample from sampling site VII-2 exceeded the limit emission value of 1 mg/kg and 1.5 mg/kg, suggested by the environmental protection agencies of Slovenia and Germany (Table 1).
The increased Cu concentration (99 mg/kg) was as well determined in the paddy soil sample from location VII-2. The limit emission value for Cu concentrations in soils reported by the environmental protection agencies of Slovenia and Germany is 60 mg/kg (Table 1).
The highest Pb concentration (892 mg/kg) was also noticed in paddy soil sample from section VII-2 and it is above the limits provided by the environmental protection agencies of Slovenia and Germany (85 mg/kg and 100 mg/kg) and limit values by Kabata-Pendias and Pendias (100-400 mg/kg) (Table 1).
Very elevated concentration of Zn (1134 mg/kg) highly over all limit values (200 mg/kg and 70-400 mg/kg, Table 1) was again found in the paddy soil sample from section VII-2.
The total concentrations of heavy metals in soils may be derived from two sources: natural and anthropogenic. All studied heavy metals are important ore-forming elements and are paragenetically related to the Pb-Zn polymetalic mineralization of the Zletovo-Kratovo ore district (Zletovo mine) predominately drained by the Zletovska River (Dolenec et al. 2007).

However, in the case of paddy soil sample from sampling location VII-2 in the vicinity of the Zletovska River it is clear that acid mine drainage and mining activities from Zletovo mine are the main source of As, Cd, Cu, Pb and Zn contamination.

3.2 Sequential extraction (heavy metal binding forms)

The highly stable forms comprised in the residual are unlikely to be released under weathering conditions. On the other hand, soluble, exchangeable and chelated fractions are quite labile and hence more accessible for plants and food chain (Kabata-Pendias, 1993). In our sequential extraction procedure the labile/ residual fractions considered were: water soluble (1), exchangeable and bound to carbonates fraction (2), bound to organic matter-oxidizable fraction (3), bound to amorphous Mn hydroxide-reducible fraction (4) and bound to amorphous Fe hydroxide & crystalline Mn hydroxide-reducible & residual fraction (5). Fig. 3 displays the results of the sequential extraction procedure (heavy metal binding forms).

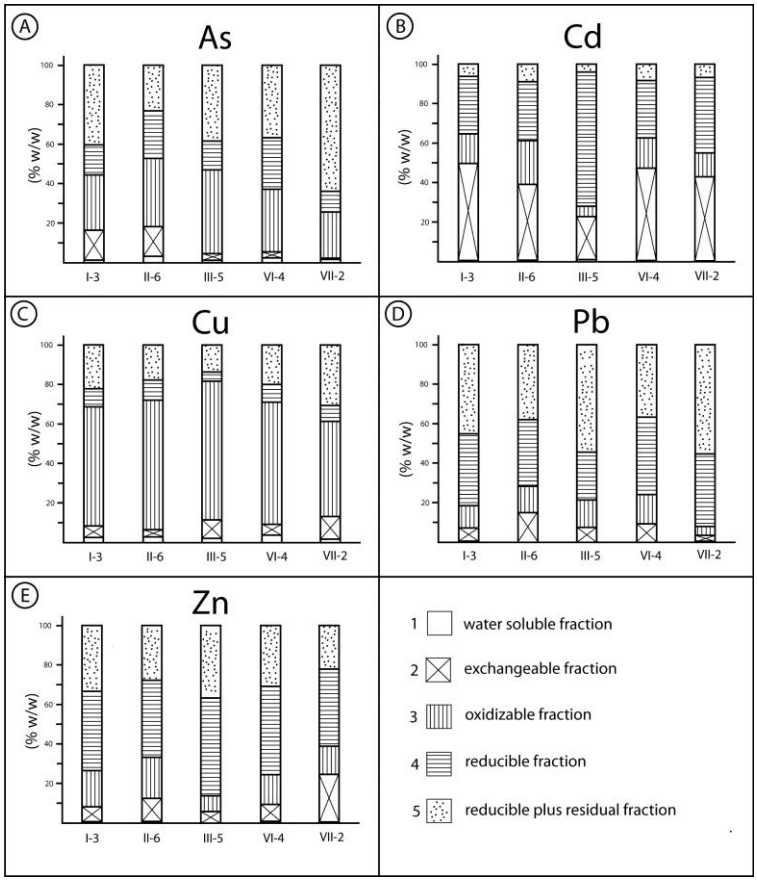


Fig. 3. Heavy metal binding forms in paddy soil samples from different locations (I-3, II-6, III-5, VI-4 and VII-2).

3.2.1 Arsen (As)

A significant fraction of As in paddy soil samples from all five sampling locations was present in the reducible plus residual fraction (5) and oxidizable fraction (3) (Fig. 3a). The highest proportion of As in reducible plus residual fraction was found in paddy soil sample from location VII-2 (64%) and the highest part As oxidizable fraction was extracted in paddy soil sample from sampling site III-5 (42,45%). The reducible fraction identifies As that is linked to amorphous Fe hydroxides which are therefore unstable under reduction conditions and released from the soil. The residual contains naturally occuring crystalline Mn hydroxide minerals which may hold As within their cristalline matrix. It is the expectation of this sequential extraction proce-

dure that As is not likely to be discharged under normal environmental conditions. The oxidizable fraction releases As bound to organic matter within the soil matrix into solution (Dean, 2007; Filgueiras et al., 2002; Fuentes et al., 2004; Kazi et al., 2002).

3.2.2 Cadmium (Cd)

Fig. 3b showed that Cd from all paddy soils samples were strongly associated with exchangeable phase (2), closely followed by reduction phase (4). The highest share of Cd in exchangeable phase was detected in paddy soil samples from sites I-3 (49.21%) and VI-4 (47%). The dominant part of Cd in reduction phase was found in paddy soil sample from section III-5 (68%). Exchangeable fraction contains weakly bound Cd species, which are therefore very mobile and hence most available for plant uptake. The reducible fraction defines unstable forms of Cd linked up with amorphous Mn hydroxides, leading under reducing conditions to transfer from the soil to the surrounding biota (Dean, 2007; Filgueiras et al., 2002; Fuentes et al., 2004; Kazi et al., 2002).

3.2.3 Copper (Cu)

Cu in all paddy soil samples (Fig. 3c) was quite entirely connected to the oxidizable fraction (3). The highest part of Cu in oxidizable fraction was extracted from soil sample section III-5 (70%). It is possible that Cu bound to organic matter is under oxidising conditions released into environment (Dean, 2007; Filgueiras et al., 2002; Fuentes et al., 2002; Kazi et al., 2002).

3.2.4 Lead (Pb)

In paddy soil samples, a large part of Pb (Fig. 3d) was bound to reducible plus residual fraction (5) and the second most important fraction was the reducible phase (4). The highest amount of Pb in reducible plus residual fraction was in paddy soil sample from sampling site III-5 (54.46%) and the highest share of Pb in reducible phase was found in paddy soil sample from section VI-4 (38.96%). Pb connected with amorphous Mn hydroxides in reducible plus residual fraction and with amorphous Fe hydroxides in reducible fraction is unstable under reduction conditions and consequently available for plants. In residual fraction Pb is bound to more crystalline Mn hydroxides and not expected to be released under normal conditions in nature (Dean, 2007; Filgueiras et al., 2002; Fuentes et al., 2004; Kazi et al., 2002).

3.2.5 Zinc (Zn)

The chemical partitioning of the Zn (Fig. 3e) in investigated paddy soil samples displayed that Zn was mainly associated with the reducible fraction (4) and weakly with the reducible plus residual fraction (5). The highest amount of Zn in phase (4) and (5) was determined in soil sample from location III-5 (49.19% and 36.9%). The reducible fraction provides unstable Zn forms bound to amorphous Mn hydroxides, therefore are easily discharged and approachable for plants. In reducible plus residual fraction the Zn is linked up with amorphous Fe hydroxides which are released from the soil and with more crystalline Mn hydroxides which are neither mobile nor available to cause any environmental risk (Dean, 2007; Filgueiras et al., 2002; Fuentes et al., 2004; Kazi et al., 2002).

The most exchangeable and readily available element to biota from surrounding ecosystem in all paddy soil samples is Cd, closely followed by Pb and Zn bounded to amorphous Mn hydroxides, amorphous Fe hydroxides and more crystalline Mn hydroxides. Pb and Zn are thus under reduction conditions thermodinamically unstable and available for plants. Cu is dominantly bounded to organic matter and under oxidising conditions potentially released into environment. As is also weakly bounded to organic matter. In larger proportions As is connected to amorphous Fe hydroxides, which are to some extent leachable and thus potentially bioavailable and furthermore to non-mobile residual fraction (crystalline Mn hydroxides), which is potentially the least harmful.

Among the heavy metals Cd is the most and As the less mobile in studied soil samples. Mobility potential characteristics of heavy metals in paddy soil samples increases from As<Cu<Pb<Zn<Cd.

From environmental and utilization point of view it is notable that the paddy soil sample from location VII-2 with highly elevated heavy metal concentrations exceeding the limits proposed by the environmental agencies & Kabata-Pendias & Pendias and introduced extraction characteristics of heavy metals As, Cd, Cu, Pb and Zn represents serious potential risk for surrounding ecosystems.

CONCLUSIONS

The present study examined the distribution of heavy metals (As, Cd, Cu, Pb and Zn) in paddy soil samples from Kočani Field, Macedonia. The heavy metal concentrations were detected with ICP-EAS analysis and heavy metal binding was determined with sequential extraction procedure.

The results showed that the paddy soil sample (section VII-2) from the western part of Kočani Field in the vicinity of the Zletovska River exhibited very elevated concentrations of As, Cd, Cu, Pb and Zn, which significantly exceed the limits proposed by the Slovenian and German environmental agencies and critical soil total concentration ranges given by Kabata-Pendias and Pendias. The elevated concentrations of As, Cd, Cu, Pb and Zn in paddy soil sample undoubtedly indicated heavy metal contamination related to mining activities and acid mine drainage impacted riverine water, which is used by local farmers for irrigation purposes.

The most exchangeable and available element for plant uptake and furthermore leading to possible contamination of surrounding ecosystem in all paddy soil samples is Cd, closely followed by Pb and Zn bounded to amorphous Mn hydroxides, amorphous Fe hydroxides and more crystalline Mn hydroxides. Pb and Zn are thus under reduction conditions very unstable and available for plants. Cu is dominantly bounded to organic matter and consequently released under oxidising conditions into environment. As is also weakly bounded to organic matter, but in larger proportions is connected to amorphous Fe hydroxides, which are usually released from the soil and more crystalline Mn hydroxides, which are not expected to be released under normal environmental conditions. The mobility of heavy metals in paddy soil samples increases from As<Cu<Pb<Zn<Cd.

It was found out that the paddy soil sample from location place VII-2 with highly elevated heavy metal concentrations and revealed extraction characteristics of heavy metals As, Cd, Cu, Pb and Zn represents serious environmental potential risk for surrounding ecosystems.

To assess the possible health risk, more detailed studies on heavy metal contamination in agricultural soils, irrigation and drinking water, rice and other edible crops as well as a dietary study of the local population are needed.

REFERENCES

Adriano, D. C. (1986). Trace Elements in the Terrestrial Environment. (New York:Springer-Verlag).

Dean, J.R. (2007). Bioavailability, Bioaccessibility and Mobility of Environmental Contaminants. John Wiley and Sons Ltd, England, 292 p, 92-106 .

Dolenec, T., Serafimovski, T., Tasev, G., Dobnikar, M., Dolenec, M. & Rogan, N. (2007). Major and trace elements in paddy soil contaminated by Pb–Zn mining: a case study of Kočani Field, Macedonia. Environmental Geochemistry and Health, *29*, 21-32.

Filgueiras, A.V., Lavilla, I., Bendicho, C. (2002). Chemical sequential extraction for metal partitioning in environmental solid samples. J. Environ. Monit. 4, 823-857.

Fuentes, A., Llorens, M., Saez, J., Soler, M., Ortuno, J., Meseguer, V. (2004). Simple and sequential extraction of heavy metals from different sewage sludges. Chemosphere 54, 1039-1047.

Jung, M. C. (2001). Heavy metal contamination of soils and waters in and around the Imcheon Au-Ag mine, Korea. Applied Geochemistry, 16, 1369-1375.

Kabata Pendias, A. and Pendias H., (1984). Trace elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, FL.

Kazi, T., Jamali, G., Kazi, G., Arain, M., Afridi, H., Siddiqui, A., (2002). Evaluating the mobility of toxic metals in untreated industrial wastewater sludge using a BCR sequential procedure and a leaching test. Anal. Bioanal. Chem. 374, 255-261.

Korre, A., Durucan, S. & Koutroumani, A. (2002). Quantitative-spatial assessment of the risks associated with high Pb loads in soils around Lavrio, Greece. Applied Geochemistry, 17, 1029-1045.

Lee, C. G., Chon, H. T. & Jung, M. C. (2001). Heavy metal contamination in the vicinity of the Daduk Au-Ag-Pb-Zn mine in Korea. Applied Geochemistry, 16, 1377-1386.

Li, X.D., Coles, B.J., Ramsey, M.H., Thornton, I. (1995). Sequential extraction of soils for multielement analysis by ICP-AES. Chemical Geology 124, 109-123.

Liu, H., Probst, A. & Liao, B. (2005). Metal contamination of soils and crops affected by the Chenzhou lead/zinc mine spill (Hunan, China). Science of the Total Environment, 339, 153-166.

Lu, X. & Zhang, X. (2005). Environmental geochemistry study of arsenic in Western Hunan mining area, P.R. China. Environmental Geochemistry and Health, V27, 313-320.

Manceau, A., B. Lanson, M.L., Schlegel, J.C. Harge, M. Musso, L. Eybert-Berard, J.-L. Hazemann, D. Chateigner and G.M. Lamble (2000) Quantitative Zn speciation in smelter-contamintaed soils by EXAFS spectroscopy. Am. J. Sci. 300:289-343.

McBride, M.B. (1999). Chemisorption and precipitation reactions. p. B265-B302. *In* M.E. Sumner (ed.) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, FL.

McBride, M.B., S. Sauve and W. Hendershot (1997). Solubility control of Cu, Zn, Cd and Pb in contaminated soils. Eur. J. Soil Sci. 48:337-346.

Morin, G., J.D. Ostergren, F. Juillot, P. Ildefonse, G. Calas and G.E. Brown, Jr. (1999). XAFS determination of the chemical form of lead in smelter-contaminated soils and mine tailings: Importance of adsorption processes. Am. Mineral. 84:420-434.

Serafimovski, T. & Aleksandrov, M. (Eds.) (1995). Lead and zinc deposits and occurences in the Republic of Macedonia. Special edition of RGF, No. 4, 387 pgs., with extended summary in English, Stip.

Simmons, R. W., Pongsakul, P., Saiyasitpanich, D. & Klinphoklap, S. (2005). Elevated Levels of Cadmium and Zinc in Paddy Soils and Elevated Levels of Cadmium in Rice Grain Downstream of a Zinc Mineralized Area in Thailand: Implications for Public Health. Environmental Geochemistry and Health, 27, 501-511.

Tack, F.M.G and Verloo, M.G. (1995). Int. J. Environ. Anal. Chem. 59-225.

Tessier, A., Campbell P.G.C. and Bisson, M. (1979). Sequential extraction procedure for the spetiation of particulate trace metals. Analytical Chemistry 51, 844-851

Ure, A.M. (1996). Sci.Tot. Environment: 178-3.

ВИДОВИ НА ОТПАД, НЕГОВО ОДСТРАНУВАЊЕ, ОДЛАГАЊЕ И РЕЦИКЛИРАЊЕ

Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Славица Костова
Факултет за Рударство, геологија и политехника, Гоце Делчев 89, Штип, Р. Македонија

Абстракт

Во овој труд подетално се опишани разните видови на отпад, начинот на неговото одстранување, одлагање, и рециклирање. Посебен осврт е даден на цврстиот отпад во Република Македонија.

Клучни зборови: отпад, депониа, комунален отпад, опасен отпад, инертен отпад

ВОВЕД

Отпад е секоја супстанција или предмет кој е отфрлен или мора да се фрли од страна на произведувачот на отпад, кој е правна или физичка личност која го произведува или поседува отпадот.

Произведувач на отпад е секоја личност со чија активност настанува отпад.

Сите ние секојдневно произведуваме отпад, како што се хартијата, старите весници, отпадоци од храна, пластични шишиња, алкални батерии, акумулатори и сл.

Во зависност од својствата на отпадот, во глобални рамки истиот е поделен на опасен, безопасен и инертен.

Опасен отпад е оној кој покажува својства на експлозивност, запалливост, надразување, отровност, инфективност, канцерогеност и сл., кои го прават да биде штетен, токсичен и опасен за човекот и околината.

Инертен отпад е оној отпад кој не подлежи на значајни физички, хемиски и биолошки промени, не ја загадува околината и не го загрозува човековото здравје.

Независно за каков тип на отпад се работи, истиот се собира од страна на јавните комунални претпријатија и се транспортира до санитарните депонии кои ги задоволуваат сите еколошки стандарди.

Отпадот кој може да се преработи, (хартија, картон, стакло, пластика, метал, зелениот т.е. биоразградливиот отпад) треба да се издвојува од опасниот отпад (батерии, акумулатори, моторни масла, лекови, хемикалии и сл.) и да се рециклира со што се врши заштита на животната средина и човековото здравје.

ВИДОВИ ОТПАД

Зависно од својствата и местото на настанување, постојат следниве видови на отпад:

- Комунален цврст отпад
- Технолошки отпад
- Опасен отпад
- Инертен отпад
- Посебен отпад
- Штетни материи
- Градежен отпад

▪ Комунален цврст отпад

Комунален цврст отпад е отпадот што се создава во секојдневниот живот и работа во станбени, дворни, деловни и други простории и површини и тоа: куќни отпадоци од различни видови, отпадоци од храна, градинарски, овошни и други земјоделски култури, хартија, картонска амбалажа, крпи, разни дрвени, метални, стаклени, порцелански, кожни, пластични и гумени предмети и на нив слични нештетни отпадоци.

Комуналниот цврст отпад во најголем дел е биоразградлив отпад.

Комуналниот отпад во просек содржи: 25% пепел и градежен отпад, 24% хартија, 20% дрвен отпад, 11% пластика, 4% стакло и порцелан, 4% текстил и кожа, 3% метали и 8% други видови отпад.

▪ Технолошки отпад

Технолошки отпад е отпадот што настанува во производните процеси во индустријата (индустриски), отпад што настанува во институциите, услужните дејности, а по

количините, составот и својствата се разликува од комуналниот отпад.

- **Опасен отпад**

Опасен отпад е отпадот што содржи супстанции кои имаат едно од овие својства: експлозивност, реактивност, запаливост, надразливост, токсичност, инфективност, канцерогеност, мутагеност, тератогеност, екотоксичност и својства на испуштање на отровни гасови преку хемиска реакција или биолошко разложување.

Значајно е да се истакне дека опасниот отпад во земјоделието и сточарството е присутен и има негативни влијанија на заштитата на животната средина. На овој план е присутен опасниот отпад кој се продуцира со употреба на средствата за заштита на растенија, средствата за заштита во сточарството, како и инфективен опасен отпад преку мртви и заразени животни. Податоците за количините на опасен отпад од агрокомплексот засега не се познати, но се знае дека истиот завршува во деловите на природната средина.

Радиоактивниот опасен цврст отпад настанува со примената на радиоизотопите во медицинските центри и индустријата, одредени количини од радиоактивни громобрани, и од отворените површини на рудничка јаловина на терени на кои се вршело експлоатација на ураниумови руди.

- **Инертен отпад**

Инертен отпад е отпадот од хемиски и биолошки стабилизирана маса, што содржи супстанции на хемиски неактивни материи од органско и неорганско потекло, органските супстанции се подложни на физичка, хемиска и биолошка разложивост, но не ја загрозуваат животната средина.

Овој вид на отпад се продуцира со третирањето на медицинскиот отпад преку негово стерилизирање или горење во инсенератори со што истиот се доведува на ниво на инертен отпад и може да се депонира на санитарните депонии за комунален цврст отпад. Количините на овој вид на отпад се неиспитани.

- **Посебен отпад**

Посебен отпад е отпад што се создава во: медицински здравствени институции (стационари, болници, поликлиники и амбуланти), научно-истражувачки и развојни институции (институти), лаборатории (истражни, развојни и контролни), кој настанува како продукт на употребени средства и материјали во лекување, истражување и контрола, а по количина и својства се разликува од комуналниот отпад и со своите карактеристики е близок на опасниот отпад .

Кај овој вид на отпад обврска е на институциите кои што го продуцираат, истиот да го третираат и доведат на ниво на инертен отпад заради негово понатамошно третирање како отпад со карактеристики блиски на комуналниот цврст отпад.

- **Штетни материи**

Штетни материи се хемиски супстанци што го менуваат природниот физички, хемиски, биолошки и бактериолошки состав, како и радиолошките особини на земјиштето, водите и воздухот. Нема податоци за нивната количина.

- **Градежен отпад**

Градежниот отпад е оној кој што се создава со изведување на градежни, индустриски, преработувачки и занаетчиски работи кои немаат својство на комунален цврст и технолошки отпад и тоа: градежен отпаден материјал, земја, згура, кал (инертна или нештетна), камења, керамички крш, санитарни уреди и сл.

ОТСТРАНУВАЊЕ И ОДЛАГАЊЕ НА ОТПАДОТ

Отстранувањето на отпадот од современите гратски средини и одлагањето на истиот е една од главните еколошки теми. Градските депонии, според планираниот капацитет на одлагање, се ограничени и недоволни за идна употреба. Затоа, во текот на последниве години, градењето на нови градски депонии станува зголемена неопходност. Комплексноста на околните геолошки структури пак, од своја страна уште повеќе го отежнува изборот на соодветен локалитет за изградба на нова депонија.

Техниката на собирањето на отпадот не секаде е современа. Одделни, различни комунални претпријатија се задолжени за мена-

џирањето со генерираниот комунален отпад, со широко распространетата пракса на негово собирање и одлагање на соодветни локации. Неовластените ѓубришта, вообичаено сместени во близина на зелените пазари, супермаркети, и други локации, претставуваат еколошка опасност, доколу истите не се соберат и отстранат.

Највообичаени методи на отстранување на отпадот од градските средини, се транспортирање на истите на депониите и во помал степен спалувањето. Секоја година околу 111 милиони тони на контролиран отпад (домашен, комерцијален и индустриски отпад) се отстрануваат на определени терени - депонии. Како што отпадот на депониите постепено се распаѓа, се ослободува метан во значајни количини. Метанот е силен гас и допринесува за глобалното затоплување. Уште повеќе, флуидите кои се формирани со распаѓањето на отпадот можат да се пробијат низ геолошките слоеви и да ги загадуваат подземните води, кои можеби се употребуваат како резерви на чиста вода за пиење.

Спалувањето е втор по големина метод за отстранување на отпадот во повеќето земји. Кога отпадот согорува, голема количина на енергија, јаглероден диоксид и други потенцијално хазардни загадувачи на воздухот се ослободуваат.

ДЕПОНИИ НА ОТПАД

Депонијата, исто така позната и како отпад или ѓубриште е локација за отстранување на отпадните материјали со закопување и е најстарата форма за справување со отпадот. Историски, депониите се најчестиот метод за организирано отстранување на отпадот и уште повеќе, останува најчест метод во многу земји во светот.

▪ Неопходни услови за градба на локации

Конструкцијата на депонија бара пристап преку повеќе етапи. Дизајнерите на депонии најмногу се загрижени со оспособеноста на локацијата. За да се биде и комерцијално и еколошки оспособена, депонијата мора да биде конструирана според одредени специфични барања или услови, кои се поврзуваат со:

➢ ***Локација:***

- лесен пристап за транспорт до локалната патна инфраструктура;
- станици за пренос, ако се врши транспорт и со железница;
- вредност на почвата;
- цената на државните давачки од одредени соодветни министерства за екологија и слично;
- локацијата на опслужуваната заедница;
- тип на конструкција (може да се користи и повеќе од еден)
  - Јамски - пополнување на постоечките дупки и вдлабнатини во почвата, кои се типично останати со рударски работи;
  - Канјонски - заполнување на природно формирани долини или канјони;
  - Ридски - просто натрупување на отпадот врз почвата.

➢ ***Стабилност:***

- основната локална геологија;
- блиски околни земјотресни раседи;
- хидролошки услови на врнежи и слично;
- локацијата на околните реки, потоци и поплавни рамнини.

Капацитет - достапниот празен простор мора да се пресмета, во споредба со одредени географски форми, со предложен профил за реставрација. Пресметката на капацитетот се базира на:

- густина на водите;
- количина на средно и дневно заполнување;
- количина на компресирање на кое ќе биде изложен отпадот;
- дебелина до која се таложи отпад.
- конструкција на инфрастуктура и слоеви за одводнување.

➢ ***Заштита на почвата и проток на води:***

- инсталација на линеарни и колекциони системи;
- контрола на водата при невреме;
- менаџирање на депониски гасови.

➢ ***Проблеми и менаџирање на опасностите.***

➢ ***Трошоци:***

- физибилити студии;
- локација после обработка;
- испитување на локацијата (трошоците кои се вклучени ги прави помалите локации економски неисплатливи).

▪ Техника на обработка на отпадот на депониите

Типично, во депониите во кои не се депонираат опасни материи, со цел да се исполнат одредени преддефинирани спецификации, се воведуваат техники според кои отпадот се:

1. Ограничува на што е можно помал простор;
2. Компресира, за да се намали волуменот;
3. Покрива (обично дневно) со слоеви почва.

Алтернативни материјали за покривање на отпадот се најчесто во форма на пенасти материјали, т.н. привремени ќебиња. Ќебињата се поставуваат на место со помош на механизацијата на депонијата, а потоа се отстрануваат наредниот ден кога треба да се депонираат новите приноси на отпад. Ситно иситнети деланки на дрво и хемиски фиксирани био-цврсти материјали можат исто така да се користат како алтернативна дневна прекривка на отпадот. Просторот кој секојдневно се окупира со нов компактиран отпад и покривен материјал, се нарекува дневна ќелија (клетка). Компактирањето на отпадот е доста критичен момент за продолжувањето на животниот век на депонијата.

- **Влијанија на отпадот од депониите**

При операциите во депониите, се појавуваат одреден број на разновидни влијанија. Овие влијанија можат да варират: фатални несреќи (на пример - случајно затрупани собирачи кои го пребаруваат ѓубрето); оштетување на инфраструктурата (оштетување на пристапните патишта од тешки возила); загадување на локалната средина (контаминација на подземните води и/или изданот поради истекување, како и неизбежното загадување на почвата кое останува и после затворањето на депонијата); создавање на метан кој се генерира со распаѓањето на органските материи; во возможување на добри услови за размножување на одредени заразни фактори како глувците и мувите; повреди и штети на локалниот животински свет; како и одредени обични нелагодности поврзани со прашина, миризба, бука од машинерија и слично.

Повеќето модерни депонии се оперираат со контрола за менаџирање на ваквите проблеми.

АЛТЕРНАТИВИ ЗА ОТСТРАНУВАЊЕ НА ОТПАДОТ

Колку повеќе отпад произведуваме, толку повеќе имаме за негово отстранување. Постојат бројни алтернативи и методи за отстранување на отпадот од депониите, меѓу кои се издвојуваат редуцирањето на отпадот и стратегиите на рециклирање. Рециклирањето на отпадот нуди еден начин за намалување на ударот од влијанието на отпадот врз атмосферата, но постојат и други методи за отстранување на отпадот кои се повеќе пријатни за околината.

Анаеробна дигестија, компостирање, механички-биолошка обработка, пиролиза и гасифицирање, се само дел од алтернативните методи кои се естаблирани на пазарот.

Во последните години, некои земји, како Белгија, Германија, Австрија и Швајцарија, го забранија депонирањето на нетретиран отпад во депониите. Во овие земји, само пепелта од процесот на горење или стабилизираниот нуспродукт од фабриките за механички-биолошката обработка, можат да се депонираат.

- ***Анаеробно распаѓање***

Анаеробното распаѓање е процес кој може да се одвива врз целиот органски материјал. За таа цел потребно е биодеградациската секција (биодеградацискиот отпад) да биде одвоена од другиот материјал и ставена во коморите за распаѓање. Органскиот отпад се носи во специјализирани постројки и се става во затворени контејнери околу 10 - 25 дена при контролирани услови. Отсуството на кислород прави отпадот да се разложува брзо под дејство на бактеријата која се развива во овие услови. Бактериите во овој процес го разложуваат отпадот раскинувајќи ги молекулите до гасовити продукти, биогас (метан) и мали количини на цврст материјал кој се нарекува остаток. Анаеробните отпадни постројки го користат овој процес и произведуваат значајни количини на биогас (метан) кој може да се употреби како гориво за производство на енергија, за греење или како гориво за постројките.

- ***Компостирање***

Друг начин за отстранување на органски отпад, како што е градинарскиот отпад, е негова употреба како ѓубриво. Органскиот отпад се распаѓа по неколку недели во органска прекривка која може да се употреби како ѓубриво за почвата.

Индивидуалните домаќинства го практикуваат во мали размери ваквото ѓубрење многу години наназад, а денес се поголем број

на земји во светот го поттикнуваат овој начин на отстранување на органскиот отпад.

- ***Механичко биолошки постапки***

Се делат на две категории.

1.Механички постапки проследени со биолошки постапки

Механичките постапки го отстрануваат стаклото, пластиката и металите од отпадот од домаќинствата, и овие материјали можат потоа да бидат рециклирани. Фракцијата која што останува потоа ке се состои главно од органски отпад, кој што потоа влегува во следната фаза на овој процес.

Биолошките постапки можат да опфатат анаеробно распаѓање или разложување, ова го намалува волуменот на органскиот отпад и се добиват продукти во вид на ѓубрива, иако тие нема да бидат со ист квалитет како ѓубривата што се употребуваат во градините.

2. Биолошки постапки проследени со механички постапки

Отпадот се растура и суши, и потоа механички се сортира. Металите се отстранети со употреба на магнети и се однесени на рециклирање. Стаклото и песокот исто така се отстранети и можат да бидат употребени. Исушениот органски отпад може да биде употребен како покривач на депонијата, или да се направи во вид на пресувани продукти кои се употребуваат како гориво.

- ***Пиролиза***

Пиролизата е термален процес каде што се употребуваат високи температури (од околу 500^0 C) за да се распадне отпадот во средина без присуство на кислород. Процесот ослободува три крајни продукти: јаглен (или пепел), био масла и синтетички гас. Цврстиот јаглен содржи драгоцен јаглерод и минерални материи, кои можат понатаму да се употребат за ослободување на енергија. Биолошките масла можат да бидат употребени на разни места, а гасот е чисто гориво, кое има висока калорична вредност.

- ***Гасификација***

Гасификацијата е сличен процес со пиролизата каде што се добиваат истите три продукти. Гасификацијата сепак употребува повисоки температури од околу 2000^0 C и за разлика од пиролизата се употребуваат контролирани количини на кислород и вода во текот на процесот.

- ***Минимализирање на отпадот***

Многу е битно да се намали, редуцира, количината на отпад кој го создаваме. Во секој случај подобро е да се намали оваа количина на отпад, со што би се намалила и количината која ќе се носи на депониите. Ова може да се направи на повеќе начини, вклучувајќи ги и неколкуте кои ќе ги наведеме подолу.

➢ *Редуцирање*

Постојат бројни начини на кои можеме да ги редуцираме материјалите кои ги купуваме, користиме и вообичаено ги класифицираме и фрламе како ѓубре. Некои од методите за редуцурање на отпадот се:

- Паметно купување, со внимавање на типот на амбалажата на производите;
- Купување на производи кои не морат да бидат амбалажирани (овошје и зеленчук на пример, без амбалажа);
- Купување во поголеми пакувања за да се намали количински амбалажата;
- Не купувајте продукти само за една употреба;
- Користете контејнери за чување на храната кои можат да бидат ре-употребливи, наместо фолија или алуминиумски филм.

➢ *Повторна употреба*

Одредени примери во кои можеме повторно да ги искористиме материјалите кои што сме ги користеле се опишани подолу, но постојат и уште многу кои можеме и сами индивидуално да ги осмислиме:

- Побарајте кеси кои се за повеќе употреби во супермаркетите;
- Користете батерии кои можат да се полнат;
- Кога купувате, барајте кај производите со поголем избор, такви кои имаат амбалажа која може да се користи повеќе пати;
- Донирајте стара облека и обувки;
- Користете ги пакувањата од сладолед и слично, како контејнери за чување на храна.

РЕЦИКЛИРАЊЕ НА ОТПАД

Дефиницијата за рециклирање е да се пропушти супстанција низ систем кој овозможува таа супстанца повторно да биде употребена (искористена). Рециклирањето на отпад вклучува собирање на отпаден материјал и раздвојување и чистење на тие материјали.

Рециклирањето на отпад значи дека неколку нови продукти треба да бидат произведени, притоа заштедувајќи сурови материјали и намалувајќи ја потрошувачката на енергија.

Индустријата за хартија создава огромни количини на отпад во форма на отсечоци (краеви) и оштетени хартиени ролни. Оваа хартија може да биде вратена во процес на повторна обработка и рециклирање. Денес, секоја година близу 1 милион тони на хартија од домакинствата се рециклира. Иако хартијата сочинува преку една третина од целокупниот отпад од домакинствата кој се рециклира, ова сепак не е повеќе од околу 10 % од вкупната хартија која се употребува. За споредба, преку 50 % од отпадната хартија произведена од индустријата за весници во моментов се рециклира. За да се поттикне населението да ја рециклира отпадната хартија, многу здруженија имат развиено шеми на собирање на отпад од куќа до куќа. За таа цел се предвидени посебни канти и контејнери за хартија. Тие се собират во редовни термини (интервали) за да бидат рециклирани. Други места на кои може да се остави хартија за рециклирање можат да се најдат во општинските центри и супермаркетите.

Голема количина на стакло и шишиња се собира од контејнерите за шишиња и се носи да се рециклира. Најголеми произведувачи на стаклен отпад се хотелите и пабовите, поради тоа што најголем дел од пијалоците се во шишиња, додека отпадот во домакинствата содржи приближно 6 до 8 % стакло. Обично постојат три контејнерите за шишиња, кои главно се наоѓаат на паркиралиштата и во супермаркетите, секој за посебна боја на стакло: безбојно, зелено и кафено. Британија во моментов рециклира околу една третина од стаклениот отпад. Ова е многу наназад од степенот на рециклирање на стакло во другите европски земји. Швајцарија и Холандија на пример имаат степен на рециклирање над 80 %.

Пластиката сочинува голем дел од отпадот, откако таа е возможна во многубројни форми. Има главни типа на пластика: топлива пластика, која е највообичаена, и тврда пластика. Топливата пластика се топи кога се загрева и затоа може да биде претопена. Ова овозможува топливата пластика да биде рециклирана релативно лесно. Во западна Европа најголемите количини на пластика се јавува во формите на пакување на производите. Се стреми пластичниот отпад да се сортира рачно, или во фабриките за рециклирање на материјали, или пак самите домакинства можат да го одвојуваат. Потоа истиот може да се носи до пунктовите за собирање на пластичен отпад или да биде собран од страна на комуналните претпријатија и однесен на рециклирање. Британија има степен на рециклирање на пластиката од само 3%. Во Германија степенот на рециклирање на пластика е 70 %.

Рециклирањето на железо и челик е приближно 60% во светски рамки. Поголем дел од овој отпад доаѓа од деловите од автомобили, перни, фрижидери и кујнски уреди. Се проценува дека содржината на метал во отпадот од домакинствата е помеѓу 5 и 10 %. Главно се состои од алуминиумски лименки од пијалоци и тенки челични конзерви од храна. Рециклирањето на алуминиум е широко распространето. Денес, повеќе од третина од алуминиуските лименки се рециклират. Алуминиумот е скап метал и затоа може да овозможи високи добивки при шемите на рециклирање. Некои земји имаат многу високи вредности за рециклирањето на алуминиумските лименки. САД и Австралија на пример, рециклират близу две третини. Бакарот, цинкот и оловото исто така се рециклираат.

ЦВРСТИОТ ОТПАД ВО МАКЕДОНИЈА

Изворите во кои се создаваат цврстите отпадоци се следните:

- животни активности на луѓето - комунален отпад
- отпад од рударско-металуршките и енергетски капацитети - техноген отпад
- отпад од индустријата (преработувачки капацитети) и капацитети на органска и неорганска технологија - индустриски отпад
- отпад од здравствените установи - медицински отпад
- радиоактивен отпад

Собирањето на комуналниот смет го вршат јавните комунални претпријатија кои ги опфаќат поголемите општински центри, додека селските населби односно помалите новоформирани општини не се опфатени со организирано собирање на комуналниот отпад. Во најголем дел околу овие населби се создадени бројни т.н. диви депонии.

Техногениот отпад се складира претежно околу изворите на неговото создавање исто така без претходна анализа на природните услови на теренот, односно можноста за депонирање на ваков вид на отпад, додека пак дел од индустрискиот отпад се селектира и реупотребува, но поголем дел завршува на депониите во круговите на индустриските капацитети.

Медицинскиот отпад за сега се третира како комунален и се диспонира на комуналните депонии, а за радиоактивните отпадоци соодветен депо сеуште не е изграден, и истите се складираат заедно со нерадиоактивните отпадоци.

Во Р.М. се изградени околу 25 депонии. Единствена современа депонија за комунален отпад со соодветни технички решенија е Дрисла во Скопје која што е добро проектирана. Останатите депонии се под еколошките стандарди и се наоѓаат во непосредна близина на поголемите населени места (Таб.1). Локациите се одредени без употреба на современите критериуми за избор на локации за депонии и истите се во главно на несоодветни терени со што се потенцијална опасност за околината. Изградени се најчесто на алувијална или карстна почва со што постои опасност за загадување на подземните води преку миграција на растворливите состојки.

За ниедна од овие депонии не постои техничка и друга законска документација.

Во помалите населби и села отпадот се фрла на најразлични места неорганизирано при што често се случува отпадот да заврши покрај езерата, реките и потоците со што целосно се загадуваат овие води.

Табела 1. Депонирање на цврст отпад во градските средини

Урбана средина	Оддалеч. од град во км	Колич. на депон $м^3$/ден	Индустр. отпад $м^3$/ден	Време на употр. (год.)	Искорист. капацит.на депонија (%)	Вк. отпад на депонија ($м^3$)
Скопје	15	1500	400	30	100	9 000 000
Охрид	25	335	63	15	70-80	1 005 000
Тетово	3	330	90	6	100	396 000
Куманово	9	300	90	30	70	1 800 000
Кочани	6	290	80	27	мала	1 566 000
Битола	17	250	80	12	30	600 000
Прилеп	13	120	100	23	100	552 000
Велес	6	228	75	19	30	866 400
Штип	5	210	40	20	50	840 000
Гевгелија	5	160	100	25	65	800 000
Неготино	6	150		10	непознат	300 000
Струга	5	100	30	20	непознат	400 000
Стар Дојран	12	15	1	10	100	50 000
Ресен	5	35	3	30	100	210 000

Извор: Национален еколошки акционен план (НЕАП)

ЗАКЛУЧОК

Одговорни субјекти за ракување и третман на комуналниот отпад се јавните комунални претпријатија кои имаат сериозни финансиски потешкотии, застарена механизација и сл. За техногениот индустриски отпад се одговорни соодветните капацитети односно рудници, фабрики и т.н. и засега многу малку се обраќа внимание на повторното искористување на овој вид на отпад со што би се остварile видни финансиски резултати, а истовремено ќе се намали тензијата врз животните ресурси.

Во повеќето општини се основани јавни претпријатија за организирано собирање на комунален цврст отпад.

Согласно податоците од НЕАП-от отпадот се состои од: 24% хартија и производи на хартија; 11 % пластика; 5% стакло и порцелан; 4% текстил, кожа и гума; 3% метал; 20% отпадоци од храна; 25% комунален отпад, пепел и градежен отпад; 8% друг отпад.

Врз основа на количините регистрирани во Европските земји, се проценува дека граѓаните на Република Македонија во урбаните средини произведуваат околу 300 кг отпад по жител годишно. Половина од овој отпад се продуцира во руралните области. Статистичките податоци покажуваат дека 80% од отпадот од домаќинствата се собира и депонира во организиранiге депонии во густо населените урбани средини. Во повеќето општини од рурален карактер (надвор од големите градови), отпадот не се собира.

Технолошкиот отпад се произведува главно од помалите индустриски претпријатија кои имат сопствени депонии. Во Р.М. не постојат законски депонии кои се оспособени да примаат индистриски отпадоци.

Согласно направените анализи технолошкиот отпад кој се продуцира во индустриските капацитети изнесува околу 65.000 тони годишно, а 130.000 тони годишно технолошки отпад кој се продуцира во технолошките процеси во индустријата се депонира во рамките на индустриските капацитети.

Треба да се напомене дека како последица на стагнациските процеси кои ја зафатија тешката индустрија во Република Македонија во последните години доведоа до редукција на продуцираните количини на технолошки (индустриски) отпад. Карактеристично е да се истакне дека правните субјекти во оваа област не располагат со системи за собирање и третирање на технолошкиот (индустриски) отпад.

Градежниот отпад се депонира главно на депониите за комунален цврст отпад во Република Македонија. Не постојат јасни докази за нивото на рециклирање, иако е мошне веројатно дека се одвива некој вид на неформално рециклирање.

Без промена во количините по лице, очекуваниот раст и на популацијата и урбанизацијата би водело до количини на градежен отпад од 420,000 тони до 2025 год. (исклучувајќи го ископаниот материјал) 90% од тоа во урбани средини. Од оваа вкупна количина помалку од половина (200,000 тони) треба да биде депонирано надвор од депониите. Балансот треба да биде повторно употребен во земјени работи, како полнеж или рециклиран.

Во нашата земја не постојат примери за било какви формални системи за собирање на земјоделскиот отпад, освен сопствените системи на индивидуалните фарми.

Во Македонија, како и на други места, најголем дел од земјоделските производи се рециклират или повторно се користат. На пример, значителни количини на гроздов отпад се компостира и повторно се користи како ѓубриво. Сепак, познато е дека многу локални депонии примат одредени материи опишани како земјоделски отпад, вклучувајќи го отпадот од кастрењето на виновите насади и овошните дрвја.

Идентификувани се неколку капацитети за одлагање на мрши од животни или болна стока, но истите се незадоволителни и нивното користење треба да престане. Овие капацитети претставуваат бетонирани дупки во кои се фрлаат мршите се додека не се наполнат истите, после што содржината се спалува. Оваа постапка се повторува се додека не се наполни дупката, а потоа истата се запечатува и се гради нова.

Кај посебениот отпад (медицински и отпад од истражни лабаратории) во Р.М. утврдено е дека не постои одделно третирање, односно собирање и одлагање на болничкиот отпад.

Анализите покажуваат дека продукцијата на инфективен и потенцијално инфективен отпад во медицинските и други установи изнесуват околу 1000 тони годишно. Среднорочно и долгорочно планирано, продукцијата на овој вид отпад во медицинските и други институции изнесува 2000 тони годишно.

Исто како и за посебниот отпад така и за опасниот отпад не постојат формални системи за собирање на истиот и не постојат легални капацитети за одлагање на опасниот отпад.

Анализите на само десетина индустриски капацитети во кои се продуцира опасен отпад во земјата покажуваат дека на локалните депонии во кругот на индустрискиот капацитет се депонират околу 4.000.000 милиони тони отпад годишно. Само од фабриката ОХИС - Скопје, дневната продукција на опасен отпад изнесува околу 4 тони.

Значајно е да се истакне дека опасниот отпад во земјоделието и сточарството е присутен и има негативни влијанија на заштитата на животната средина. На овој план е присутен опасниот отпад кој се продуцира со употреба на средствата за заштита на растенија, средствата за заштита во сточарството, како и инфективен опасен отпад преку мртви и заразени животни. Податоците за количините на опасен отпад од агрокомплексот засега не се познати, но се знае дека истиот завршува во деловите на природната средина.

Радиоактивниот опасен цврст отпад настанува со примената на радиоизотопите во медицинските центри и индустријата, а во нашата земја постојат и одредени количини на радиоактивни громобрани, но поконкретни сознанија за можните количини на овој вид отпад не се познати. Во оваа група треба да се третират и материјалите од пробните рударски експлоатации на ураниумови руди на подрачјето на Злетовско-кратовската област кои лежат на отворените површини во вид на рудничка јаловина.

Тешките метали во почвата доаѓат во тврди супстанции, разнесувани најчесто по воздушен пат. Оловото е еден од најчестите загадувачи во природата. Неговото присуство во земјоделските површини постојано се зголемува. Најголем извор на олово се транспортните средства кои преку издувните гасови ја загадуваат атмосферата, а со помош на дождовите оловото навлегува во почвата а од таму во растенијата. Друг тежок метал кој се почесто е присутен како загадувач на животната средина е живата. Само во Велешкото подрачје се измерени енормни нивоа на олово и цинк во околните почви што доведува до контаминација на земјоделските култури. Еден од алтернативните методи за одгледување на растенијата е врз инертен супстрат.

Согласно нашите податоци објекти со највисок степен на ризик по однос на продукцијата и складирањето на цврстите опасни отпади се депониите на металуршките комбинати, депониите на јаловина на рудниците за бакар, олово, цинк и особено за хром, антимон и арсен, потоа Рафинеријата за нафта - ОКТА, ОХИС, Алкалоид, Фабриката за вештачки ѓубрива кај Велес, Кожарите, Термоелектраните и Медицинските центри.

ЛИТЕРАТУРА

Bridgewater A.V. &Mumford C.J., 1979: Waste Recycling and pollution Control handbook. George Godwin Ltd.london.

Coad,A., 2001: Planning for Integrated and sustainable solid waste management. Workshop report Switzerland.

Freeman H.H., 1998: 2 nd.ed. Standard Handbook of hazards Wast Tretmant and Disposal McGraw-Hill london.

CIWMB Publications catalog 2003; plastic White paper; Optimizing plastic use, Recycling and disposal in California.

CIWMB Publications catalog1994; Medical waste issues stady in California.

O. Gol., C. heidenreich., A. Nafalski., 2000: Wasste from electrical nad electronic equipment, Enviroment protection Agency-Department for environment and heritage

Wheatley A., 1991: Anaerobic Digestion a waste treatment technology. Elsevier, London

Williams P. T., 1998 Waste treatment and Disposal-John Wiley and Sons Chichester

КОНТАМИНИРАНОСТ НА ПОЧВИТЕ СО ТЕШКИ И ТОКСИЧНИ МЕТАЛИ ВО ОКОЛИНАТА НА с.ЛОЈАНЕ

.

Блажо Боев, Тена Шијакова-Иванова, Соња Лепиткова, Владимир Костов

Факултет за рударство-геологија и политехника, Гоце Делчев 89, Штип,
Република Македонија

Абстракт: Целта на овој труд е да се согледат причините и да се разјаснат ефектите од контаминацијата на почвите во околината на с. Лојане и Слупчане каде што во непосредна близина се констатирани бројни минерални појави и рудни наоѓалишта на тешки метали. Истражниот простор е локализиран источно од с.Лојане, на површина од околу 3.6 км^2. Хемиската анализа на примероците е извршена со користење на ICP-AES. Добиените податоци од хемиските анализи се претставени со изработка на контурни геохемиски карти. Во изработката на овие контурни карти е користена програмата Golden software – Surfer 8.0. Со истражувањето е утврдено дека во анализираните примероци на почви, некои од тешките метали се застапени во концентрации кои ја надминуваат максимално дозволената граница на застапеност. Така на пример, застапеноста на арсенот во сите 35 примерока ја надминува максимално дозволената концентрација од 18.5 до 37 пати. Покрај арсенот, во сите примероци МДК ја надминува и хромот, во просек за вредност двојно поголема од дозволената. Живата во дел од примероците ја надминува МДК додека во 17 примерока е во дозволениот опсег.

Клучни зборови: почва, арсен, жива, хром, контурни геохемиски карти.

Вовед

Истражуваното подрачје географски припаѓа во северниот дел на Р.Македонија на оддалеченост од десетина километри од Куманово источно од селата Лојане и Слупчане. Во поширокатa околина на истражуваното подрачје се застапени следите литолошки единици: [9]

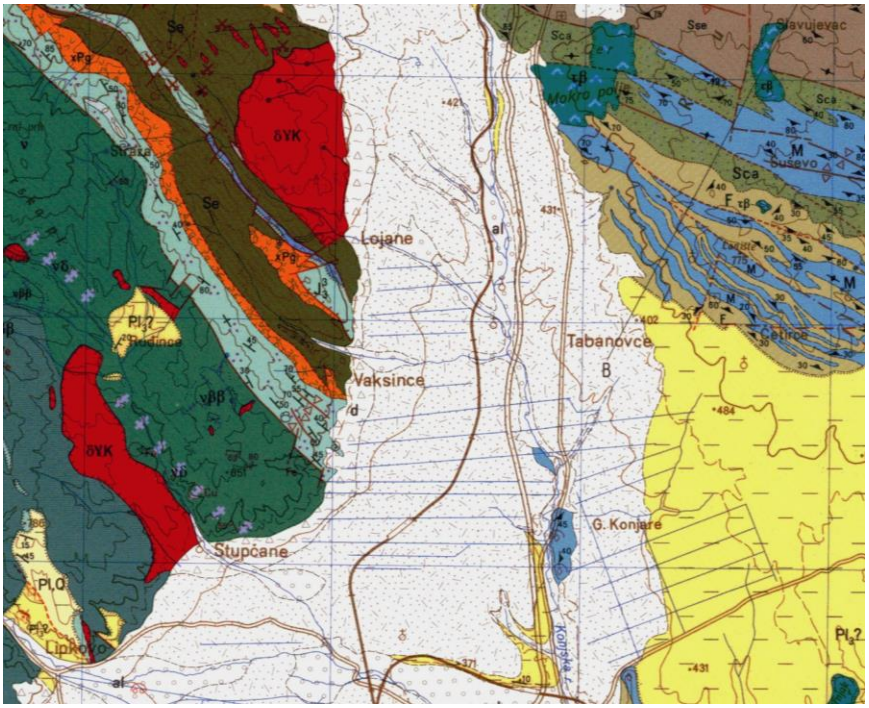
- Квартерни наслаги – Квартерните наслаги се локализирани точно на теренот на кој е извршено опробувањето и генерално се состојат од современи алувијални наслаги, кои се изградени претежно од чакали и во помала мера песочни наслаги. Делувијалните седименти се изградени од фрагменти од карпи помешани со глиновито- хумусен материјал.
- Плиоценски седименти - Плиоценските седименти се претставени со песокливо-глинеста серија (Pl_3) и бигорливи варовници.

Песокливата серија е изградена од песоци, глини, леќи на песочници, варовници и дебели наслаги на чакали. Вкупната дебелина на оваа серија изнесува 10 метри.

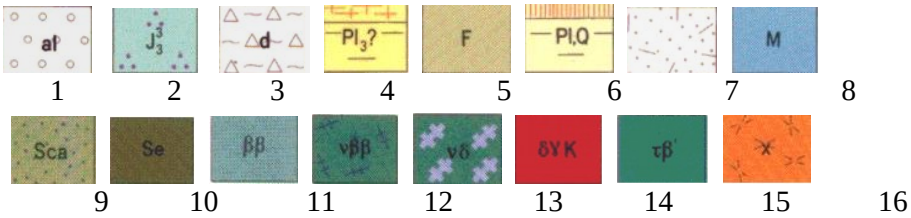
- Јурски флишни седименти - Јурските седименти се претставени со песочници, конгломерати, алевролити и глинци. Песочниците се крупнозрнести, среднозрнести и ситнозрнести, изградени претежно од кварц, фелдспати, како и фрагменти од варовници, серицит - хлоритски шкрилци и серпентинити. Конгломератите се составени од слабо сортирани валутоци изградени од метапесочници, глинести песочници, и серицит хлоритски шкрилци. Цементната материја е претставена со глина и лапорец.

- Метаморфни карпи - претставени се со мермери од палеозојска старост, кои се

изградени од крупни кристали на калцит и големо учество на лискуни особено на преодите кон шкрилците. Серицитско-филитичните шкрилци се најраспространетите метаморфни карпи кои имат пара потекло и настанале од пелитско- псамитски материјал. Метаморфираните риолити се јавуваат во склоп на шкрилестите серии и се одликуваат со висок степен на метаморфизам. Имат порфирска структура а како фенокристали се јавуваат кварц и фелдспат (микроклин). Фелдспатите најчесто се каолинизирани и серицитизирани.



Сл.1. Геолошка карта на истражуваното подрачје.



1.Алувиум; 2.Флишни наслаги; 3.Делувиум; 4.Плиоценски седименти; 5.Серицитски и филитични шкрилци; 6.Чакали и бигорливи варовници; 7.Распаднат површински материјал; 8.Мермери; 9.Метаморфирани песочници; 10.Серпентинити; 11.Дијабази;12.Габродијабази; 13.Габродиорити; 14.Гранодиорити; 15.Кајанити; 16.Метаморфирани риолити.

- Магматските карпи се едни од најзастапените во рамките на поширокатa околина на истражувањето. Претставени се со серпентинити со палеозојска старост. Покрај серпентинитите се присутни и дијабази, габродијабази и габродиорити. На овој терен исто така се присутни и гранодиорити кои се јавуваат во вид на големи маси, или пак во вид на дајкови. Покрај овие карпи на теренот се присутни и изливи на кајанити кои се јавуваат како покривач врз седиментите од горен плиоцен.
- Исто така посебно треба да се нагласи постоењето на

многу минерални појави и рудни наоѓалишта, како на пример големото арсенско-антимонитското наоѓалиште, како и хромитското наоѓалиште Лојане од кое во минатото се одвивала експлоатација на хромит.

МЕТОДОЛОГИЈА НА РАБОТА

Методологијата за работа со примероци од почви се состои од:

- Земање на примероци од почви;
- Подготовка на примероците;
- Одредување на застапеноста на тешките метали во примероците од почви со методата на ICP-AES;

Примероците за ова истражување се земени по квадратна мрежа со растојание помеѓу поединечните проби од 400x400 m. Земени се вкупно 35 проби со тежина на секоја проба поединечно од приближно 2kg на површина од 3.6 km^2 кои се соодветно означени со ознаки К-1 до К-34. Исто така на секоја земена проба и е одредена географската положба со координати за X Yи Z.

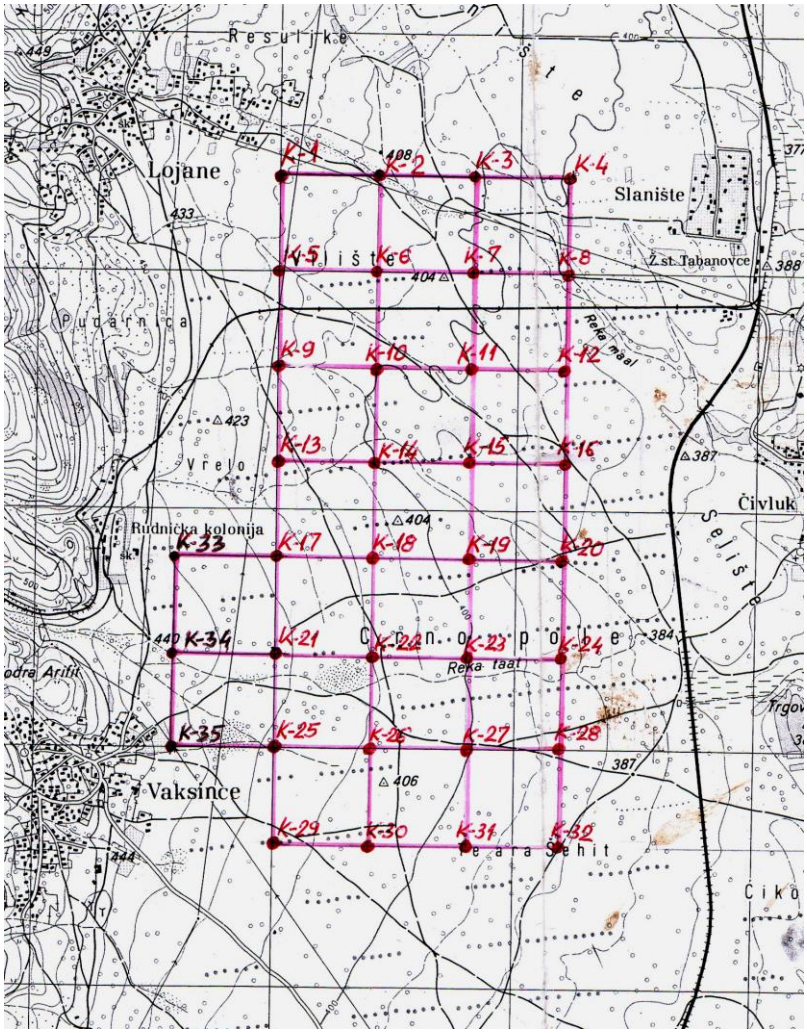
Подготовката на пробите се изведува во две фази и тоа просејување и растварање.

Просејувањето на примероците е извршено со помош на комплет лабораториски сита со отвори од 12, 60 и 170#. На тој начин е добиен репрезентативен примерок со тежина од 15 до 20 gr. За да се изврши растварање на примерокот потребни се 0.5g од просејаниот примерок.

Растварањето на примерокот е извршено по пат на мокра дигестија односно потопување на примерокот во мешавина од HCl и HNO_3 во сооднос 3:1(царска вода) со цел да се излужат присутните елементи. Понатаму садот со растворот се покрива со саатно стакло и се загрева до мокри соли. Мокрите соли се растварат со азотна киселина и се филтрират низ филтерна хартија. Филтрираните примероци се собираат во одмерни колби од 100ml и се чуваат до хемиската анализа.

ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Резултатите од хемиската анализа на примероците од почви се дадени во табела бр.1 Предмет на одредување се седум елементи од групата на тешки и токсични елементи кои се застапени во различни концентрации во секоја проба поединечно.



Слика бр.2. Топографска карта со означени точки на земање на проби

Табела бр.1. Резултати од хемиската анализа на почви од околината на с.Лојане

Резултати од хемиска анализа на почви од околината на с. Лојане (ppm)

P	O					Z	M	F
ед.Бр.	знака	s	r	u	g	n	n	e
1	K					7	1	2
	-1	36.1	13.8	1.45	.221	9.24	102.8	5648.7
2	K					6	9	3
	-2	81.8	81.5	9.62	.088	9.31	73.2	6167.2
3	K					6	8	3
	-3	46.3	48.2	6.42	.145	4.85	45.8	4951.5
4	K					6	8	3
	-4	85.7	18.5	4.46	.135	6.20	67.5	6887.6
5	K					7	1	4
	-5	58.5	81.0	8.44	.057	8.70	325.5	1596.8
6	K					8	1	3
	-6	26.6	71.3	4.94	.135	9.67	083.9	7423.4
7	K					6	9	3
	-7	10.4	81.6	5.46	.090	3.51	86.5	7192.0
8	K					7	1	4
	-8	54.1	96.0	5.77	.145	8.06	047.7	0330.7
9	K					8	1	4
	-9	42.9	50.2	5.18	.069	8.48	522.1	3796.9
1	K					5	9	3
0	-10	97.8	40.8	2.52	.112	8.30	46.5	3842.7
1	K					7	8	3
1	-11	92.2	31.3	8.05	.089	6.18	48.3	9287.2
1	K					6	1	3
2	-12	26.4	52.6	9.98	.115	5.32	013.7	7316.4
1	K					1	1	4
3	-13	96.6	67.3	8.32	.191	08.34	259.1	4278.6
1	K					8	1	4
4	-14	50.0	17.6	8.20	.072	6.76	200.2	7746.1
1	K					9	1	3
5	-15	22.7	65.3	8.84	.085	3.48	012.8	9381.0

1		K						8		1		3	
6	-16		59.8	47.1	6.42	.115	2.68		184.4		7269.3		
1		K						6		1		4	
7	-17		54.1	09.2	4.34	.109	6.37		046.7		9254.3		
1		K						7		9		4	
8	-18		07.2	41.2	9.00	.084	2.40		91.6		7390.3		
1		K						7		1		4	
9	-19		14.9	20.2	8.19	.097	3.74		030.6		5957.6		
2		K						6		1		4	
0	-20		61.5	05.0	6.46	.068	9.11		088.7		6844.5		
2		K						8		9		5	
1	-21		21.7	21.3	5.94	.069	4.88		90.2		1942.7		
2		K						4		9		4	
2	-22		75.4	66.4	3.06	.131	8.62		43.2		6281.5		
2		K		-	-	-	-		-		-		
3	-23		85.7										
2		K						1		1		4	
4	-24		60.1	38.4	6.94	.102	73.24		078.9		8086.6		
2		K						7		1		4	
5	-25		59.9	40.1	6.71	.166	7.72		056.0		6843.6		
2		K						5		1		4	
6	-26		06.5	30.7	6.35	.132	7.31		350.9		5500.2		
2		K						7		9		4	
7	-27		30.4	39.9	4.70	.110	6.31		33.5		6121.0		
2		K						7		1		4	
8	-28		24.9	91.0	6.55	.065	5.51		005.9		5846.8		
2		K						7		9		4	
9	-29		41.4	86.6	1.21	.159	2.18		04.4		0291.8		
3		K						7		1		4	
0	-30		60.0	02.4	7.51	.088	4.24		013.9		8097.4		
3		K						7		1		4	
1	-31		96.1	05.3	8.72	.039	1.43		049.6		2326.9		
3		K						7		1		4	
2	-32		64.1	92.1	8.50	.086	6.24		013.5		7395.0		
3		K						7		1		5	
3	-33		94.8	89.0	0.42	.508	7.79		308.4		2370.5		
3		K						5		1		5	
4	-34		76.7	62.2	3.33	.084	9.10		108.1		2569.4		
3		K						6		7		3	
5	-35		11.0	54.6	3.80	.068	6.35		69.4		4244.3		

Максимално дозволените концентрации во почви на елементите кои се опфатени со ова истражување се прикажани во табела бр.2.

Табела бр.2. Максимално дозволени концентрации на елементите во почви.

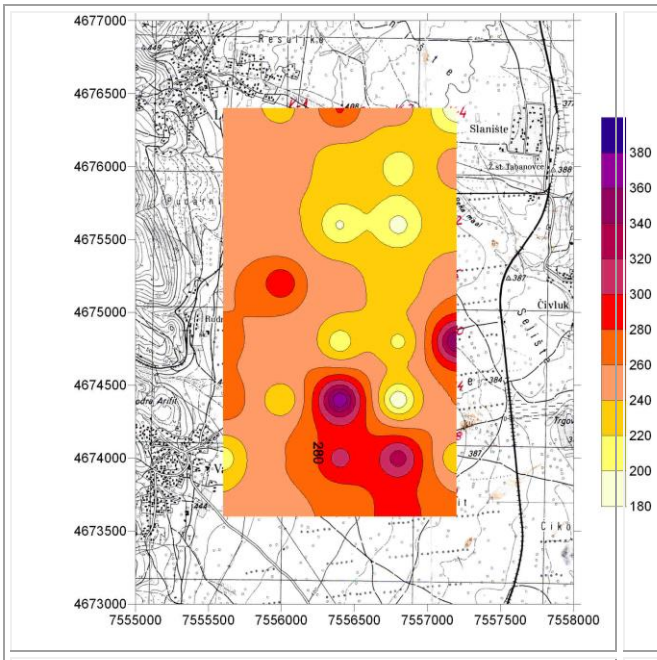
Елемент	**As**	**Zn**	**Cu**	**Hg**	**Cr**
МДК(ppm)	**<10**	**300**	**100**	**0.01-0.1**	**100**

Податоците за максимално дозволените концентрации на одредени елементи во почвите можат да послужат како основа за споредба со добиените резултати од хемиските анализи а со тоа и идентификување на контаминацијата на почвите со овие елементи.

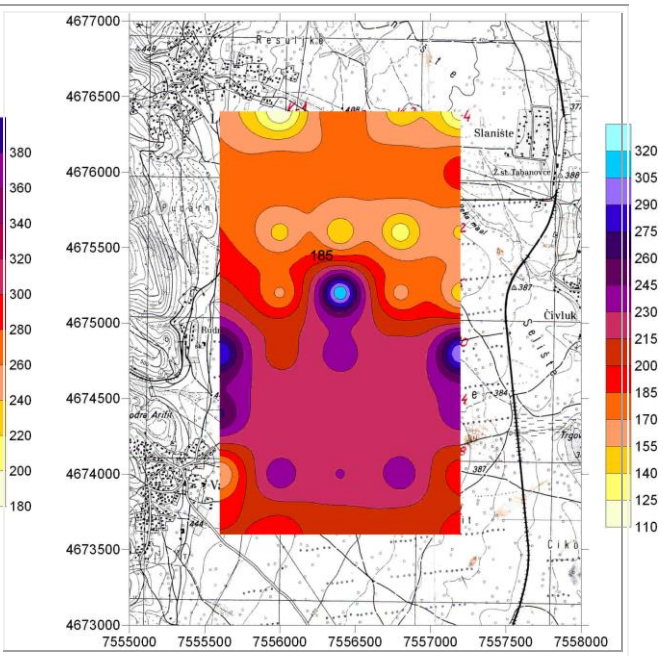
Со споредба на податоците од хемиските анализи и максимално дозволените концентрации се забележува дека одредени елементи се јавуваат во енормно високи содржини.

За определување на висината на контаминацијата со тешки елементи се изработени контурни геохемиски карти кои укажуваат на областите на контаминација и ги отсликуваат варијациите на содржината на одреден елемент. За таа цел се изработени геохемиски карти за секој елемент посебно.

Во истражуваното подрачје како елемент кој во најголема мера ја надминува границата на максимално дозволена концентрација е арсенот. Овој елемент во сите точки од кои се земени примероци за анализа, се јавува во концентрации кои ја надминуваат максималната дозволена концентрација во опсег од 18.5 до 36 пати. Овие податоци укажуваат на тешката контаминација на овие почви во однос на арсенот. Поради фитотоксичните ефекти кои арсенот ги предизвикува врз растенијата овие терени се неподобни за одгледување на земјоделски култури. Овие енормно високи содржини на арсен во почвите најверојатно се последица на распадот на примарните минерали на арсенот од антимонит-арсенското наоѓалиште кое е локализирано во близина на теренот на кој е спроведено ова истражување. Арсенот под дејство на водените раствори е транспортиран од местото на примарната концентрација до почвените хоризонти кои се предмет на ова истражување.



Слика бр.3. Геохемиска карта на арсен



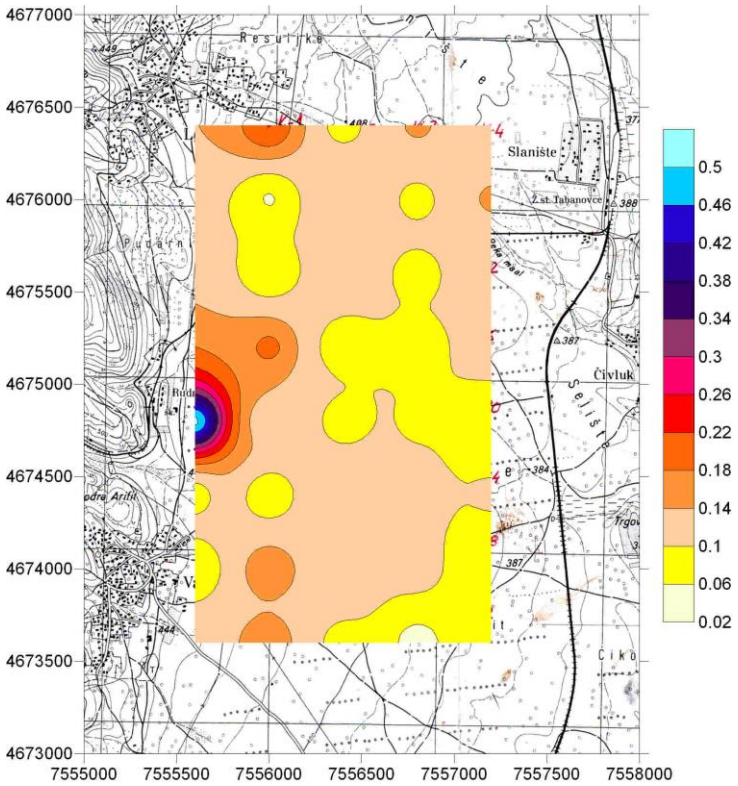
Слика бр.4.Геохемиска карта на хром

Покрај арсенот во концентрации поголеми од дозволените се појавува и хромот. За разлика од арсенот, хромот не ја преминува максимално дозволената концентрација во толкава мера. Но сепак и хромот се јавува во концентрации кои би можеле да бидат штетни за почвените екосистеми. Највисоки концентрации на хром се јавуваат во пробите К-14 со содржина од 317.6 ppm и во пробата К-20 со 305.0ppm Cr. Покрај овие проби кои имат највисоки содржини на хром евидентно е и тоа дека во сите останати проби содржината на хром значително е повисока од максимално дозволените концентрации за најмалку 40%. Во близина на истражуваниот терен се наоѓа едно од најголемите наоѓалишта на хром во Р.Македонија кое било во активна експлоатација до 1960 година. Па така евидентна е поврзаноста на високите концентрации на Cr во почвите со блискоста на наоѓалиштето, како и со активностите на неговото експлоатирање. На високата содржина на хром во почвата сигурно големо влијание имал и човековиот фактор. Високите количини на хром во почвата најверојатно претставуваат производ на рударењето кое било присутно на овој терен така што во блиската околина се ослободувани големи количини на овој метал преку одлагање на јаловината од откопаната руда и преку ослободувањето на голема количина на руднички води заради одводнување.

Еден дел од хромот би можел да потекнува и од серпентинитите како и од габроидите кои се присутни во истражуваната област поради зголемените количини на хром кои се присутни во тие типови на карпи.

Живата исто така претставува метал кој е силно токсичен и неповолно влијае на животната средина. Во истражуваното подрачје се јавува во количини кои се повисоки од максимално дозволената концентрација или пак претставуваат гранични вредности. За живата максимално дозволените концентрации се во опсег од 0.01 до 0.1ppm. Повеќето од анализираните примероци ја надминуваат границата од 0.1ppm а во 17 примерока концентрацијата на жива е во дозволениот опсег. Највисоки концентрации на Hg се јавуваат во пробата К-1 со 0.221 ppm и К-33 со содржина од 0.508ppm. Останатите проби се со концентрации на Hg кои се во опсег од 0.010 до 0.066 ppm над дозволените концентрации. Евидентно е тоа што најголеми концентрации на Hg во почвите се констатирани во крајните западни делови на истражуваното

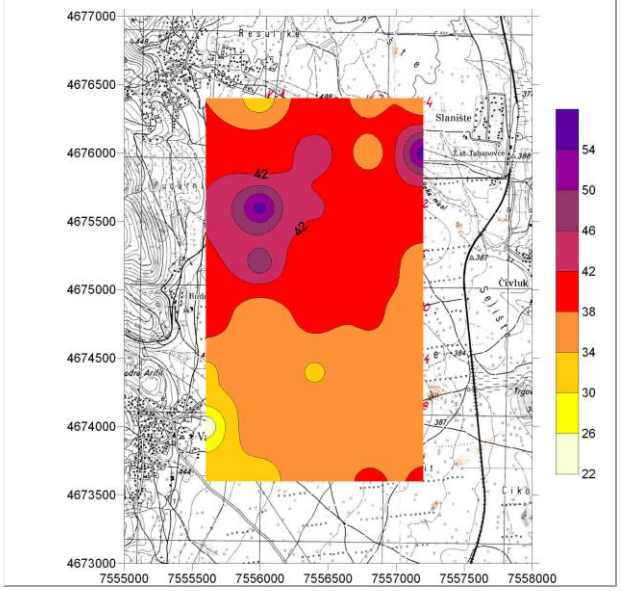
подрачје каде што во близина има појава на сулфидни руди на бакар и арсенско-антимонитски наоѓалишта како и минералошки појави на овој метал во кристалестите шкрилци.



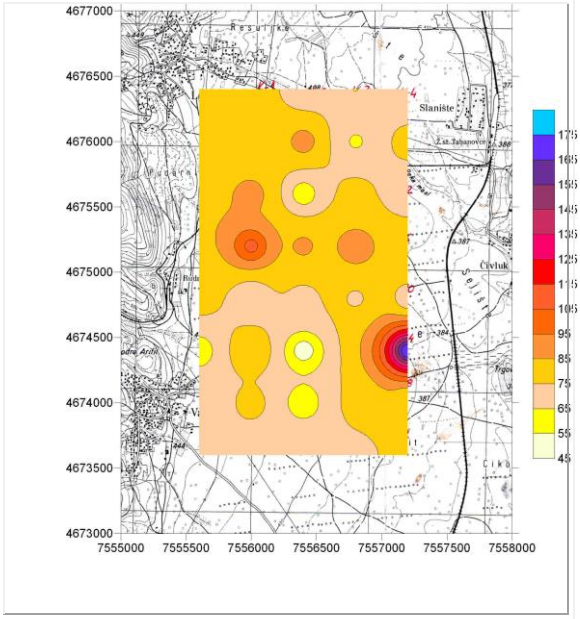
Слика бр.5. Геохемиска карта на жива

Ако се знае дека живата скоро секогаш се јавува како придружен метал во хидротермалните наоѓалишта, тогаш може да се каже дека голем дел од овие концентрации во почвите потекнуваат од овие наоѓалишта. Со растварање на распаднатите сулфиди би можело да дојде до мобилизирање на живата и нејзино депонирање на денешната положба. Поради афинитетот на живата да испарува на ниски температури и подоцна да кондензира еден дел од присутната жива би можел да потекнува од атмосферското депонирање. Контаминацијата на овие почви со жива не е големо споредбено со загадувањето со арсен или хром но сепак поради силниот токсичен ефект на живата потребни се мерки за презервација и деконтаминирање на оваа област.

Резултатите кои се добиени за концентрацијата на бакар во почвите во околината на с.Лојане не покажуваат значително зголемување на содржината со оглед на тоа дека овие вредности не ја преминуваат максимално дозволената концентрација од 100 ppm. Највисоката концентрација на бакар која е детектирана во сите проби изнесува 55.77 ppm што е зачително помалку од дозволената концентрација. Сепак битно е да се спомене дека средната содржина на бакар во земјината кора изнесува од 20- 30 ppm, додека во анализираните проби оваа содржина е надмината или во најголем дел претставува вредност што е малку над нормалната вредност и може да укаже на извесно контаминирање.



Слика бр.6. Геохемиска карта на бакар



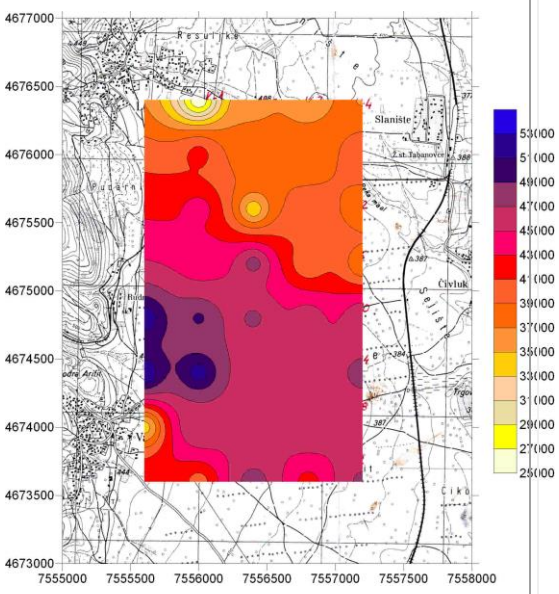
Слика бр.7. Геохемиска карта на цинк

Бакарот во почвите кои се испитувани може да потекнува од многубројните хидротермални минерални појави кои се констатирани во околината. Зголемените концентрации на бакар во почвите можат да се јават и како последица на прекумерната употребата на вештачки ѓубрива кои во својот состав го содржат овој метал.

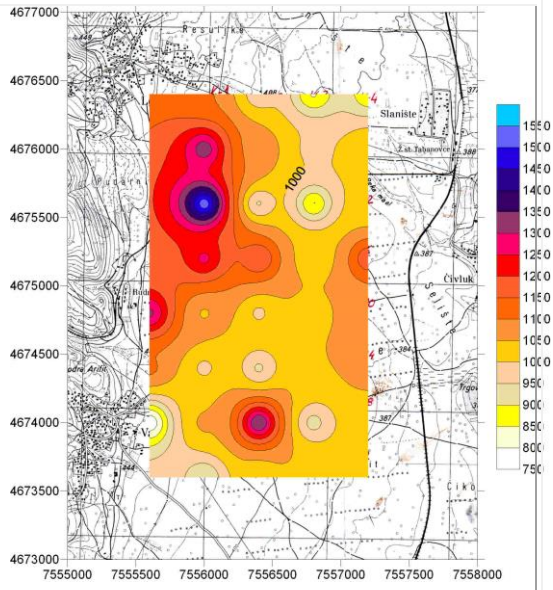
Цинкот во анализираните проби генерално се јавува во ниски концентрации кои не преминуваат 180ppm. Со оглед на вредноста за максимално дозволената концентрација на цинк која изнесува 300ppm, можеме да заклучиме дека на ова подрачје нема некое поголемо контаминирање со цинк. Средната содржина на цинк во континенталната кора изнесува околу 40ppm. Со оглед дека најголемиот број на проби се многу блиску до овие вредности може да се заклучи дека од аспект на цинкот не постои контаминација. Исклучок претставуваат неколку проби како што се К-13 и К-24 кај кои што имаме зголемени концентрации на Zn со вредност од 108 и 173 ppm кои сепак се далеку од максимално дозволената концентрација.

Железото како еден од главните елементи во почвите во овие проби се јавува во високи концентрации. Високите концентрации на железо во анализираните почви водат потекло од ултрабазитите и габроидните карпи кои се широко застапени во околината на истражуваното подрачје а кои во себе содржат зголемени количества на железо во однос на просечната застапеност на овој метал во земјината кора.

Присуството на железните хидрирани оксиди во почвите е еден од главните фактори за апсорпција на другите тешки метали така што неговото присуство придонесува за апсорпција и фиксирање на јоните на другите метали што ги прави недостапни за абсорпција од страна на растенијата.



Слика бр.8.Геохемиска карта на железо



Слика бр.9. Геохемиска карта на манган

Поради високата токсичност како и силните мигративни својства, манганот е еден од елементите од интерес во ова истражување. Манганот во земјината кора се јавува во опсег од 20 па до 200ppm. Во истражуваното подрачје концентрациите на манганот се значително зголемени и се движат во опсег од 769-1522ppm. Ова се должи на присуството на голем број минералошки појави на манганови оксиди со чие распаѓање и растварање би можело манганот да се ослободи и да се транспортира а со тоа да ги контаминира почвите од истражуваното подрачје.

Геохемиските карти на поедините елементи во истражуваниот простор се изработени со цел да се долови појасна слика за дистрибуцијата и концентрацијата на елементите. Со овие карти јасно се детерминират просторните варијации на концентрацијата на хемиските елементи кои се објект на ова истражување.

КОРЕЛАЦИИ ПОМЕЃУ КОНЦЕНТРАЦИИТЕ НА ПОЕДИНЕЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Утврдувањето на односот како и врската помеѓу хемиските елементи е еден од најбитните параметри за разбирањето на процесите на адсорпција и дистрибуција на овие компоненти во почвените системи. Во статистиката, појавите на меѓусебни врски и односи се одредуваат со методот на корелција. При обработката на податоците, многу е важно да се утврди како се менува еден примерок при промената на другиот, односно потребно е да се пронајде врската и коефициентот на корелација која го одредува степенот на меѓусебна поврзаност.

При геохемиските проучувања покрај определување на обликот и насоката на поврзаноста потребно е да се детерминира и јачината на врската. Мерката за јачина на врските претставува коефициентот на корелација. Неговата вредност може да се движи во границите од -1 до +1, при што вредностите од 0 до 0.5 во било која насока се сметат за незначајни, а ако добиенот коефициент е над 0.5 тој укажува на одредена значајна поврзаност, која е поголема колку што самата вредност е поблиску до 1.0. Во наредната табела е прикажана значајноста на врската помеѓу корелатите во зависност од вредноста на добиениот коефициент на корелација.

Табела.3. Оцена на коефициентот на корелација

Коефициент на корелација	Оцена на врската
До 0.5	Незначајна врска, несигурноста е голема
0.5 – 0.7	Значајна врска, несигурноста е мала
0.7 – 0.8	Јака врска, може да има практична важност
0.8 – 0.9	Тесна врска, има практично значење
0.9- 1.0	Многу тесна врска, има големо практично значење

Во ова истражување со метод на регресивна корелација е проверено дали постои поврзаност помеѓу застапеноста на анализираните елементи. Добиените корелации се прикажани во Табела 4.

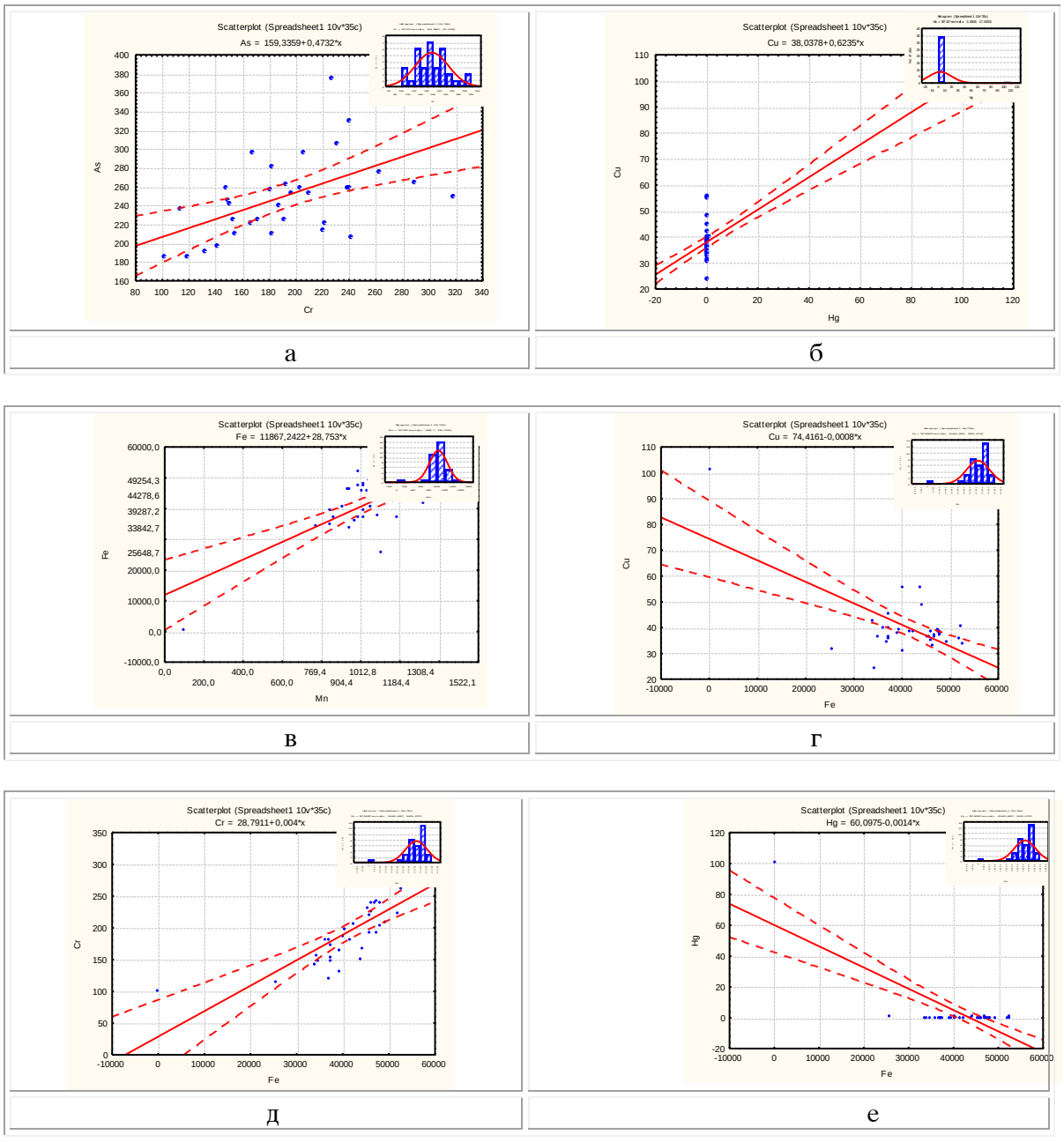
Табела бр.4. Коефициент на корелација помеѓу поедините елементи застапени во анализираните почви

Корелации помеѓу елементите	*Коефициент на корелација*	*Корелации помеѓу елементите*	*Коефициент на корелација*
As-Cr	0.55	Cu-Fe	-0.65
As-Fe	0.42	Cu-Mn	-0.45
As-Mn	0.36	Cr-Fe	0.72
Cu-Hg	0.87	Cr-Mn	0.39
Hg-Fe	-0.76	Fe-Mn	0.68
Hg-Mn	-0.72		

Од резултатите прикажани во претходната табела можеме да видиме дека се добиени неколку корелации со значајни вредности (над 0.5) и тоа помеѓу елементите:As-Cr(0.55); Cu-Fe(-0.65); Fe-Mn(0.68); Cr-Fe(0.72); Hg-Mn(-0.72); Hg-Fe(-0.76) и Cu-Hg(0.87).

Кај некои од наведените парови на елементи присутна е негативна поврзаност односно застапеноста на високи концентрации од едниот елемент е проследена со ниска концентрација на другиот елемент. Зголемени концентрации на железо и манган најчесто се јавуваат при ниски концентрации на жива. Добиена е и значајна негативна поврзаност помеѓу застапените количини на бакар и железо.

Највисока корелација во анализираните примероци е добиена помеѓу елементите жива и бакар. Меѓу нив постои тесна врска, односно во почвите каде што се присутни високи концентрации на бакар најчесто се наоѓат и високи концентрации на жива.



Сл.10. Коефициенти на корелација: (а) As-Cr; (б) Cu-Hg; (в) Fe-Mn; (г) Cu-Fe; (д) Cr-Fe; (е) Hg-Fe;

ЗАКЛУЧОК

Со истражувањето е утврдено дека во анализираните примероци на почви, некои од тешките метали се застапени во концентрации кои ја надминуваат максимално дозволената граница на застапеност. Така на пример, застапеноста на арсенот во сите 35 примерока ја надминува максимално дозволената концентрација од 18.5 до 37 пати. Покрај арсенот, во сите примероци МДК ја надминува и хромот, во просек за вредност двојно поголема од дозволената. Живата во дел од примероците ја надминува МДК додека во 17 примерока е во дозволениот опсег.

Во склоп на ова истражување е испитувана и меѓусебната поврзаност во застапеноста на металите во примероците. За утврдување на поврзаноста е користен методот на регресивна корелација. Највисока позитивна корелација е добиена за елементите Cu и Hg, а значајна негативна поврзаност во застапеноста на елементите има во паровите:Hg-Fe; Hg-Mn и Cu-Fe.

ЛИТЕРАТУРА

Alloway B.J .1990: Heavy metals In soils. London

Боев Б.; Лепиткова С. 2002: Геохемија на средина. Штип: Рударско-геолошки факултет;

Боев Б.; Лепиткова С. 1996: Geochemical investigation of the soils in the Republic Macedonia. Geologica Macedonica, Vol.11,pp 51-56, Stip, 1997.

Krauskoppff, K.B., 1967; Introduction to geochemistry, Mc.graw Hull, New York,pp 667.

Серафимовски Т., Јеленковиќ Р.1997. Наоѓалишта на металичнu минерални суровини. Штип: Рударско-геолошки факултет;

Серафимовски Т.2002: Инструментални методи. Скопје: Универзитет “Св. Кирил и Методиј”.

Scott, W.S., 1980: Water, Air and Soil Pollution, 13,187

Schnitzer, M., kerndorf,H., 1981: Water, Air and Soil Pollution, 15,97.

Толкувач на основна геолошка карта на Р.Македонија- лист Куманово

ГЕОЛОШКО НАСЛЕДСТВО

АРХЕОМЕТРИСКИ ИСПИТУВАЊА НА НА БРОНЗЕНИТЕ МОНЕТИ ОД ВРЕМЕТО НА АЛЕКСАНДАР МАКЕДОНСКИ

Блажо Боев[1], Владимир Берманец[2], Соња Лепиткова[1]

[1]Факултет за рударство, геологија и политехника,
Универзитет "Гоце Делчев" Штип, e-mail: blazo.boev@ugd.edu.mk
[2]Природно-математички факултет Загреб, Завод за петрографија и минералогија e-mail: vladimir.bermanec@public.carnet.hr

Абстракт

Во овој труд се прикажани испитувањата кои се направени на бронзените монети кои потекнуваат од III век п.н.е., од времето на Македонскиот крал Александар Македонски со примена на SEM методата. Со овие испитувања недвосмислено се одредува составот на употребената бронза при изработката на монетите и притоа се покажува дека бронзата во својот состав има поголема количина на олово што од своја страна го имплицира и заклучокот кој се однесува на старите рудници за добивање на бакар кои за времето на империјата на Александар Македонски биле во експлоатација.

Клучни зборови: бронза, олово, бакар, рудници

ВОВЕД

На територијата на денешна Република Македонија постојат бројни археолошки локалитети кои потекнуваат од времето на големата империја на Александар Македонски. При археолошките истражувања на овие локалитети покрај другите артефакти се наоѓаат и монети кои во зависност од времето во кое се изработени се направени од различни метали (бакар, бронза, злато). Во овој труд се прикажани испитувањата кои се направени на брозените монети кои потекнуваат од локалитетот Исар-Марвинци кој се наоѓа во близината на селото Марвинци на околу седум километри југозападно од Валандово (Сл.1).

Сл.1. Археолошки остатоци во локалитетот Исар-Марвинци

На овој простор во периодот од IV век п.н.е. на темелите на праисторискиите населби се формираат нови населби во областа која се нарекувала Амфакситида.

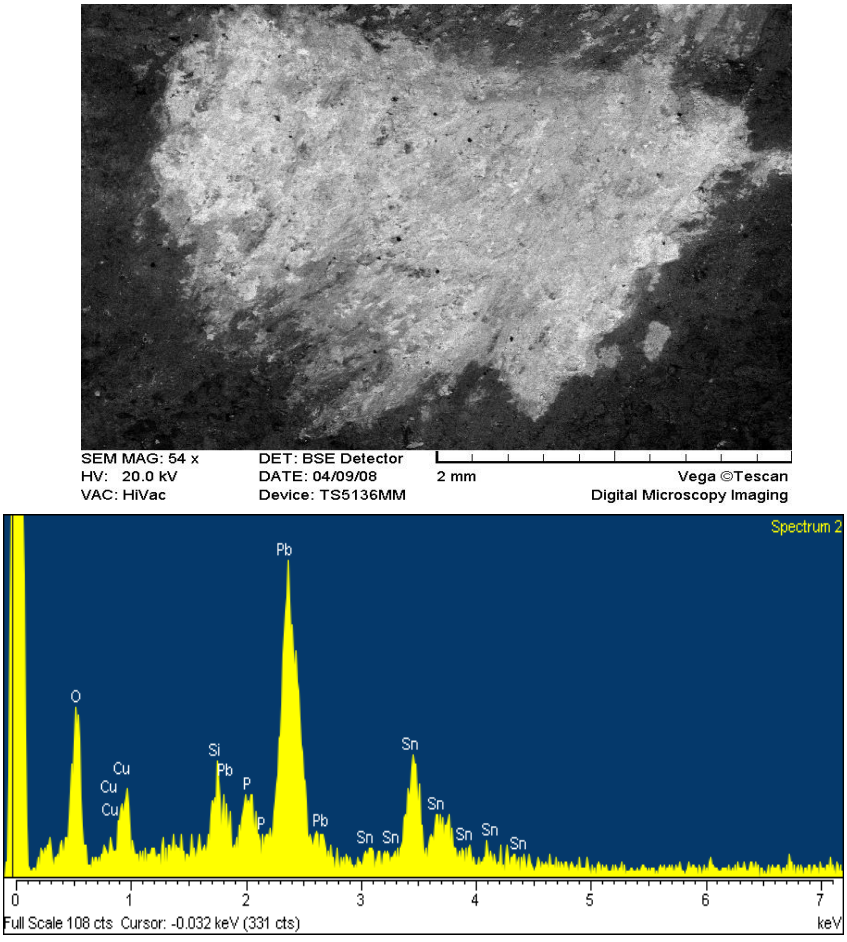
Самиот град Исар-Марвинци потекнува од средината на IV век п.н.е., кога го доживува и својот процват. При археолошките ископувања на овој простор откриени се бројни некорполи како и поголема коли-

чина на керамика и предмети од метал (делови од шлемови, штитови, оружје и монети). Самиот град Исар-Марвинци е уништен во земјотресот кој се случил во почетокот на VI век.

МЕТОДОЛОГИЈА НА РАБОТА И ДОБИЕНИ РЕЗУЛТАТИ

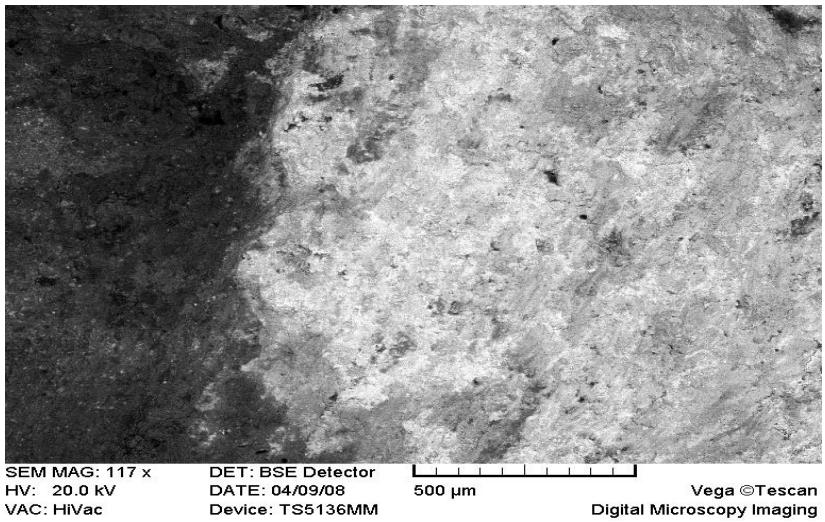
Денес во светот многу брзо се развиваат методите на археометриските испитувања посебно во оваа насока се напреднати Францската и Германската школа (Domergue,C., et all, 2006.), (Eramo, G., et all., 2006), (Robion-Brunner,C., et all, 2006), (Guénette-Beck,B., 2006).

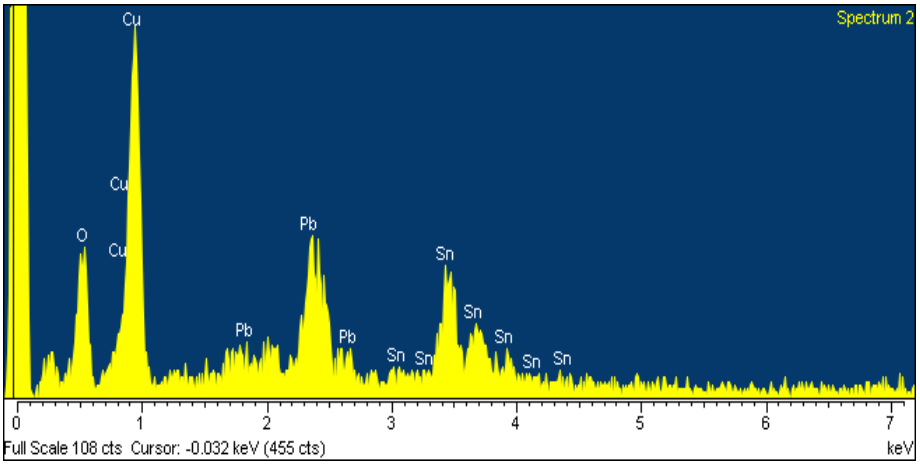
За одредување на составот на бронзата која е употребена при изработката на бронзените монети од времето на Александар Македонски е користена методата SEM. Оваа метода е применета бидејќи станува збор за недеструктивна метода при што археолошкиот примерок останува во потполност непроменет и заштитен. Од спроведените истражувања може да се констатира дека составот на монетите одговара на составот на бронзата (Сл.2).



Сл.2. SEM анализа на бронзена монета од Исар-Марвинци

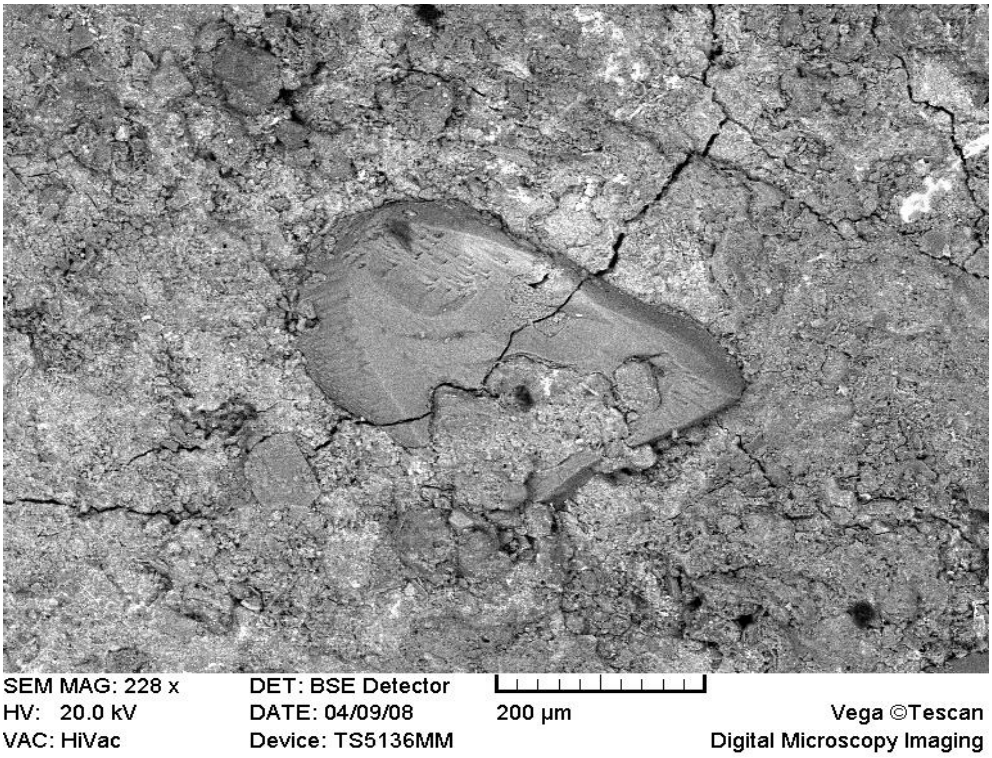
Исто така од направените анализи може да се констатира дека бронзата која е употребена во монетите содржи релативно голема количина на олово што укажува на фактот дека металургиската обработка на металите не била на високо ниво кое гарантирало поголема чистота на бронзата. Големата количина на олово од своја страна имплицира и заклучок дека рудите кои се употребувале за добивање на бакар биле блиску асоцирани со рудите на олово и цинк (како што се рудниците во околината на Кратово). (Сл.3).

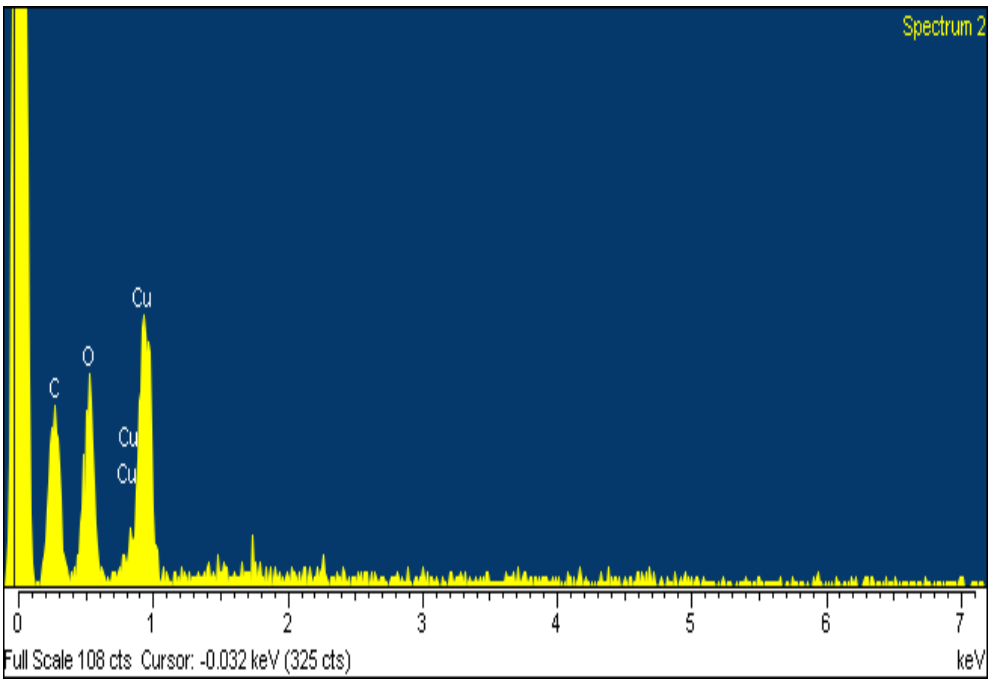




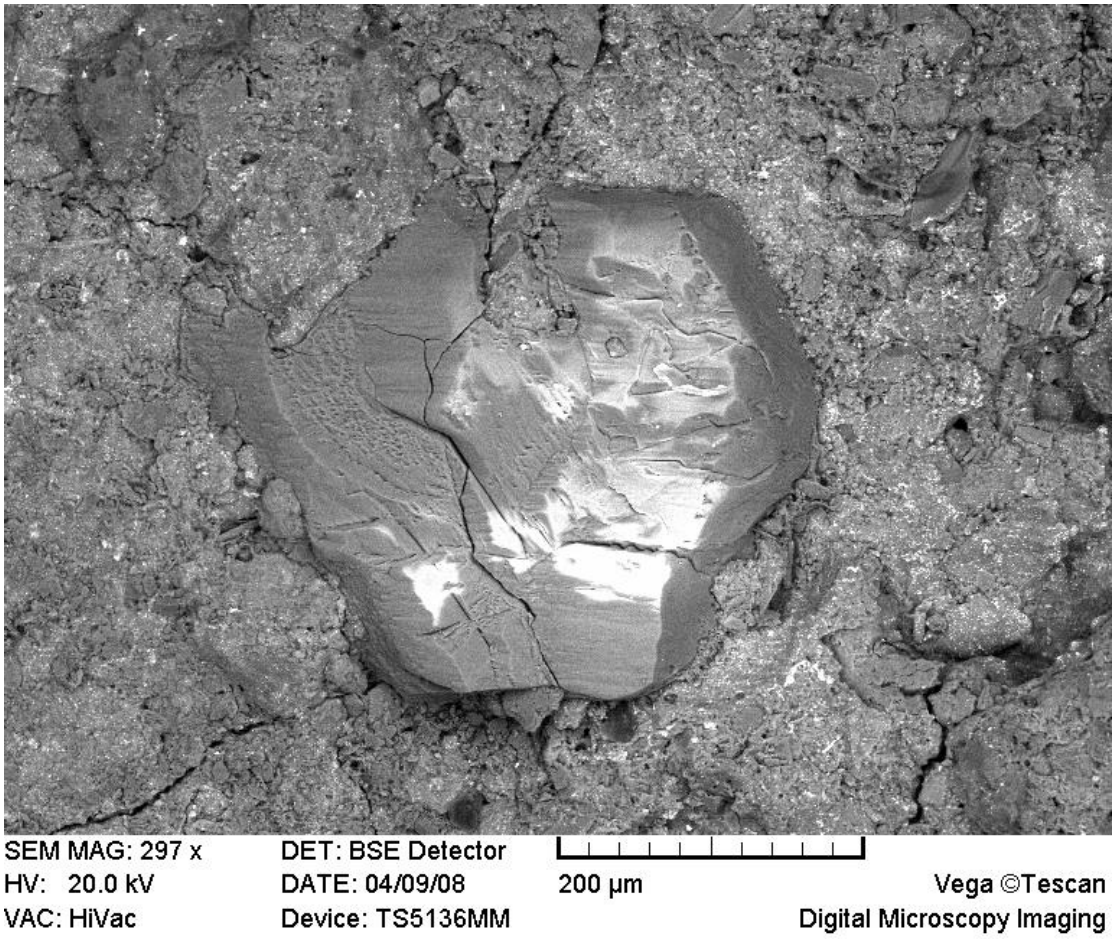
Сл.3. SEM анализа на брозена монета од Исар-Марвинци

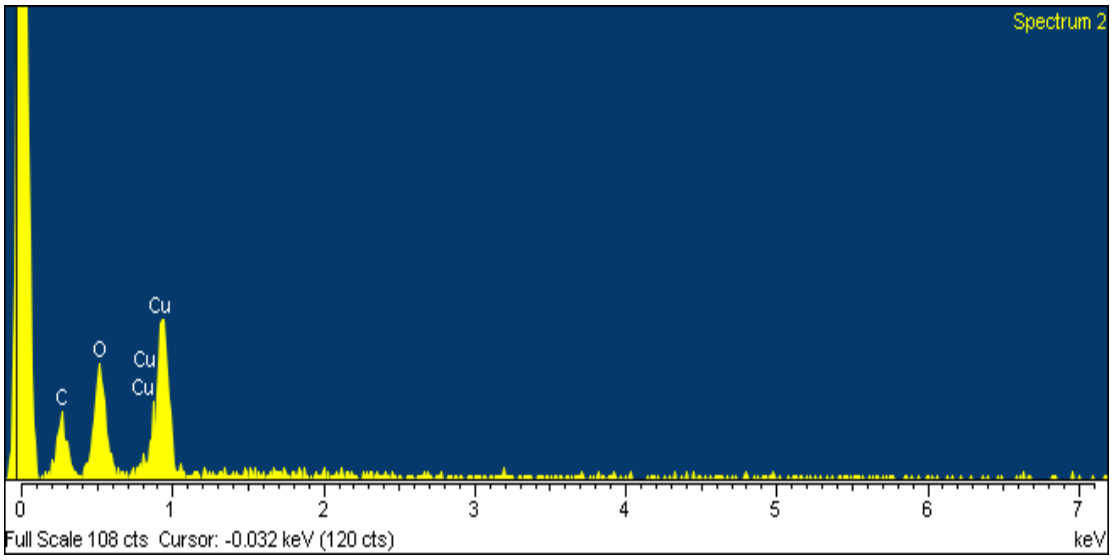
Исто така при овие испитувања е приметено дека на површината на бронзените монети се формираат секундарни минерали кои се релативно добро искристализирани, по боја се зелени и се појавуваат во правилни кристалографски облици. Со одредувањето на составот на овие минерали се дојде до заклучок дека станува збор за хидроксиди на бакарот од групата на малахит. (Сл. 4 и Сл.5).





Сл.4. Состав на секундарните минерали кои се формираат на површините на бронзените монети од локалитетот Исар-Марвинци





Сл.5. Состав на секундарните минерали кои се формираат на површините на бронзените монети од локалитетот Исар-Марвинци

ЗАКЛУЧОК

Со спроведените испитувања на монетите од локалитетот Исар-Марвинци кои потекнуваат од времето на Александар Македонски со примена на SEM методата се покажа дека оваа метода е исклучително погодна за археометриски истражувања посебно за артефакти кои се многу ретки и кај кои нее дозволено уништување на материјалот. Со овие испитувања се покажа дека составот на употребената бронза е многу сличен со составот на бронзата која се употребувала во времето на IV век п.н.е.

ЛИТЕРАТУРА

Domergue, C., Serneels, V., Cauuet, B., Pailler, J.-M., Orzechowski, S.: Mines et métallurgies en Gaule à la fin de l'âge du Fer et à l'époque romaine. D. Paunier (dir.), Celtes et Gaulois, l'Archéologie face à l'Histoire, la romanisation et la question de l'héritage celtique. - Actes de la table ronde de Lausanne, 17-18 juin 2005, BIBRACTE, 12/5, 2006, 131-162.

Eramo, G., Laviano, R. et Vurro, F.: Analisi mineralogica, petrografica e chimica di laterizi e malte provenienti das Castello di Lucera e dal sito archeologico di Castel Fiorentino (Foggia) : primi risultati.–PLINIUS,32, 2006, 387-388.

Robion-Brunner, C., Perret, S., Serneels, V., Dembelé, A. and Huysecom, E.: A thousand years of iron metallurgy on the Dogon plateau (Mali). - Proceedings of the 18th Biennial meeting of the Society of Africanists Archaeologists, Calgary, 23-26 juin 2006, 1-3.

Guénette-Beck, B.: The production of the lead mines in the Wallis Area (Switzerland) during roman times. ISA 2006, 36th International Symposium on Archaeometry, 2-6 May, Quebec, Canada, 2006, p. 294. (Abstract).

ИНТЕРЕС НА ЕВРОПСКАТА НАУКА ЗА ГЕОЛОШКИ ПРОУЧУВАЊА ВО МАКЕДОНИЈА ДО ФОРМИРАЊЕТО НА ДРЖАВНИТЕ ИНСТИТУЦИИ

Никола Думурџанов
Bul.V.S. Bato 75/3-18, 1000 Skopje, Makedonija; nika@unet.com.mk

Абстракт
Во Македонија користењето и експлоатацијата на племенити и обоени метали и украсен камен има долга традиција. Експлоатација на овие метали и украсен камен се одвивало уште во античко време за што сведочат измивалишта на злато, остатоци од рудничката дејност и од топените руди, изградените амфитеатри, палати, колони, статуи од мермери, од варовници и травертини.. Рударењето во голем подем било за време на Римјаните и со доаѓањето на Сасите во ЦИИИ и ЦИВ во Македонија. Меѓутоа, првите геолошки научни проучувања се вршени дури во првата половина од ЦИЦ век од А. А. Боуе (1836,1840) и А. Виљуеснел (1842). Подоцна, истражувањата се интензивирале од познати европски геолози, (Л. Бургерстеин-1877, Ј. Цвијиќ 1906), а особено од германските и австриските воени геолози од Првата светска војна (Ф. Коссмат 1924 и др.). Меѓу двете светски војни најзначајни истражувачи биле М. Сцхлоссер (1921), В. Ласкарев (1921, 1937).

Клучни зборови: европски геолози во Македонија до 1944.

ВОВЕД

Користењето и експлоатацијата на злато, сребро, бакар, бронза, олово, цинк и украсен камен во Македонија има многу долга традиција. Масовна експлоатација на овие племенити и обоени метали и украсен камен се вршела уште во времето на античките Македонци. За тоа сведочат монетите изработени од бакар, злато и сребро ковани од различни македонски владетели пронајдени на различни локалитети, како и разноврсните предмети за домаќинства, за вршење разни обреди, за украсување, потоа алатките и орудијата за рударење, за вршење занаетчиски и земјоделски работи, за воени цели и др. Од посебно значење за македонските простори е така наречена вмакедонска бронзаг претставена со уметнички и украсни предмети пронајдени на многу наши локалитети (Требениште и др.).

Исто така, во античка Македонија, а подоцна и во Римско и Византиско време масовно се експлоатирале мермерите, варовниците и травертинот за изградба на палати, обредни објекти, амфитеатри, за изработка на статуи, бисти и други пластики, сочувани до денес на многу наши локалитети.

Покрај артефактите и големиот број населби, од античко и римско време, сочувани се и измивалишта на злато, рударски окна за добивање на руди, остатоци од топењето на бакар и друго. Така, до денешно време се познаваат местата на измивалиштата каде се добивало злато од речни наслаги во источна Македонија (Виничко и др.), а од десната страна на Коњска Река во Гевгелиско, наспроти селото Коњско, во месноста викана вГрамадиг зачуван е голем број купишта чакалест материјал, нареден во форма на рудни одлагалишта (халди). На простор со должина преку 1 км грамадите се меѓусебно паралелно распоредени, а напречно ориентирани на долината на реката. Грамадите се јалов остаток од измиените златоносни наслаги образувани со ерозивна дејност на пределите на Кожуф и таложење на материјалот на падините и некогашното плио-плеистоценско езеро и коритото на Коњска Река (сл.1). Измивањето на златоносните наслаги во долината на Коњска Река продолжило и во времето

на Римјаните, на што укажуваат некои топоними, како на пример, месност која се вика вСендоратог, што во превод од латинскиот јазик значи златен песок (сенд - песок, орато - златен). а веројатно и името на притоката Сарандарска Река, е во врска со овој топоним.

Слика 1: Панорама на месноста вГрамади,г од десната страна на Коњска Река (Гевгелија) каде се измивале златоносни наслаги за добивање злато во времето на античките Македонци и на Римјаните (сл. горе) ;
Грамади од измиениот јалов материјал, нафрлен во купишта со форма на рудничко одлагалиште (сл. доле).

Figure 1: View on the locality “Gramadi” in the right side of dhe valley of Konska river (Gevgelija) where Ancient Macedonians and Roman panning the gold (fig. upper);
Refuse heap from placer mining of gold (fig. below),

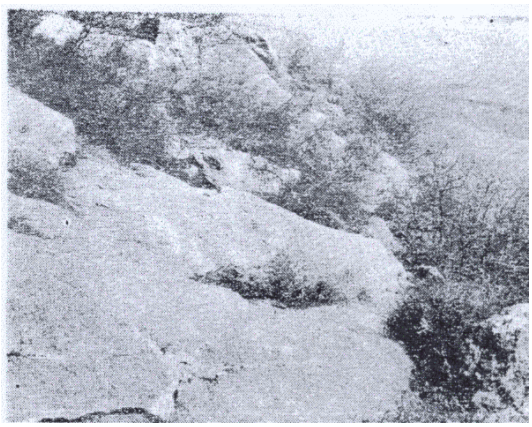
Античките Македонци, злато и сребро добивале и со експлоатација и топење на оловно-цинкови руди кои ги ваделе во Кратовско-злетовската вулканска област и пошироко (ковање на сребрени монети во Кратово), во долината на Опеничка Река (Охридско) и на други места, каде сé уште можат да се пронајдат остатоци од рударењето. За време Римјаните добивањето на овие руди продолжило особено во Злетовско и Кратовско, каде се пронајдени разни рударски алатки , релјеф на римски војник и други предмети, изложени во локалниот руднички музеј во Пробиштип. Рударење и топење на руди од Римјаните имало и во Демиркаписко -с. Дрен, Казан Дол, каде е пронајдена згура од топената бакарна руда, потоа копање на арсен во Мајдан (Алшар).

Користењето на мермери, варовници и травертин како архитектонско-градежен камен било во широка употреба за време на античка Македонија, а уште повеќе се интензивирало во периодот на Римјаните и Византијата. Од овие материјали се граделе палати, амфитеатри, се изработувале колони, надгробни споменици, статуи, бисти и други уметнички пластики. Белиот сахароиден доломитски мермер од Сивец - Прилепско, и од околните предели, бил многу ценет уште од античките Македонци а потоа и од Римјаните и Византијците. Од овој мермер, карактеристичен со целосна хомогеност, масивност, голема белина и добри својства за уметничка обработка, се изработени бројни бисти, статуи, колони, епители и друго на локалитетот Стоби, потоа, сите досега откриени статуи во Стибера (село Чепигово - Прилепско), статуи и сите 2000-3000 седишта на амфитеатарот во Хераклеа-Битола (Хераклеа е основана 359 година п.н.е. од Филип II Македонски). Од сивечкиот мермер изработени предмети се пронајдени и на Плаошник во Охрид, во Новоселани, во Марков Град, Медаљан и други локалитети. Некои од местата на античката и римската експлоатација во локалноста Сивец, можеа да се видат порано, а можеби и денес во деловите од наоѓалиштето блиски до Дервенскиот поток.

Во месноста вМарков Стапг, кај селата Мрзен-Ореовец сочувани се траги од експлоатацијата во масивни хомогени сивкасти и бречоидни црвено-кремасти јурски варовници. Експлоатацијата се вршела во римско и византиско време, а начинот на вадење на столбовите, кои се користеле при градбата на палатите во Стоби може да се види и денес (сл. 2).

Од овие варовници се изработени многу од постојните столбови во Стоби (сл. 3), но и седиштата на амфитеатарот (сл. 4) и повеќето придружни објекти во овој локалитет, со исклучок на поотмените и подекоративни делови од театарот кои се изработени од сивечкиот доломитски мермер.

Во Стоби се наоѓаат и столбови и обработени блокови кои биле вградувани во објекти за разни функции на градот, изработени од калцитски среднозрнест сивобел мермер, кој веројатно се вадел од подрачјето на село Беловодица и подрачјето на планината Козјак, а можеби некои блокови потекнуваат и од палеозоиските мермери од Велешко.



Слика 2: Начин на експлоатација на варовнички столбови од римско време на Месноста вМарков Стапгкај с. Мрзен-Ореовец: горе лево - подготовка за вадење столб; долу лево - место на изваден столб; горе десно - делови од изваден столб (преземено од Б. Филиповски, 1974).
Figure 2: Technology of the surface mining of limestone column during Roman time on the locality “Markov Stap”, Mrzen-Oreovec: upper left – prepare for take out of column; below left – place of taken out of column: upper right – relics of taken out and broken column (photo by Filipovski B.,1974).

Слика 3: Колони изработени од Сивечкиот мермер и колони од бречоидни јурски варовнци од Марков Стап на локалитетот Стоби.
Figure 3: Column on locality Stobi built of Sivec marble and jurassic breccia limestones.

Слика 4: Поглед на амфитеатарот на археолошкиот локалитет Стоби изграден од варовници од локалноста вМарков Стап,г кај с. Мрзен -Ореовец.
Figure 4: View on the amphitheater of the archeological locality Stobi, built of limestones from "Markov Stap" near village Mrzen-Oreovec.

Карбонатните карпи како градежно-архитектонски материјал биле користени во античко време и подоцна и во Скопско, Гевгелиско, Дојранско, Штипско, Кочанско, Мариовско, Охридско и во други населени места низ Македонија.

Историски градби од травертин се зачувани особено во Скопско, каде бројните травертински наоѓалишта се наоѓаат по периферијата на Скопската котлина. Такви позначајни објекти изградени од травертин се гробницата кај село Бразда од V век п.н.е., пронајдени саркофази од римско време, Камениот Мост во Скопје и дел од ѕидините на Скопското Кале градени од травертин од локалитетот Матка и др.

Во Охрид античкиот амфитеатар кој бил изграден во III век пред н.е. а доградуван во II век од Римјаните во арена за гладијаторски игри е од бигорски блокови кои се ваделе кај селото Велмеј (локалност Бучиште и др.), каде до денешно време се сочувани вдлабнатини од добивањето.

Некои топоними, како Свина Река, кај Саса - Македонска Каменица, селото Свиниште во Охридско се поврзани со старословенското име на оловото - свинец, што значи дека и тие продолжиле со рударење и експлоатација на златоносните и сребоносните оловно-цинкови руди по нивното населување на Балканот.

Својот врвен процут експлоатацијата на олово-цинковите и златоносните руди во Македонија го достигнала кон крајот на XIII и во XIV век, кога разни владетели во Македонија ангажирале и населиле искусни рудари од централна и западна Европа. Тоа биле пред сé рударите од Шлезија и Саската област, кои биле многу искусни и вешти во рударењето и металуршката преработка на рудите. Ретки се местата во Македонија каде што не истражувале и не работеле, а трагите од нивната рударска дејност се многубројни, особено во источна Македонија во Осоговските Планини (во Кратовско-злетовската рудна област), краишта богати со овие руди. За нивното престојување и нивната дејност сведочат бројни стари поткопи, ускопи и плитки окна, рударските алатки, згури од топењето на рудата, кованите пари од

тогашните владетели, како и зачуваните топоними: село Шлегово и Шталковица во Кратовско, Саса и Саска Река кај Македонска Каменица, врв Готен - Делчевско.

За време османлиското владеење експлоатацијата и производството на злато, сребро, бакар, олово и цинк продолжило. Особено во Кратовско и Злетовско, каде што производството се одвивало се до крајот на XIX век, за што сведочат кованите пари од злато и сребро со амблемот на Кратово.

Во XIX век прозводството на метали се проширило и на железо, арсен, антимон и хром. Така меѓу Македонски Брод и Самоков, од плиоценските езерски седименти се измивала и сепарирала магнетитска руда, која се топела и ковала во железо во селата Ковче и Самоков. Железна руда се добивала и топела и кај Шопур - Дамјан, кај Демир Хисар, во Крива Река и Дурачка Река - Криовпаланечко и др.

Во 1880 година од турско-француска компанија бил отворен рудникот Алшар кај селото еРжаново на падините на Кожуф, во кој се експлоатирал арсен и антимон се до првата балканска војна (1912). Во 1885 година почнала и еклоатацијата на хром во Љуботенскиот ултрабазичен масив (Радуша), а многу веројатно хромната руда се собирала површински и во Лојанскиот масив кај Куманово, во Рабровскиот масив кај Валандово и Козјачки Камен и Арничко во Кавадаречко. Двете балкански војни и Првата светска војна, предизвикале стагнација на рударската активност. Но за разлика од тоа, во текот на Првата светска војна (1914-1918), во редовите на австро-германската војска имало голем број на воени геолози кои вршеле геолошки истражувања во Македонија.

После Првата светска војна, се до формирањето на Македонската државност и македонските државни институции во 1944 година, рударската активност значително се проширила на повеќе видови на метални и на неметални руди и каустобиолити, а се зголемил и бројот на геолози, палеонтолози, петрографи и минералози кои вршеле истражувања на нашите терени.

ГЕОЛОШКИ ПРОУЧУВАЊА ВО МАКЕДОНИЈА ОД ЕВРОПСКИ НАУЧНИЦИ

И покрај долгата традиција во рударењето и користењето на метални и неметални минерални суровини во Македонија, геолошка документација постара од XIX век, засега не е откриена. Римјаните не воделе документација за рударската дејност. Но Саските рудари имале рударски прописи кои ги применувале при експлоатацијата (на пример, регулатива за експлоатацијата Јихлавскиот вЛуџ регале монтанорумг во Бохемија од 1300-1305). Постојат рударски карти од средниот век од рудниците на средна и западна Европа, на кои покрај рудничките ходници се исцртани рудни тела, правците на протегање, дали се работи за вертикално или наклонето рудно тело, податоци за содржината на металот инт. Можно е Сасите да воделе документација и при копањето на оловно-цинковите руди во Македонија, која би можела да се наоѓа во турски архиви.

Отсуството на геолошки податоци за нашите краишта од пред XIX век е поврзано и со светскиот развој на геологијата како самостојна наука. Имено, првите геолошки трудови за минералите, карпите и фосилите, почнале да се објавуваат во XVII век, а геологијата, како самостојна научна дисциплина се издвоила дури во средината на XIX век, кога од Цх. Лѕелл е дефинирана како наука за Земјата, нејзиниот настанок и развој.

Првите геолошки проучувања и објавени трудови за Македонија, потекнуваат од првата половина на XIX век, од францускиот геолог Боуе А.А. кој во периодот 1828 - 1870, вршел геолошки истражувања во европскиот дел од Турската империја. Првите геолошки маршрути низ Македонија ги направил во

1836 година на потегот Скопје - Шар Планина и по трасата Куманово - Крива Паланка-Кратово - Злетово - Штип - Ново Село - Неготино - Кавадарци - Тројаци -Прилеп - Битола - Пелистер - Лерин - Костур. Во трудот од 1836 година, меѓу другото, пишува за посетата на взлетовскиот руден реонг, за експлоатацијата на оловно-цинковите руди и топењето во примитивните печки. Во 1838 година, Буе повторно ја посетил вЕвропска Турцијаг и со својата придружба во Македонија направил три маршрути и тоа, на потегот Корча-Свети Наум-Охридско Езеро, по долината на Црн Дрим и по трасата Струга-Сатеска Река-Кичево-Гостивар-Тетово-Скопје.

Синтезните резултати од проучувањата Боуе ги објавил во трудот "Geologie de la Macedoine. Bull.Soc.Geol.de la France, 11, Paris, 1840". Меѓу позначајните и повредните геолошки информации се првите петрографски описи на карпите од кратовско-злетовската вулканска област и постоењето на терциерни седименти во Скопско, Штипско, Кавадарци, Прилеп и др., што било поттик подоцна да ја посетат Македонија и други геолози.

Соработникот на Боуе, Виљуеснел А., во 1842 година ја изработил и отпечатил првата геолошка карта - скица на европскиот дел од Турската империја, на која се прикажани и терените на Македонија.

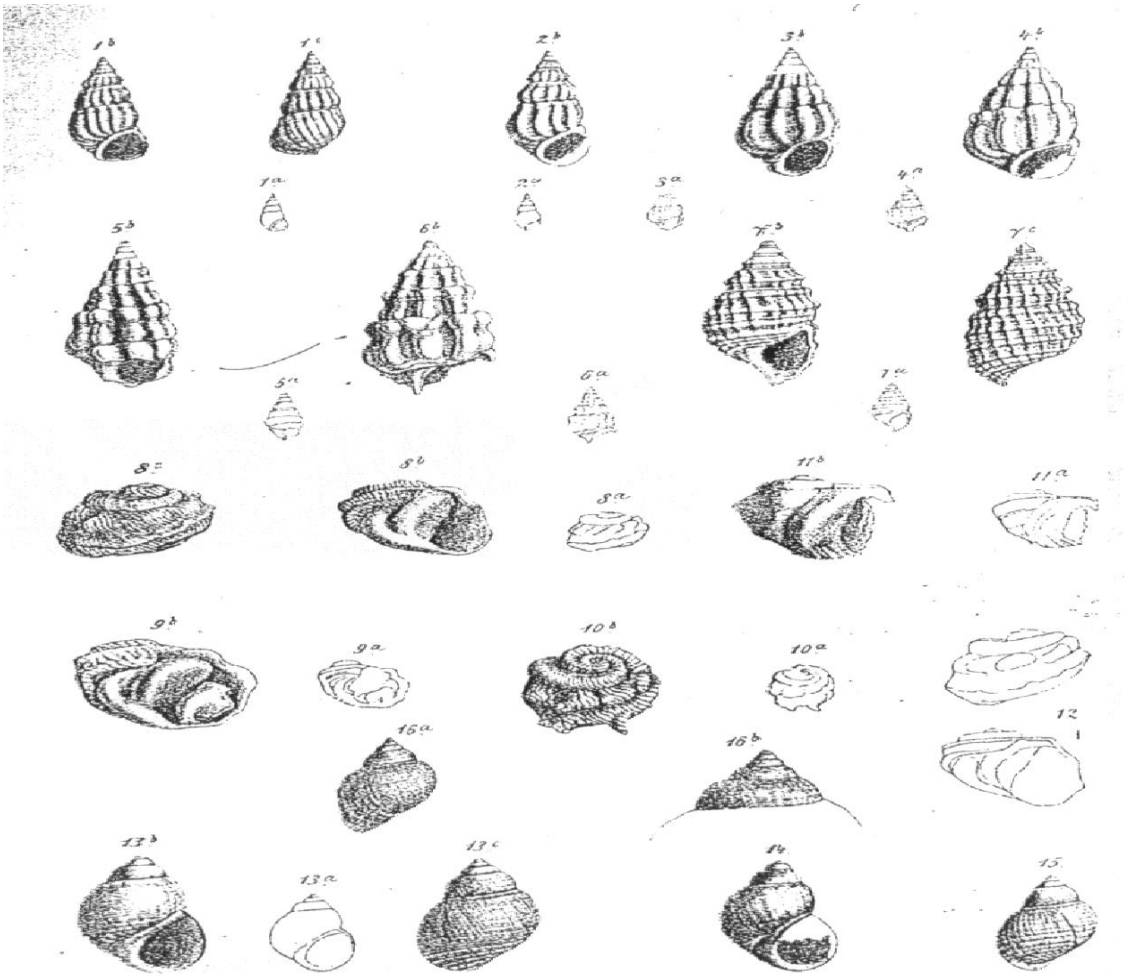
Објавените геолошки информации за Македонија од француските геолози побудиле инетерес кај Хахн Ј. (1876), и Нопцса Ф. да ја посетат Македонија и да вршат географски и геолошки проучувања по долината на Црн Дрим и долината на Вардар.

Врз основа на геолошките информации од Боуе (1840) и Виљуеснел (1842), за постоење на терциерни басени во Македонија германскиот палеонтолог Бургерстеин Л. ја посетил и во долината на Вардар и Лепенец од Скопската котлина собрал богат фосилен материјал од неогенските наслаги. Собраниот материјал од Gastropoda го обработил и резултатите ги објавил во 1877.

Бургерстеин одредил нови видови полжави: *Prososthenia Suessi n. sp., Prososthenia crassu n. sp., Prososthenia nodosa n. sp., Prososthenia reticulata n. sp., Neritina Neumayri n. sp., Melania macedonica n. sp.* (sl. 5), со старост горно миоценска. Истражувањата и одредбата на фосилите од Бургерштаин се први палеонтолошки испитувања и први фосили одредени од територијата на Македонија.

Неуманн Е. (1894) објавил податоци за геолошкиот и петрографскиот состав на трасата на пругата Солун - Битола (Салоник-Монастир).

На крајот од XIX и почетокот на XX век, интересот за истражувања во Македонија значително пораснал и поголем број геолози од Србија, Германија и Австрија ја посетил Македонија и вршеле проучувања. Така Жујовиќ Ј. (1891) ги проучувал Скопската котлина и околината и во трудот објавил податоци за горнокредниот флиш, серпентинитите терциерните седименти и др. Оппенхеим Е. (1902) објавил податоци за фосилите од олигоценот во Македонија. Ќстереицх К. (1902) објавил податоци за геоморфологијата и стратиграфијата на Македонија, а мермерите и шкрилците од Сува Гора ги опишал како палеозоиски. Павловиќ П. (1901) го проучувал неогенот во Скопскиот басен и палеогенот кај Кочани. Од Скопскиот неоген одредил нови видови од родовите *Prososthenia, Neritodonta, Planorbis, Melania* и фосили од палеогенот кај Кочани (1902). Петковиќ В. (1903) го проучувал Скопскиот неогенски басен (Бабин Дол, с. Нерези) и дал кус преглед на геологијата на врвот Љуботен и неговото подножје.



Tafel III.

Fig. 1. *Prososthenia Sucssi* n. sp. a) in natürl. Grösse, b) und c) 3mal vergrössert.
Fig. 2. " " " Exemplar mit stärkeren Rippen; a) in natürl. Grösse, b) 3mal vergrössert.
Fig. 3 und 4. *Prososthenia crassa* n. sp., 3 mit schwächeren, 4 mit stärkeren Rippen; a) in natürl. Grösse, b) 3mal vergrössert.
Fig. 5 und 6. *Prososthenia nodosa* n. sp., 5 mit schief verlaufenden Rippen; a) in natürl. Grösse, b) 3mal vergrössert.
Fig. 7. *Prososthenia reticulata* n. sp., a) natürl. Grösse, b) u. c) 3mal vergrössert.
Fig. 8—10. *Neritina Neumayri* n. sp. natürl. Grösse, b) und c) 2mal vergrössert (verdrückte Exemplare).
Fig. 11. *Neritina Neumayri* n. sp. (?), a) in natürl. Grösse, b) $1^1/_2$mal vergrössert (abgerolltes Exemplar).
Fig. 12. *Neritina Neumayri* n. sp., ideale Reconstruction nach dem verdrückten Originale und gewissen Varietäten der lebenden Ner. danubialis c. Pfeiff. sp. (v. carinata).
Fig. 13—16 *Melania macedonica* n. sp.
13 a) u. 16 a) in natürl. Grösse.
13 b) u. c) $1^1/_2$mal vergrössert.
16 b) 3mal vergrössert.
14 u. 15 natürl. Grösse.
(14 grösstes Exemplar.)

Слика 5: Одредени фосили од Скопскиот неогенски басен од Бургерстеин Л., 1877 (копија на сликата и табелата од оригиналниот труд).

Figure 5: Determaned fossils from the Skopje Neogene basin by Burgerstein L., 1877. (xerox of the figure and table from the original paper).

Поопширни сознанија за геолошката градба и геоморфологијата на Македонија, од почетокот на XX век, потекнуваат Цвијиќ J. Во книгите вОснови за географију и геологију Македоније и Старе Србијег (1906,1911) и вГеоморфологијаг (1924) изнел нови сознанија за геоморфологијата и геологијата на Македонија. Укажал дека терените на пелагонската маса се изградени од прекамбриски кристалести карпи со гранитско јадро и од карпи со понизок кристалинитет со палеозоиска старост, и целата маса ги претставува западните делови од Родопите, издвоени од нив со мошне старата депресија околу Вардар (1924). Особено значајни се проучувањата на неогенските езера во Македонија и според езерските тераси кои се јавуваат на 67о и 76о метри надморска височина, сметал дека, со исклучок на Десаретските езера (Преспа, Охрид, Корча, Малиќ), кои припаѓаат на Јадранскиот слив, сите други езера во Вардарска и Егејска Македонија биле поврзани директно или со канали и го претставувале вЕгејското Езерог. Генезата на езерата ја објаснува како резултат на вертикалните тектонски движења.

Арсенско-антимонската руда од рудникот Алшар на Кожуф, била носена на топење во Мулденхутен крај Фрајберг во Германија, каде чешкиот минералог Врба 1903 година издвоил ктисталчиња од непознат минерал. Подоцна со хемиски и минералошки испитувања чешкиот минералог Ježek B. (1912) открил дека се работи за нов талиумов минерал кој бил заведен во минералошката номенклатура како врбаит.

За време на Првата светска војна (1914-1918) се вршеле интензивни геолошки истражувања во Македонија од искусни и геолози вклучени во редовите на австриско-германската војска (Kossmat, Gripp, Welter, Göbel, Osswald, Bourcart, Erdsmansdorfer, Nopcsa, и др.), кои трудовите ги објавувале после војната.

Гу́бел Ф. (1919), дал преглед на геолошката градба на Баба Планина, Бигла, Галичица и Јабланица, каде издвоил палеозоиски шкрилци и гранити и тријаски седименти. Галичица ја опишал како синклинален хорст, изграден од тријаски варовници.

Welter O.(1919) на полуостровот Лин од западното охридско крајбрежје (денес во Албанија), пронашол и одредил амонит *Heydenites sp.,* со што како прв одредил тријаска старост на варовници на Јабланица и Галичица и воопшто во Западна Македонија.

Bourcart J., работел во Албанија и во Западна Македонија, во 1922 год. објавил податоци за кредните седименти во Албанија и Македонија.

Gripp K. во 1921 год. објавил труд за геологијата на Скопската околина, а на потегот Гостивар-Кораб (1922) издвоил серија на мермери, доломити и конгломерати од тријаска старост и палеозоиски шкрилци и мермери со криноиди.

Nopcsa F., 1921 во делото за Динаридите, дал преглед и за геологијата на Македонија, и според него терените на пелагонската кристалеста маса се дел од Родопската маса.

За време Првата светска војна, при ископувањето на песокливо-чакалест и глиновит материјал на потегот Велес-Превалец германските војници собрале богат материјал од фосилни коски на разновидни цицачи и ги испратиле до познатиот палеонтолог Schlosser M. Vo trudot “Hipparionenfauna von Veles in Mazedonien”(1921) од разновидните пронајдени коски, вилици, пршлени и друго, Сцхлоссер одредил асоцијација на степски вид на пикермиска фауна во Македонија претставена од мајмуни, сабјест тигар, трипрст коњ, носорог, газели и други изумрени видови цицачи од горно миоценска старост. Како одделни видови ги одредил: *Mesopithecus sp., Ictitherium robustum, Machiorodus orientalis, Hipparion gracile, Rhinoceros Schleiermacheri, Tragocerus amaltheus, Gazella deperdita, Gazella brevicornis, Protragelaphus Skouzesi.* Тоа се први податоци за пронајдени и одредени

остатоци од фосилни цицачи во Македонија.

Во периодот 1917-1918 година, Girich i K. Gripp од прашинестите песоци под Скопското Кале и од лапорците од селото Сопиште, собрале богат фосилен листен материјал и германскиот фитопалеонтолог Pax F. vo trudot "Die fossile flora von Uesqueb in Mazedonien"(1922) опишал неколку вида на фосилна флора од Скопскиот неогенски басен, кои претставуваат први откриени и одредени фосили на флора во Македонија. Pax ги одредил следните видови: *Glyptostrobus europeus, Sequoia langsdorfi, Myrica lignitum, M. hakeaefolia, M. oeningensis, Castanea atavia, Fagus attenuata, Cassia zephyri, Robinia subcordata, Ailanthus dryandroides, Celastrus elaenus, Acer trilobatum, A. sp., Rhamnus rossmaessleri, Rhododendron sp., Olea noti.*

Osswald K. во периодот 1914-1918 година, го проучувал јужниот дел од Макеодниja, и во мегленско-гевгелиско (1925) ги опишал базичните карпи и разновидните гнајсеви, филити, мермери, гранити, младата тектоника на Беласица а подоцна (1935) објавил и труд за потресите во Македонија.

Erdsmansdorfer N. и U.Ch. Leuch, работеле во јужниот дел на Македонија (1923) и детално опишале повеќе зони на гнајсеви, филити, мермери, зелени шкрилци од Струмичко, Дојранско, Валандовско и Гевгелиско, гранитите од Плауш и палеогенската Дедели серија.

Kossmat F., познат австриски и европски геолог, бил главен координатор во истражувањата во Македонија за време на Првата светска војна (1914-1918). Резултатите од истражувањата ги синтетизирал во трудовите од 1918 и 1924. Kossmat (1924) за прв пат извршил тектонска реонизација на Балканскиот Полуостров и во границите на етничка Македонија, од запад кон исток издвоил 4 геотектонски единици (сл. 6):

1. Зона на мезозоиски офиолитски магматити, дијабаз-рожна серија и флишна фација на горна креда (Мердита зона во Албанија)
2. Пелагонски основен масив со палеозоиска покривка (овде се сместени денес издвоениот Пелагонски хорст антиклинориум и Западно-македонската зона);
3. Вардарска зона (палеозоик, мезозоик, офиолити, дислоцирана и дискордантна горна креда и
4. Родопска маса.

Зонирањето, генерално и денес е задржано, со тоа што со многуте нови сознанија истото е дополнувано и детално разработено.

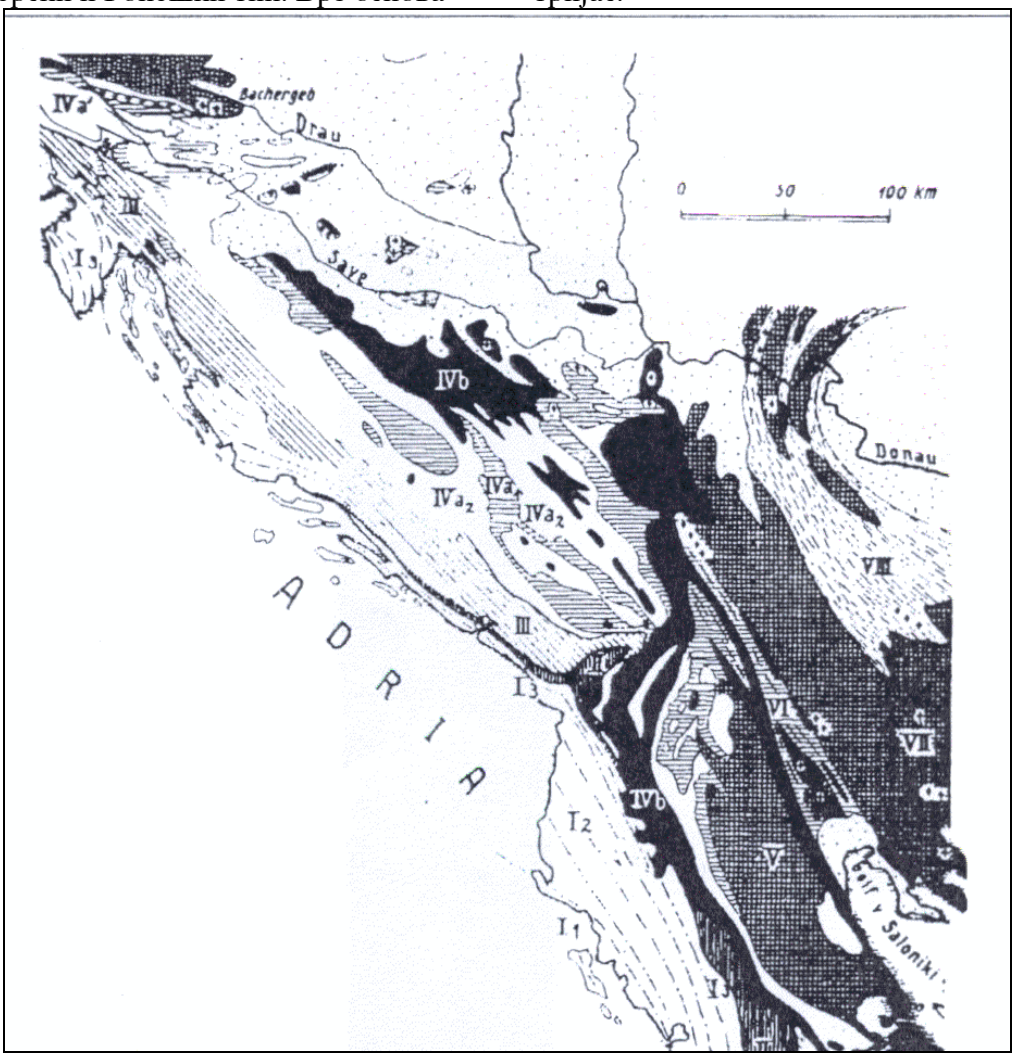
Според извршената реонизација, Kосмат прв го воведе терминот **Врдарска зона,** која ја сметал за источна единица на Динаридите, која на исток граничи со Родопската маса, а на запад со Пелагонскиот основен масив. Во Вардарска зона издвоил вВелешко-Качаничка серијаг, составена од стар палеозоик, тријас, офиолити-рожнаци, трансгресивна горна креда и палеоген.

На западната граница на Вардарската зона издвоил вТројаци серијаг од шкрилци и мермери, во која ги сместува и мермерите на Пелагонскиот хорст антиклинориум од Плетвар, давајќи ѝ на серијата алгонкиска старост.

Kоссмат дава и детални петрографски и минералошки податоци за базичните и ултрабазичните карпи, гранитите, гнајсевите, шкрилците и вулканските карпи и стратиграфски податоци за мезозоиските и помладите седиментни комплекси. Издвојува и голем број лушпести навлекувања, од кои најпозната е лушпата вЕлен сцхупег денес позната како Елен-Козјак лушппест блок, изграден од гнајсеви, гранити и шкрилци, со должина од 30 km и ширина 4-6 km, издолжен во ССЗ-ЈЈИ правец и навлечен кон ЗЈЗ, на потегот Ниџе-Плетвар.

Kоссмат го вовел и терминот Пелагонски основен масив, во кој ја вклучува и Западно-македонската зона. Гнајсевите од Пелагонскиот основен масив ги смета за ортокарпи, гранитите за последна магматска фаза, а

палеозоиските шкрилци за карбонски, кои се пробиени со гранити од Пелистерски и Гопешки тип. Врз основа на амонити тријаските седименти ги расчленил на долен, среден и горен тријас.



Слика 6: Геолошко-тектонска карта на Динаридите и еден дел од Карпато - Балканидите (по Kossmat F. 1924): I - јадранско-јонски комплекс на набори (I1 – западноепирска зона, I2 долноалбанска зона, I3 – далматинско-истарска приморска зона), II – Пинд-Цукали зона, III – западно црногорско-хрватска зона на висок карст, IVa – јужноалпска варовничка зона, IVb – зона на мезозоиски офиолити, дијабаз-рожначка серија и трансгресивни госавски и флишни фации од горна креда, V – Пелагонски масив, VI – Вардарска зона, VII – Родопска маса, VIII – Балкански верижни планини.

Figure 6: Geological-tectonic map of Dinarides and part of Carpathian-Balkanic Mountains: I – Adriatic-Ionian fold complex (I1 – Western Epir zone, I2 – Lower Albanian zone, I3 Dalmation-Istra zone), II – Pindos-Cukali zone, IV – Western Monte Negro – Croatia zone of full karst, IVa – South Alpine limestone zone, IVb – Zone of Mezozoic ophiolites, diabas-chert serie and transgression Gosavian and flysh facies of Upper Cretaceus, V – Pelagonian massif, VI – Vardar zone, VII – Rhodope mass, VIII – Balkan Mountains (by Kossmat F., 1924).

За време на Првата светска војна во Македонија работел и бугарскиот геолог Бончев Г. (1920) кој од теренитe на источна Македонија опишал гнајсеви, микашисти, гранити и хлоритски шкрилци, а во Пелагонскиот масив издвоил разновидни гнајсеви, микашисти и гранитоидни карпи од архаиска старост. На просторот Гостивар-Маврови Анови-Дебар-Струга опишал палеозоиски шкрилци и мермери. Николов Н. ја проучувал Селечка Планина и прв ги опишал минералошките и хемиските својства на дистенот во микашистите (1921) и изнел податоци за петрографскиот состав на планината.

По поделбата на Македонија, интересот за геолошки истражувања значително се зголемил, особено за територијата која потпаднала под владеење на Кралството Југославија, т.е. за Вардарскиот дел од Македонија. Една група се занимавала со палеонтолошки, а друга група со петрографско-минералошки и геолошки истражувања. Павловиќ продолжил со истражувањата и опишал горноеоценски (приабонски) фосили од мекотели од Овчеполието и Ежово Брдо кај Штип (1926). Од Скопската котлина (1930) детерминирал фосилни видови од неогенот полжави и школки од разни локалитети. Така од с. Глумово и Матка одредил видови од родот *Unio (Unio Bouei n.sp., Unio Viquesneli n.sp.,* od Kru{opek i crkvata Sveta Petka vo `oltenikavi pesoci odredil bogat materijal od pol`avi - *Amphimelania macedonica Burgerst., Prososthenia crassa Burgerst., Neridonta Neumayri Burgerst., Prososthenia Suessi Burgerst.* и бројни нови видови школки - *Unio Petkovici n. sp., Unio scupensis n.sp., Unio vodnoensis n. sp*. и др. Во жолтеникави глиновити песоци под Скопско Кале одредил неколку вида од родовите *Unio, Pisidium, Ancylus, Planorbis, Prososthenia, Neritodonta* i dr.

Ласкарев В. (1921, 1923) ја проучувал пикермиската фауна од Велешко. Во 1932 год. П. Јовановиќ кај село Нерези, Скопско, поток Мали Мост, под јагленосниот хоризонт на тогашниот рудник пронашол долна вилица, за која Ласкарев одредил дека припаѓа на постар вид мастодон на *Mastodon angustidens Cuv. vardarica.* Тоа е прв сурлаш пронајден и одреден во Македонија. Во 1933 год. Петковиќ К. под најдолниот јагленов слој, во истиот хоризонт пронашол кљовн, повеќе заби и коски од кои Ласкарев одредил понов вид мастодон и го опишал како *Mastodon angustidens Cuv. F. subtapiroides.* Од кај село Кумарино, Велешко Ласкарев (1937) во песокливи седименти одредил остатоци од изумрен копитар *Aceratherium sp. Aff. incisivum Cuv.* со меотска старост.

Со проучување на пикермиската фауна од Велес се занимавал и Papp A., (1935), и Brünner J., (1939)

Испитувања на Скопската котлина и нејзината околина вршел и Петковиќ К. кој ги опишал горно кредните варовнички и песочнички маси од источните падини на Водно (1932) и неогенот од кај селото Нерези (1936). Во неогенот издвоил неколку литостратиграфски нивоа:

- базални бречо-конгломерати;
- песоци и песокливо-лапоровити седименти со прослојки од конгломерати;
- фини ситни, слабо врзани лискуновити песоци, со *Mastodon angustidens Cuv. vardarica;*
- лапоровити глини, лапоровито-глиновити песоци со *Planorbis corneus* Lin., *Prososthenia crassa* Burgerst.;
- долен јагленов слој, дебел до 0,6 m во чија подина од јагленови глинци е пронајден *Mastodon angustidens Cuv. F. subtapiroides Schlesinger*;
- сиви глиновити лапорци, со карбонатни конкреции и *Planorbis,* лапоровити и јагленови глини;
- горен јагленов слој со дебелина 1,1 m;
- дебела серија од песоци и песокливо - лапоровити глини со *Melanopsis, Prososthenia, Planorbis,* школка *Unio sp,. Melania* и макрофлора.

Во Македонија повеќе години работел и Јовановиќ П. (1928) кој на Јакупица

издвоил морени на височина 900 - 1000 m, 1000 - 1150 m . 1600 - 1950 m и 1950-2070 m.

Михајловиќ J. ги проучувал земјотресите во Македонија и објавил важни податоци за скопското (1931) и валандовското (1932, 1936) трусно подрачје. Во скопското трусно подрачје ги сместува јужните падини на Скопска Црна Гора, источните и северните пределu на Водно и долината на Вардар до сливот на Пчиња и појужно. Скопската трусна област ја поделил на 11 тектонски блокови, карактеристични со различна сеизмичност. Од блоковите за најстабилен го смета Драчевскиот, а за најактивни Мирковечкиот, Скопскиот и Новоселскиот блок, што се поклопува и со денешните сознанија, бидејќи овие блокови се нанижани на хоризонталниот активен расед Ќустендил (Бугарија)-Куманово-Скопје-Дебар-Елбасан (Албанија), по кој поместувањата предизвикале повеќе катастрофални земјотреси низ историјата.

Значајни се и информациите на Трајковиќ С. (1925) за солфатарата кај село Косел, Охридско, на Радовановиќ С. (1930) за младите вулканити во Таорската клисура и кај Демир Капија, на Радовановиќ В. (1932) за гипсниот рељеф кај Косоврасти во долината на Радика.

Петрографски, минералошки и други истражувања во Македонија врешеле и Илиќ М (1931) на пелистерските и гопешките гранити и палеозоиските шкрилци од Баба Планина и Илински Планини, Кујиќ М. (1932) ги испитувал младите базалти од Младо Нагоричани, Кумановско, Томиќ J. ги испитувал (1929) гранитскиот масив кај Штип, трахити-кајанитите меѓу Брегалница и Вардар (1932), петрографскиот состав и генезата на вулканските карпи од Кратовско-злетовската област (1932, 1938, 1938) и геолошко-петрографскиот состав на терените во Кривопаланечко, Кратово, Плачковица (1940). Tućan F. (1929) вршел петрографско-хемиски истражувања на леуцитските карпи од Курешничка Краста кај Демир Капија, а во 1938 год. објавил податоци за геолошкиот состав на теренот во Ресенско, Крушевско, Скопје-Велес и Гостивар-Кичево.

Tajder M. (1938) го истражувал офиолитскиот масив Демир Капија - Гевгелија, кај село Дрен-Боула и објавил податоци за петрографско-минералошкиот и хемискиот состав на габрови, верлити, дијабази и др. Исто така, објавил и труд за петрографијата и петрогенезата на вулканските карпи од Кожуф Планината (1940), каде издвоил андезити, деленити и др.

Barić L. (1939). вршел кристалографско-оптички и хемиски испитувања на дистенот од Селечка Планина, а Мариќ Л. ги проучувал гнајсно-микашисниот и гранитскиот комплекс на Кајмакчалан (1936) и во Прилепско (1940), каде издвоил гнајсеви, микашисти, гранити и шкрилци. Павловиќ М. (1939) вршел истражувања во Штипско.

Heritsch F. одредил фосили од корали и ортоцераси од палеозоиска старост во карбонатни шкрилци од Црн Врв на Шар Планина (1934), а Heisslaitner G. (1934), објавил труд за гранитите и андезитите од село Лојане, Кумановско.

Придонес дале и Гагарин Г. (1940) кој ги проучувал сиенитите од планината Ржана (Баба Планина), Малахов Љ. (1938) геолошката и тектонската градба на Поречјето (Македонски Брод-Самоков) каде издвоил мермери, разновидни шкрилци, Јаранов Д. кој вршел проучувања на палеозоикот и неогенско-квартерните наслаги во котлините на Западна Македонија (1940), а дава и свои размислувања за генезата на Охридското Езеро и Преспанско Езеро.

Малахов Љ. и Јаранов Д. се од особена важност за нашата геологија, бидејќи тие се првите геолози кои се вработиле во Геолошкиот институт на НРМ, прва македонска геолошка институција, формирана со решение на Президиумот на АСНОМ од 15. 12. 1944 година.

LITERATURA

Barić.L., 1939: Disthen (Cyanit) von Prilepec in Selecka Gebirge. Zeitschr.f.Kriist.Bd. 93, Leipzig.

Бариќ Л., 1940: Извештај о теренском раду у околини Прилепа. Годишњак Геол. Инст. Кр. Југославије за 1939 год.. Београд.

Бончев Г., 1920: Петрографско-минерални изучванија в Македонија. Сборник на БАН, кн.13, Софија.

Boue A.A., 1836: Resultats de la premiere turnee dans le nord et le centre de la Turquie ďEurope faite en partie en compagnie de M.M. de Montalembert et Viquesnel. Bull. Soc. Geol. de France, t.8, Paris.

Boue A.A., 1840: Esquisse geologique de la Turquie d′ Europe. Paris

Boue A.A., 1840: Geologie de la Macedoine. Bull. Soc. Geol. de France, 11, Paris.

Boue A.A., 1886: Bemerkungen über die sogenannte zentralhette der Europeischen Türkei.Sitz.bei, Akad. Wiss. Etc 53, Wien.

BourcartJ., 1919: Etude geilogique de l´Albanie et de la Macedoine. Notice provisoire sur la Carte geologique des environs de Salonique. Commandement en chef des armees Alliees en Orient, service topographique, s.a. et 1., propablement Salonique.

Bourcart J., 1920: Remarques sur Lextmision de cretace en Albanie en Macedoine.C.R. des seunces soc.geol. de France, No.16, Paris.

Brunner J., 1939: Funde zur Hipparionenfauna von Veles in Mazedonien: Akadem. Ainz.76/2: 1-13,Wien.

Burgerstein L., 1877: Beitrag zur Kenntniss des jungetertieren Süsswasser-depots bei Uesqueb. Jahrbuch III. Heft der Kais. Kon.Geologischen Reichsanstalt.

Viquesnel A., 1842: Jurnal de un voyage dans la Turquie d Europe. Mem. soc. geol. de France, 5, Paris.

Welter O., 1919: Über die ergebnise einer geologischen Kartierung im mittleren Mazedonien Zwischen Ohrid und der Dudica von Göbel, Kuhse Hommer, Spöttel Welter und Willvuth Sitzungsber. D. Nieder.Gessell. Sch. Natur und Heilkunde. Bd.13, Bon.

Гагарин Г., 1940: Сиенити планине Ржане у јужној Србији. Весник Геол. Инст., ВИИИ, Београд.

Göbel F., 1919: Eine geologische Kartierung im Mazedonisch-Albanischen Grenzgebiet bei der seit des Ochridersees. Ber.über die Vrh.d.math.-phys. Kl.Bd. 71, p.257-276, Mit 3, Leipzig.

Gripp K., 1921: Die Geologie um Uskueb. Zeit. Schr. De Gesullsch. F. Erdkunde.

Grip K., 1922: Beitr≅ge zur Geologie von Mazedonien. Hamburg Univers. Abhandlungen aus Dem Gebiet der Auslanskunde. Bd. 7, Hamburg.

Erdsmansdorfer N., Leuch U. Ch., 1923: Das Gebiet zwischen Vardar, Strumica und Dojran seeBerlin.

Жујовић J., 1891: Грађња за Геологију Старе Србије. Геолошки анали Балк. Полуос. Књ. ИИИ , Београд.

Илић М., 1931: Геолошки и петрографски састав планине Пелистера и његовог источног подножја. Геолошки анали X, св, 2, Београд.

Jaranoff D., 1940:La Peninsule Balkanique pendant le Quaternaire. Sbornik v ~est na prof.d-r Stefan Bon~ev po slu~aj 70-godi{ninata mu. Sofija.

Ježek B., 1912: Vrbait, ein neues Thalliummineral von Allchar in Mazedonien. Zeitschrift . für Kristalographie 51. 365-378.

Јовановић П., 1928: Глацијација Јакупице. Посебно изд. Геол.-геогр. друштва, св. 4, Београд.

Јовановић П., 1929: Катлановска Бања. Гласник Скоп. Науч. Друш., књ. ИВ, Скоп.

Јовановић П., 1931: Рељеф Скопске котлине. Гласник Скоп. Науч. Друш.. књ. X, Св.4, Скопље.

Kossmat F., 1918: Mitteilungen über der geologischen Bau von Mittelmazedonien. Verh, Sachs.Ges. Wiss., Leipzig.

Kossmat F., 1924: Geologie der Zentralen Balkanhalbinsen mit einer Übersicht des Dinarischen Gebirgsbaues. Die Kriegsschauplatze 1914-1918 geol. dargestellt. Heft 12-198 mit 1 geol. Karte 18, Textfig.

Křehlík F. 1912: Chemische Untersuchung des Vrbait.Zeitschrift für Kristalographie 51, 379-383.

Кујић М., 1932: Базалт код Младог Нагоричана. Зап. Срп.геол. друш. (223 збор.). Геол. анали ЦИ, део 1, Београд.

Laskarev V., 1921: Sur la converte de la fauna de Pikermie pres de Veles (Serbie meridinale): Glasnik geog. Drus.6, Beograd.

Laskarev V., 1923: O geolo{kim i geomorfolo{kim prilikama mesta nalaska pikermiske faune u okolini Velesa. Anal. Balk. Pol., E. VIII, Beograd.

Laskarev V., 1937: Mastodon angustidens Cuv. iz okoline Skopqa i drugih mesta Jugoslavije. Glasnik Skops. Nau~nog dru{tva, kw.XVI, Skopqe.

Луковиќ М., 1931: Геолошки састав и тектоника Скопске котлине и њеног обода. Гласник Скоп. Научн. друш.Х., 4, Скопље.

Луковиќ М., 1938: Геолошки састав и тектоника источног дела планине Црне Горе (Карадага). Весник Геол. Инст. Краљ. Југ., књ. VII, Београд.

Малахов А., 1937: Геолошки састав и рудне појаве у околини Катланова. Гласн. Скопс. Науч. Друш., књ. XVII, св.5, Скопље.

Малахов А., 1937: Неогене вулканске појаве у околини Покошева. Глас. Скопс. Науч. Друш. књ.XVII, св.5, Скопље.

Малахов Љ., 1938: Геолошки састав и тектоника Поречја и његовог обода. Геол. анали Балк. Пол., HV. Београд.

Малахов Љ., 1939: Прилог хидрогеологији глацијалних наслага Шар Планине. Глас. Скопс.науч. друш.НН. Скопље.

Мариќ Л., 1936: Проучавање кристаластих стена Кајмакчалана. Изв.о раду Г.И. за 1935, Београд.

Мариќ Л., 1940: Петрографска и геолошка граѓа околине Прилепа и североисточно од Прилепа у јужној Србији. Весник Г.И. VIII, Београд.

Михајловиќ Ј., 1931: Скопска трусна област. Споменик Срп.Краљ. Акад. Књ.LXX, Београд.

Михајловиќ Ј., 1932: Валандовски потреси у 1931 г. Весник геол. инст. Југославие., Том И.. Београд.

Михајловиќ Ј., 1936: Валандовске трусне катастрофе 1931 г. и општа сеизмичност Вардарске зоне. Посеб. Изд. САН, књ. CXIII, Београд.

Neuman E., 1894: Mazedonien und seine neue Eisenbahnlinie Salonik-Monastyr. München und Lepzig.

Николов Н., 1921: Цианитот од Селечка Планина в Македонија. Труди на Природ. дружество, кн. XI, Софија.

Николов Н., 1924: Белешки врху петрографијата и геологијата на Селечка Планина в Македонија. Годишник на Соф. Уневрзитет, физ.-матем. фак. кн. 3, Софија.

Nopcsa F., 1921: Geologische Gründzüge der Dinariden. Geolg. Rundschau, Bd.XII, Berlin.

Oppenheim P., 1902: Über die Fauna des monte promina (Dalmation) und das Autreten von Oligocön in Mazedonien. Zentr. Fur.M. Geol. und Pl.Jhr. Stuttgart.

Osswald K., 1925: Das östliche Möglenagebirge und das Diabasgebist von Gevgeli. "Die Kriegsschauplatze, 1914-1918, Heft 13.

Osswald K., 1935:Das Mazedonische Erdbeben. Marz 1935.Geol. Rundschau,Bd.XXII, Berlin.

Östereich K., 1902: Beitrag zur Geomorfologie Mazedonien. Geol. Geselbs. Bd. IV, Wien.

Östereich K.,1916: Mazedonien. Zeitsch. Ges. Erdkunde, 3, Berlin.

Павловиќ М., 1939: Извештај о прегледном геолошком испитивању на листу Штип 1:100 000. Годишњак Геол. инст. Краљ. Југосл. Београд.

Павловиќ П., 1901: О меланопсидним лапорима и сродним творевинама на Балканском Полуострву. Просветни гласник, XXII/1: 449-458, с.570-576, Београд.

Павловиќ П., 1902: Палеогени фосили из околине Кочана у Македонији. Запис. Срп. геол. друш. II зб., 83, Београд.

Павловиќ П., 1926: Прилози за познавање терцијара у Србији. ИИИ. Гомбертска фауна у селу Булачанима под Скопском Црном Гором. Геол. Аналли Балк. Пол. Књ. VIII, св. 2, с. 87-90, Београд.

Павловиќ П., 1926: Пријабонски мекушци са Овчег Поља и Јежевог Брда. Геол. Анал.Балк.Пол.,XVIII,2, Београд.

Павловиќ П., 1930: Отерцијарној фауни Скопске котлине и њеном односу према неколиким сродним у северној Србији. Глас СКА, 140, Београд.

Papp A., 1935: Zur Kenntnis der Hipparionenfauna von Veles in Mazedonien: Wien

Anzeiger der Akademie der Wissenschaften , v. 18/19, p.119-121.

Patte E., 1918: Coup-de-poing en Quarzites des environs de Monastir (Serbie). Bull. Soc. Preh. France, 15, 4, Paris.

Pax F., 1921: Die fossile Flora von Uesqueb in Mazedonien. Botanische Jahrbuchen f. Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie. Verlag von Wilhelm Engelmann in Leipzig.

Petkovi} V., 1903: Geolo{ki odnosi Qubotena i wegovog podno`ja. Geol. anal. Balk. Pol., VII, Beograd.

ПетковићK., 1931: Прегледна геолошка карта Југославије, размере 1:500 000. Изд. Југ. Проф. др., Београд.

Петковић К., 1932: Прилог познавању горње кредних творевина на јужном ободу Скопске котлине. Збор. рад. геол. инст. САН, ИВ, Београд.

Петковић К., 1936: Попречни геолошки профил кроз неогене слојеве код с. Нерези, недалеко Скопља. Геол. анал. Балк. Пол., XIII, Београд.

Радовановић С., 1930: Младе вулканске појаве и облици у неогену крај Вардара на улазу у Таорску клисуру и поред ДемирКапије. Годиш. Скоп. Филозовског факултета, књ. 1, Скопље.

Радовановић В., 1932: Гипсни рељеф Косовраста у долини Радике више Дебра. Гласник Српског геолошког друштва 18, Београд.

Schlosser M., 1921: Die Hipparionenfauna von Veles in Mazedonien. Abhandlung der Bayerischen Akademie der Wissenschafte, XXIX, Bd. 4 Abhandlung, München.

Тајдер М., 1938: Физиологија, хемиски састав и генеза габроидних стијена Дрен-Боула у јужној Србији. Рад Југ. Акад. знан. и умет. св. 263, Загреб.

Тајдер М., 1940: Кожуф: Петрографија и петрогенеза вулканских стијена Кожуфа. Весник Геол. инст. Краљ. Југосл., књ. 8, Београд.

Томић Ј., 1929: Гранитски масив код Штипа. Гласник Срсп. Краљ. Акад.CXXXV, Београд.

Томић Ј., 1929: Литолошка серија трахитакајанита у области између Брегалнице и Вардара у јужној Србији. Гласник Српс. Краљ.Акад. CXXXVII, Београд.

Томић Ј., 1932: Испитивања у Кратовској вулканској области. Записник Срп. Геол. друш. Збор. 23а. Геол. анали Балк. Пол. , XI Део I, Београд.

Томић Ј., 1938: Геолошка старост вулканских ерупција у Злртовско-Кратовској Области. Зап. Српс. Геол. Друш. 1937 год., Београд.

Томић Ј., 1938: О старости еруптивних стјена Злетовско-Кратовске облас. Зап. Срп. Геол. Друш. За 1938 год. Београд.

Томић Ј., 1940: Извештај о теренском испитивању на листу Крива Паланка, Кратово и Плачковица. Год. Геол. Инст. II књ. За 1939 год.Београд.

Трајковић С., 1925: Солфатара у Коселу. Геолошки анали Балк. Пол.књ. VIII, Београд..

Туćан Ф., 1929: Леуцитска стиена Курешничке Красте код Демир Капије. Гласн.Скоп. науч. друш. књ. 9, Скопље.

Туćан Ф., 1931: Научна екскурзија у Вардарску Бановину. (Стијене Бистре планине). Љет. Југосл. Акад. Зн. и умј., 256, Загреб

Туćан Ф., 1936: Кристаласте стијене од Китке до Кадиног Поља и Пепељака у јуж. Србији. РАД Југ. Акад.. зн. и умј. , св.46, Загреб.

Туćан Ф., 1938: Минералошко-петрографска проучавања на секцијама Ресан -Крушево, Скопље-Велес и Гостивар-Кичево. Изв. о раду Г. И. за 1937, Београд.

Филиповски Б., 1974: Геолошки состав и рудно богатство на СР Македонија. Скопје (одделно издание).

Hahn J., 1876: Reise durch die Gebiete des Drim und Vardar.

Heritsch F., 1934: Versteinerungen von Crn Vrv in der Sar Planina. Vesnik Geol. inst.., III, Beograd.

Heisslaitner G., 1934: Einbruch von Granit und Andesit in chromerzfuhren den serpenti von Lojane, NNW Kumanovo in Südserbien. Zeitsch. für prakt. Geol. 42, Halle.

Цвијић Ј., 1906: Основи за географију и геологију Македоније и Старе Србије. Књ. I и II, Београд.

Цвијић Ј., 1911: Основи за географију и геологију Македоније и Старе Србије. Књ. ИИИ, Београд.

S U M M A R Y

GEOLOGICAL RESEARCHES OF MACEDONIA IN EUROPE SCIENCE UNTIL CREATION OF MACEDONIAN STATE INSTITUTIONS

Nikola Dumurdjanov
Bul. V.S. Bato75/3-18, Skopje, Macedonia; nika@unet.com.mk

In Macedonia there is an old tradition of implementation and exploitation of gold, silver, copper and lead-zinc ores, and ornamental stone. Organized exploitation of those metals and stone existed at time of Ancient Macedonian and before. During the Roman time the recovery of metal ores and stones substantially increased. This is supported by many marks of mine activity, for example, relics of panning of gold in the valley of Konska river-Gevgelija from Ancient and Roman time (fig. 1), mine gates of exploitation in Kratovo-Zletovo mining area and mine instruments, as well the many ancient statues, busts and column made from Prilep dolomitic marble in Stibera, Stobi, amphitheater and statues of Heraklea, Bitola (fig.2), amphitheater of Stobi archelological location (fig. 3 and 4), amphitheater from 3. century B.C. in Ohrid atc.

Mining and implementation of metalics and nonmetalics in Macedonia during the next centuries increased even more. The mining of lead-zinc ores blooming especially at the late of 13. and during 14. century, when the Sassa miners came in Macedonia in the Kratovo-Zletovo ore area.

Even the long tradition of mining in Macedonia, the scientific geological and tectonic data origin still from 19. century, from french geologists Boue A. A. (1836, 1840) and Viquesnel A. (1842). Much later, Burgersten L. (1877) for the first time determined fossils of Upper Miocene from Skopje basin.

Wery useful data for geological structure of Macedonia was received from the many geologists which worked at the first four decades of 20. century. Main data were received from Pavlovic P. (1901, 1902, 1926), Cvijic J. (1906, 1911, 1924) and the Germany and Austrian war geologists who worked in Macedonia during the WW 1 (1914-1918) - F. Kossmat (1924), K. Gripp (1921, 1922), Osswald K. (1925, 1935) etc. Synthesis of study results of war geologist made the Kosmat F. who for the first time the Macedonian terrains diferancieted on several zones. From the paleontological materials which collected these geologist Schlosser M (1921) for the first time determined pikermian fauna of Mammals from the Veles and Pax F.(1921) the first fossil macroflora from the Skopje Neogene.

Important data were received from study of Laskarev V., who determined *Mastodon angustidens Cuv. vardarica* (1932) and *Mastodon angustidens Cuv. f. subtapiroides* Schlesinger (1933) from the Skopje Neogene basin.