



**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ
ПО МИННО ДЕЛО, ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛУРГИЯ**

СБОРНИК С ДОКЛАДИ

Национална научно-техническа конференция

ГЕОЛОЖКОТО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ

14 април 2022 г.



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИ СЪЮЗ ПО МИННО ДЕЛО, ГЕОЛОГИЯ И МЕТАЛУРГИЯ

Съорганизатори



Федерация на научно-техническите съюзи в България
Геологически институт - Българска академия на науките
Българска минно-геоложка камара
Минно-геоложки университет "Св. Иван Рилски"
Секция Науки за Земята - Съюз на учените в България
Българско геологическо дружество

СБОРНИК С ДОКЛАДИ

Национална научно-техническа конференция ГЕОЛОЖКОТО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

акад. Иван Загорчев, проф. дгн Димчо Йосифов,
проф. д-р Радослав Наков, проф. дгн Румяна Вацева,
проф. дгн Руслан Костов, доц. д-р Евгения Тарасова,
доц. д-р Никола Ботушаров

ISBN: 978-619-90939-8-6

Научно-технически съюз по минно дело, геология и металургия

СЪДЪРЖАНИЕ

ГЕОЛОЖКОТО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ – СЪСТОЯНИЕ, ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ПЕРСПЕКТИВИ. НАЦИОНАЛНАТА ГЕОЛОЖКА СЛУЖБА И РЕГИОНАЛНИТЕ ГЕОЛОЖКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ	5
Невен Георгиев, Янко Герджиков, Калин Найденов, Любомир Методиев, Стефка Приставова, Емилия Войнова, Диан Вангелов, Стоян Георгиев, Стефан Методиев, Елеонора Балканска, Николай Петров, Христо Киселинов, Йордан Генчев	
ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА В ТРИИЗМЕРНОТО ГЕОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ СЪС СОФТУЕР С ОТВОРЕН КОД	13
Румяна Вацева	
ТРИИЗМЕРНО ГЕОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ГИС	19
Дейвис Динков	
ГЕОЛОЖКО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ – ПРИЧИНИ ЗА ЛИПСАТА МУ В НАШИ ДНИ	29
Стоян Саров	
КОНЦЕПТУАЛНА И МЕТОДОЛОГИЧНА ОСНОВА НА ГЕОЛОЖКО КАРТИРАНЕ НА ВИСОКОСТЕПЕННИТЕ МЕТАМОРФНИ КОМПЛЕКСИ В ЮЖНА БЪЛГАРИЯ	32
Евгения Кожухарова	
ФАКТИ, ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ХИПОТЕЗИ ЗА СЪЗДАВАНЕТО И РАЗВИТИЕТО НА ПРЕКАМБРИЙСКИТЕ МЕТАМОРФНИ КОМПЛЕКСИ В РОДОПСКИЯ МАСИВ	39
Евгения Кожухарова	
ГЕОХИМИЧНОТО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ	47
С. Д. Бояджиев	
РЕГИОНАЛНОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕДР (НА ПРИМЕРЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО И СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ)	62
Килипко В. А., Криночкин Л. А., Спиридонов И. Г., Шаройко Ю. А.	

МИНЕРАЛОЖКО КАРТИРАНЕ И БЕЛЕЖКИ ВЪРХУ МИНЕРАЛНИТЕ РЕСУРСИ В ОБЯСНИТЕЛНИТЕ ЗАПИСКИ У НАС	73
Руслан И. Костов	
СПЕЦИАЛИЗИРАНА РАДИОГЕОЛОЖКА КАРТИРОВКА	77
Ив. Бедринов	
МЕТОДИКА НА ПРОУЧВАНЕ, ИЗПОЛЗВАНА ПРИ ТЪРСЕНЕ И ПРОУЧВАНЕ НА УРАНА, ПРЕЗ ПЕРИОДА 1946-1992 Г.	80
Т. Аладжов, Н. Кръстев, Т. Стефанов, Ил. Божков	
КАРТТЕ В НЕФТЕНАТА ГЕОЛОГИЯ – РЕТРОСПЕКЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВИ В БЪЛГАРИЯ	85
Н. Ботушаров	
ГЕОЛОГОПРОУЧВАТЕЛНИТЕ ДЕЙНОСТИ И ЗАКОНА ЗА ПОДЗЕМНИТЕ БОГАТСТВА	94
Стефан Григоров	



ГЕОЛОЖКОТО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ – СЪСТОЯНИЕ, ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА И ПЕРСПЕКТИВИ. НАЦИОНАЛНАТА ГЕОЛОЖКА СЛУЖБА И РЕГИОНАЛНИТЕ ГЕОЛОЖКИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Невен Георгиев¹, Янко Герджиков¹, Калин Найденов², Любомир Методиев², Стефка Приставова³,
Емилия Войнова⁴, Диан Вангелов¹, Стоян Георгиев², Стефан Методиев⁵, Елеонора Балканска¹,
Николай Петров⁶, Христо Киселинов² Йордан Генчев⁷

¹ Софийски университет „Св. Климент Охридски“, neven@gea.uni-sofia.bg

² Геологически институт на БАН „Акад. Страшимир Димитров“, naydenov@geology.bas.bg

³ Минно-геоложки университет „Св. Иван Рилски“, stprist@mgu.bg

⁴ Геотехмин ООД, e.voynova@geotechmin.com

⁵ Дънди Прешъс Металс, stefan.metodiev@dundeevaluable.com

⁶ Металхънт ЕООД, niky_geology@abv.bg

⁷ Йордан Генчев, yordan.genchev@gmail.com

THE GEOLOGICAL MAPPING IN BULGARIA – CURRENT STATE, CHALLENGES AND PERSPECTIVES. THE NATIONAL GEOLOGICAL SURVEY AND REGIONAL GEOLOGICAL STUDIES

Neven Georgiev¹, Ianko Gerdjikov¹, Kalin Naydenov², Lubomir Metodiev², Stefka Pristavova³, Emilia
Voinova⁴, Dian Vangelov¹, Stoyan Georgiev², Stefan Metodiev⁵, Eleonora Balkanska¹, Nikolay Petrov⁶,
Hristo Kiselinov², Yordan Genchev⁷

¹ Sofia University St. Kliment Ohridski, neven@gea.uni-sofia.bg

² Geological Institute Acad. Strashimir Dimitrov, Bulgarian Academy of Sciences,
naydenov@geology.bas.bg

³ University of Mining and Geology St. Ivan Rilski, stprist@mgu.bg

⁴ Dundee Precious Metals, stefan.metodiev@dundeevaluable.com

⁵ Geotechmin Ltd., e.voynova@geotechmin.com

⁶ Metalhunt Ltd., niky_geology@abv.bg

⁷ Yordan Genchev, yordan.genchev@gmail.com

ABSTRACT

This discussion paper focuses on two main topics – the history and current state of the Bulgarian regional geological mapping programs and the role and place of the National Geological Survey as an institution responsible for organizing the regional scale geological investigations in the state. Bulgaria remains the only EU country that does not have a National Geological Survey. Our main goal is to stress on the many negatives for the geosciences and for the economy that are directly or indirectly linked to this problem and to try to start a constructive discussion among the geosciences society and the industries that will hopefully lead to the foundation of such independent institution. Among the main benefits for the academia as well as for the economy of the country we would mention on one hand the possibility to give a new start of the long forgotten consistent regional-scale geological mapping programs, regional geochemical, geophysical hydrogeological, ecological investigations, etc. On the other hand, the need of an independent National Survey for the future development of progressive, sustainable and green mining and energy industry in the country is even more critical. This survey should not only be a supervisory authority but rather a leading motive for the many possible varieties of industry projects through which it will contribute for of the local societies well beings as well as for the economy of the country.

Въведение

От зората на геоложката наука до века на информационните технологии геоложкото картиране е незаменим инструмент при всички теренни мероприятия, изпълнявани както в сферата на геоложкото



проучване и индустриалната (икономическата) геология, така и при различни приложни (инфраструктурни и инженерни) и научни разработки. Не случайно, във всички добри университети, които включват в програмите си специалност „Геология“, едно от основните изисквания при дипломиране както в бакалавърска, така и в магистърска степен (независимо от направлението) е студентите да представят и защитят проект по геоложко картиране.

Геоложкото картиране в България има традиции и дълбоки корени, и е неизменно свързано с именити български геолози, големи научни достижения и успешни индустриални проекти. С риск да пропуснем имената на мнозина, ще си позволим да споменем пионери като проф. Георги Златарски, акад. Георги Бончев и проф. Стефан Бончев, както и техните наследници акад. Еким Бончев, проф. Цоньо Димитров, акад. Страшимир Димитров, проф. Димитър Яранов, доц. Андрей Янишевски и др. „Старите майстори“, както ги наричаше проф. Живко Иванов, бяха положили добри основи на професионалното и качествено геоложко картиране в страната, оставяйки след себе си таланти и продуктивни теренни геолози като Стефан Бояджиев, Димитър Кожухаров, Живко Иванов, Стилян Московски, Кръстина Колчева, Евгения Кожухарова, Николай Кацков, Александра Харковска, Петър Гочев, Георги Чаталов, Иван Загорчев, Иван Хайдутков, Иван Боянов, Росен Иванов, Александър Горанов, Илия Кънчев, Георги Чешитев, Славчо Янев, Христо Дабовски, Сава Савов, Крум Ангелков, Симеон Куйкин, Людмил Миланов, Веселин Вълков, Вълко Ангелов, Манол Антонов, Лилия Додекова, Юли Стефанов и др. На повечето от тях дължим голяма част от детайлните геоложки карти, изработени до средата на 70-те години на 20-ти век, а с картирането е постигнато и откриването на по-значимите находища на полезни изкопаеми в България, върху разработването на които „лежи“ икономиката на страната и до днес. Работата и опитът на тези блестящи картировачи бяха наследени на свой ред от не по-малко изявени теренни практики, чиито имена са толкова много, че няма да бъдат споменавани в настоящото изложение с цел да се избегнат пропуски. И въпреки това, сред всички картировачи от това поредно поколение, ясно се откроява името на Стоян Саров. Това е човекът, който успя в най-трудните за българската геология времена, в периода между 1990 и 2010 г., да сплоти около себе си колектив и да даде надежда на много млади специалисти, които изучиха теренния занаят и на практика се превърнаха в новото поколение картировачи, които издигаха геоложкото картиране на ново ниво, съчетавайки класическите теренни подходи с модерните методи на геологията и информационните технологии на новия век. Това са и хората, които оформят съвременния облик на българската геоложка наука и практика, работейки в държавните академични институции, в престижни европейски университети, както и в големи български и чуждестранни минни компании.

Ще спрем до тук с коментарите върху миналото на геоложкото картиране в България, тъй като целта на тази кратка студия е не да прави ретроспективен преглед на историята и успехите на българските теренни геолози, а да насочи вниманието на геоложката общност в страната към отдавна съществуващи проблеми, чието решаване е от значение за развитието на геоложкия бранш. За целта, проблематиката, свързана с геоложкото картиране, което без съмнение би трябвало да бъде в основата на всяко приложно или научно геоложко изследване, е представена в три отделни раздела: 1) Състояние; 2) Предизвикателства и 3) Перспективи. Преди да изложим своите заключения, в самостоятелен раздел ще разгледаме важноста и ролята на Националната геоложка служба при организирането и управлението на регионалните геоложки изследвания.

Състояние

Състоянието на геоложкото картиране в България е драматично. Ако трябва да го диагностицираме медицински, бихме предложили термина „коматозно“, но съществуващата доза оптимизъм все пак ни кара да го определим по-скоро като „летаргично“.

Последният голям държавен проект, свързан с геоложко картиране на големи площи от страната, приключи през вече сравнително далечната 2010 г. Официалните геоложки карти (М 1:50 000) и придружаващите ги обяснителни записки, които бяха издадени в края на проекта, представляват едва около 1/3 от общата картируема площ на България. След този проект, държавата, „подкрепена“ от



бездействието и нихилизма на геоложките институции и цялата геоложка общност в страната, на практика сложи край на традиции и знания, натрупани в продължение на цяло столетие.

След 2010 г., сред геоложката общност нееднократно е поставян въпроса за нуждата от продължаване на държавната картировка, с цел покриване цялата площ на страната с осъвременени картни изображения. Въпреки че през последните десетина години се долавяха далечни нотки на надежда, до ден днешен подобен проект не е реализиран. И докато в България все още се опитваме да докажем на държавните институции очевидната нужда от актуализирана геоложка карта, то в страни, които следваме и сочим за пример, отдавна преминават от двуизмерно картиране към картиране и интерпретиране на триизмерни геоложки изображения не само на конкретни обекти, но и на цели региони (например програмите на геоложките служби на Великобритания, САЩ, Германия, Норвегия, Швеция и др.) Естествено последното е функция от съвременни геоложки карти, геофизични изследвания и пр.

Проблемът с геоложкото картиране не се изчерпва само с отсъствието на текущи, държавнофинансирани регионални изследвания, но и с липсата на съвременни карти за голяма част от територията на Република България. От изключителна важност са също нивото и качеството на дигитализация на съществуващата геоложка документация и картировъчни материали. В редица държави геоложките архиви са дигитализирани и са свободно достъпни в интернет със съпътстващи ги метаданни. У нас, в дигитален вид са налични геоложките карти в М 1:100 000 и последните карти в М 1:50 000 (различни специализирани картни изображения, като някои геофизични карти например, няма да са обект на настоящата дискусия). Важно е да се отбележи, че при тази дигитализация не са спазвани стандарти и много често редица важни характеристики не отговарят и на минималните изисквания за кохерентност и съвместимост на дигиталните данни. Не е направено нищо и по отношение на цифроването на данните от детайлните геоложки изследвания, които се съхраняват в Националния геофонд. За достъпност на информацията за чуждоезични потребители, каквито нерядко проявяват интерес към геоложките архиви с научни, научно-приложни и много често – с чисто индустриални интереси и дума не може да става.

Отсъствието на държавни проекти, свързани с регионална картировка, доведе до прекъсване в приемствеността между поколенията български теренни геолози. Голяма част от водещите картировачи се пенсионираха, а повечето от тези, които те обучиха бяха добре приети сред колективите на големи проучвателни и минни компании, което все пак е доказателство за високото ниво на подготовка на геоложките кадри в България от това време. В момента, в България комплексно подготвени специалисти, които работят само и единствено геоложко картиране няма. Геолозите, които работят за повечето проучвателни компании с действащи разрешения в страната, се занимават със специализирани теренни изследвания, които са основани на общите правила за геоложка картировка, но все пак остават твърде далеч от приетите стандарти за комплексен специалист по геоложко картиране. В академичните среди ситуацията може би е дори по-притеснителна, защото опитните теренни геолози буквално се броят на пръсти.

След закриването на „Комитет по геология“, все по-силно се усеща липсата на държавна институция, която да менажира научни и научно-приложни проекти с национално значение, а също и да осигурява специализирани регионални изследвания, които да обслужват индустриални и инфраструктурни проекти в страната. В повечето държави по света такава функция изпълняват съответните национални геоложки служби. Лъч на надежда се появи със създаването на отдел „Национална геоложка служба“ към дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“ на Министерство на енергетиката и особено с решението на Министерски съвет за приемане на „Националната стратегия за развитие на минната индустрия“ (Стратегията) през 2015 г. В нейния текст ясно е посочено, че *„Геоложките дейности обезпечават минерално-суровинната индустрия с регионални геоложки изследвания и прогнози и са основа за развитието на отрасъла. В тези дейности основна роля изпълняват **националните геоложки служби**. Те планират и провеждат регионалните геоложки изследвания и търсещо-прогнозните дейности и обезпечават обществото с изследвания върху сеизмичността, геоложките рискове и др.“* Стратегията изглежда добре обмислена, като



балансирано засяга всички аспекти на отрасъла и свързаните с него приложни и изследователски дейности. В нея, освен специфичните за минната индустрия аспекти, са заложили и такива, свързани с развитието на регионалните геоложки изследвания и проучвания на страната. Основният проблем обаче, се състои не в липсата на програма, която трябва да бъде следвана и изпълнявана, а в това, че въпреки наличието на добре подготвен план за регионални геоложки изследвания, той не само не се изпълнява, но и никога не са предприемани стъпки за неговото реализиране. Излишно е тук да отправяме критики към конкретни институции. В неофициални разговори пред представители на академичните среди, колегите от отдел „Национална геоложка служба“ сами неведнъж са повдигали въпроса за нуждата от стартиране на програма за регионални геоложки изследвания и в частност за продължаване на геолошко картиране в М 1:50 000. За съжаление, инертността на геоложката общност у нас и липсата на съгласуваност в действията между отделните научни институции в страната са основната причина за застой в това направление. План за действие съществува, задачите отдавна са определени, но липсата на интерес и разбиране от страна на държавата и представляващите я институции, в съчетание с междуведомствени и междуинституционални боричкания, сериозно възпрепятстват и буквално спират стартирането им.

Предизвикателства

Едва ли е уместно да класифицираме проблемите, очертани в предходния раздел по тежест или по важност. Както бе споменато по-горе, застоят в геоложкото картиране в България, а и в геоложкия бранш като цяло, е комплексен проблем, който изисква спешни мерки, разумни решения, синхрон и добра комуникация между научните геоложки институции, минната индустрия, представена от Българската минно-геоложка камара и държавните институции в страната.

С приемането на „Национална стратегия за развитие на минната индустрия“ (Стратегията), а след това и на „Устройствен правилник на Министерство на енергетиката“ (Устройствения правилник) през 2015 г., на практика държавните и обществени геоложки институции в страната получиха желаната база, необходима за инициирането и изпълнението на различни по насоченост и формат регионални геоложки изследователски програми. Въпреки това, за реализирането на посочените в Стратегията и Устройствения правилник регионално-геоложки изследвания, до момента не е направено нищо.

Основното предизвикателство, свързано с изпълнението на приоритетите, посочени в тези два документа, произтича пряко от друг сериозен проблем - необходимостта от реорганизиране на дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“ и устройството на отдел „Национална геоложка служба“. Споменавайки този казус, не целим да се конфронтираме с колегите от Дирекцията. Напротив, смятаме, че те са добри специалисти, които професионално и съвестно изпълняват служебните си задължения. Въпросът се състои в това, че от една страна в дирекцията работят твърде малко хора, които въпреки ентузиазма и желанието си, не разполагат с физически възможности и време да покрият огромния набор от цели, заложили в Стратегията. От друга страна, в Дирекцията работят основно специалисти, които са с богат опит в организиране и администриране на индустриални проекти, в сферата на проучването и добива на полезни изкопаеми. Специалисти, които имат опит в менажирането и организирането на задачи, свързани с регионални геоложки изследвания в ресорното министерство на практика няма. Ако все пак погледнем текста на Устройствения правилник Глава III, Раздел 8, член 24, ще открием, че в основния фокус на дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“ са дейности, свързани с индустриалния сектор, докато тези, свързани с научноизследователски проекти с регионален и национален мащаб, остават твърде размити. Това до известна степен е разбираемо, тъй като минната индустрия в България е един от основните работодатели и данъкоплатци в държавата. Но все пак се забелязва тенденция за negliжиране на регионалните геоложки изследвания, която във време на суровинен и енергиен дефицит и силна енергийна и суровинна зависимост от външни фактори, е твърде рискована за българската държава.

Не по-малко предизвикателство е дефицитът на геоложки кадри. Липсата на подготвени специалисти не е едностраничен, а комплексен проблем. Тук трябва да споменем основни фактори като:



- 1) слаба популярност на геологията като наука сред подрастващото поколение (отсъствие на общообразователен предмет Геология в гимназиалния курс на средните училища в страната);
- 2) недостиг на студенти в специалностите на СУ „Св. Кл. Охридски“ и МГУ „Св. Ив. Рилски“, които предлагат обучение в квалификационните степени бакалавър и магистър по Геология (функция от първия фактор)
- 3) тромави, морално остарели и неадекватни към съвременната икономическа обстановка и пазар на труда учебни планове, в някои бакалавърски и магистърски програми на двата университета, които обучават студенти в специалност „Геология“;
- 4) трудна професионална реализация или дори липса на такава в рамките на държавата, с което специалността става още по-непривлекателна за младите хора.

Спешните мерки в тази насока са необходими, преди държавата да се изправи пред сериозен кадрови проблем с пълна липса на специалисти в областта, което ще се случи неминуемо, ако бездействието в тази насока продължи. Такава липса, в недалечно бъдеще ще доведе до необходимост от търсене на чуждестранни специалисти за решаване на наши, локални задачи, което е свързано със сериозни финансови и политически зависимости. Вярваме, че стартирането на една национална програма за регионални геоложки изследвания, менажирана от Национална геоложка служба, ще даде възможност на малкото останали опитни теренни геолози в страната, да успеят да създадат адекватно подготвени екипи от специалисти, които в бъдеще да продължат развитието не само на програма за геолошко картиране, но също и на други програми за регионални геоложки и геофизични изследвания, свързани вече с конкретни задачи и проекти от национален мащаб (енергийни ресурси, критични суровини, природен риск, околна среда и пр.).

Доброто взаимодействие, сътрудничество и обмен на знания и добри практики между академичните институции в страната, държавата в лицето на Националната геоложка служба и минните компании, представени от Българската минно-геоложка камара, са от съществено значение както за развитието на кадрите, така и за реализирането на регионалните научно-изследователски проекти. Спирането на държавното финансиране за геоложка картировка и други регионално-геоложки изследвания, съвпада с период на драматични промени в начините на събиране и обработка на геоложките данни. В последните 15 години, навлизането на мобилни устройства, безпилотни летателни апарати и нови техники за геоложка и геотехническа документация на разкрития, доведе до истинска революция и генерирането на нови, висококачествени данни и интерпретации на геоложките факти. Непрекъснато се подобрява и осигуреността на все по-детайлни цифрови модели на релефа и сателитни изображения. Планирането и реализирането на съвременни геоложки изследвания е вече немислимо без използването на новите технологии. От изключителна важност обаче остава проблемът със захранването на различните софтуерни платформи с качествени геоложки данни, събрани от опитни теренни геолози от една страна и способността да се анализират и интерпретират софтуерните решения на база на реален теренен опит, от друга. За това обаче, е нужен подготвен човешки ресурс, който висшите учебни заведения не могат да обучат и подготвят, разчитайки само на собствени средства. Към момента, изоставането ни в сферата на дигиталните технологии все още не е драматично, благодарение най-вече на ентузиазма на по-млади колеги и ще бъде допусната грешка, ако техните усилия, знания и опит не бъдат адекватно ползвани.

Перспективи

Възстановяване и потенциал за развитие на геоложкото картиране в частност и на геоложкия бранш като цяло в България има, но те са в пряка зависимост от адекватната държавна политика по отношение на образованието по науките за Земята, финансирането на програми за регионални геоложки и геофизични изследвания и стимулирането на инвестициите в търсенето, проучването и експлоатирането на природни ресурси.

Първата и най-важна стъпка, според нас трябва бъде реорганизирането на съществуващата Дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“ или дори създаването на автономна институция



„Национална геоложка служба“ (например агенция), която да разполага със собствен бюджет и дългосрочна научно-изследователска програма с приоритети, които са съобразени с икономическите интереси и стратегическите приоритети на държавата.

Конкретни перспективни направления, освен търсенето и проучването на полезни изкопаеми, са такива като:

- 1) Регионално геолошко картиране и прекартиране, което трябва да довърши започнатата през 2004 г. официална геоложка карта на страната в М 1:50 000;
- 2) Изготвяне на обобщителни и тематични карти в М 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000 на база на новата геоложка информация;
- 3) Реализиране на програма за дигитализиране на геоложката документация, намираща се в Националния геофонд, а също и във фондовете на СУ, МГУ и ГИ-БАН, съпътствана от пълен или избирателен, по зададени приоритети, превод на английски език;
- 4) Регулярна геоложка картировка в различни мащаби на ключови райони, свързани с обогатяване на познанието ни за геоложкия строеж на земните недра;
- 5) Стартиране на национална програма за геолошко документиране на строящи се инфраструктурни обекти (пътища, газопроводи, ВЕЦ, големи строителни площадки). Тази програма може да заимства от опита на археолозите, които узакониха правото си на проучване и документация на работните площадки на национални инфраструктурни обекти и обекти с национално стратегическо значение;
- 6) Изработване на осъвременена карта на геоложкия риск, в подходящ мащаб и нейното постоянно актуализиране – съвместно с НИГГГ на БАН;
- 7) Изработване на геохимична карта на България, която да включва и аномално завишените стойности на вредни компоненти, свързани с различни видове промишленост;
- 8) Изработване на съвременна металогенна карта на България, съобразена с всички новопридобити данни от проучвателни и добивни дейности в страната;
- 9) Изработване на карта на природния риск, свързана основно с опасности от наводнения – съвместно с МОСВ;
- 10) Изработване на осъвременена карта на термалните води в България и оценка на перспективите за разработване и използване на геотермалната енергия;
- 11) Изграждане на „материален“ геофонд за съхранение на проби от различни типове анализи с прилежащата им документация.

По отношение на така очертаните перспективни направления, двата държавни университета, които подготвят специалисти в направление „Геология“ (СУ и МГУ), биха се справили с осигуряването на кадри, които да осъществят задачите по подобна проектна програма. От друга страна, останалите геоложки институции в страната, също са способни да осигуряват експерти за работа в повечето основни направления.

Национална геоложка служба и регионалните геоложки изследвания

При справка за организацията на държавните геоложки служби на повечето от водещите световни икономики установяваме, че те са научно-изследователски институции, които организират и управляват всички регионални изследвания, заложили като приоритетни за съответните държави и свързани с устойчивото им развитие. В миналото в България, подобна функция изпълняваше т. нар. „Комитет по геология“, който беше надведомствена институция, подчинена пряко на Министерски съвет. Комитетът разполагаше със собствен персонал и бюджет и пряко отговаряше за изпълнението на всички проекти, свързани с различните типове регионални геоложки изследвания.

С приемането на „Национална стратегия за развитие на минната индустрия“ и „Устройствен правилник на Министерство на енергетиката“ през 2015 г., всички права, свързани с организирането на регионални геоложки изследвания, са делегирани на дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“. Начинът на организация на дирекцията обаче, както и твърде ограниченият ѝ бюджет, не позволяват поддържането на постоянен геоложки персонал, който да работи и изпълнява задачи по



конкретни научно-изследователски проекти. Очевидно е, че България не разполага с финансовия и човешкия ресурс на богатите държави, като Германия, Великобритания, Франция, Норвегия или Швеция и не може да поддържа голяма институция с постоянно ангажиран персонал от теренни специалисти и със собствена лабораторна база. В Италия като пример, която може да отдели достатъчно средства за поддържане на различните видове регионални геоложки изследвания, националната геоложка служба има основно управленска и регулаторна функция, а относително малкият ѝ персонал изпълнява основно приложни проекти (геоложки риск например), а проекти свързани с регионалногеоложка тематика се възлагат на работни колективи, които обикновено са от академични институции. Въпреки това обаче, основавайки се на Стратегията и Устройствения правилник, дирекцията и ръководеният от нея отдел „Национална геоложка служба“, съвместно с академичните институции и минната индустрия в страната, представена от Българската минно-геоложка камара, имат необходимите основания да създадат и да изискат от държавата да одобри и започне финансирането на **Национална програма за регионални геоложки изследвания**, която да включва изброените по-горе видове научни и научно-приложни дейности. При одобряване и стартиране на такава програма, дирекцията или Националната геоложка служба ще има ръководна и контролираща роля. Конкретните задачи, заложи в програмата и одобрени за финансиране, ще трябва да бъдат възлагани посредством конкурс на екип от специалисти, които освен представена адекватна програма за изпълнение, трябва документално да докажат, че притежават опит, „ноу-хау“ и капацитет за изпълнението на всеки конкретен проект.

Заклучения

Заклученията от гореизложените факти и разсъждения, относно ролята и важността на регионалните геоложки изследвания в страната, са споделяни от повечето активно работещи специалисти в сферата на науките за Земята, както и от практиците от проучвателния и добивния сектори на минната индустрия. Степенувайки ги не толкова по важност, тъй като всички те са части от едно цяло, а по ред на организиране, ще посочим необходимостта от:

1. Предизвикване на широка дискусия между заинтересованите институции в страната, за нуждата от реорганизиране дейността на Дирекция „Природни ресурси, концесии и контрол“ по отношение на регионалните геоложки изследвания и прерастването ѝ в автономна държавна институция с функции на Национална геоложка служба, в чийто ресор да попадат и този вид научноизследователски дейности;
2. Излъчване на координационен комитет, който да организира изготвянето на детайлен проект за **Национална програма за регионални геоложки изследвания**, която да бъде ръководена и контролирана от Националната геоложка служба;
3. Всички научно-приложни разработки като регионално геолошко картиране, регионални геофизични изследвания, изследвания на геоложкия риск, регионални хидрогеоложки изследвания, регионални изследвания на геохимия на почвите, регионални изследвания върху техногенните замърсявания, свързани с минната и металургичната промишленост и пр., трябва да бъдат организирани и управлявани от Националната геоложка служба;
4. За изпълнението на различните проекти и конкретни задачи, свързани с Националната програма за регионални геоложки изследвания, Националната геоложка служба трябва да разчита на наличната научна инфраструктура у нас. В съвременната реалност и при това икономическо състояние на държавата, е немислимо службата да разполага с постоянен персонал от специалисти;
5. Организирането на различните видове регионални теренни изследвания, трябва да бъде извършвано от екипи, избрани на конкурсен принцип и изпълняващи детайлно изготвени от геоложката служба технически задания;
6. Националната геоложка служба трябва да има адекватна рекламна и разяснителна политика, насочена към две цели: а) реклама и предоставяне на лесен достъп до платена информация (от Националния Геофонд или друга информация) на заинтересовани страни с цел привличане



- на преки инвестиции; б) предоставяне на детайлна, обективна, достъпна и добре разяснена информация за българската общественост по теми, засягащи пряко или косвено връзката между икономическите, социалните и еколожките фактори, и живота на местните общности с оглед на възникнали конкретни инвестиционни намерения в областта на проучването и добива на подземни богатства. Това би спомогнало да се прекъсне порочната практика на групировки, криещи се зад преекспонирания, псевдо-зелен балон, които с политически или други цели лесно успяват да манипулират общественото мнение, без да се съобразяват с интересите на местните общности и интересите на държавата. Националната геоложка служба трябва авторитетно и компетентно да разсее или поне да работи към по-малка роля на модерното не само у нас течение „отпор до край“ във връзка с почти всички по-мощабни инвестиционни проекти, които са в интерес на устойчивото развитие на страната;
7. Съвместно с академичните институции и индустрията, представена от Минно-геоложката камара, Националната геоложка служба трябва да се грижи за популяризирането на науките за Земята, включително и с предложения за по-задълбоченото им изучаване в гимназиалния курс на училищата в страната;
 8. Националната геоложка служба трябва да има контролна функция, като следи качеството при изпълнението на регионални задачи, контролира екологичните програми при индустриалните проекти, упражнява контрол върху екологосъобразното използване на всякакви природни ресурси, включително и възобновими, контрол на изпълнението на заложиени програми (за проучване например), контрол по рехабилитация на големи обекти – рудници.

Линкове към цитирани документи и уебсайтове

1. https://www.me.government.bg/files/useruploads/files/vop/minstrategy/minna_strategia2015.pdf
2. <https://www.me.government.bg/bg/library/ustroistven-pravilnik-na-ministerstvoto-na-energetikata-364-c284-m0-1.html>
3. https://www.bgr.bund.de/EN/Home/homepage_node_en.html
4. <https://www.bgs.ac.uk/geological-research/>
5. <https://www.brgm.fr/en>
6. <https://www.ngu.no/en>
7. <https://www.sgu.se/en/>
8. <http://portalesgi.isprambiente.it/en>



ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА В ТРИИЗМЕРНОТО ГЕОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ СЪС СОФТУЕР С ОТВОРЕН КОД

Румяна Вацева

Геологически институт – Българска академия на науките, e-mail: rvatseva@gmail.com

CHALLENGES IN THREE-DIMENSIONAL GEOLOGICAL MODELLING WITH OPEN SOURCE SOFTWARE

Rumiana Vatseva

Geological Institute, Bulgarian Academy of Sciences, e-mail: rvatseva@gmail.com

ABSTRACT

Three-dimensional geological modeling is a useful tool for multiple applications in Earth sciences. The main challenge in recent years has been the development of open source software. This paper focus on summarizing the capabilities and the main features of successfully implemented open source softwares for 3D geological modeling. The open source modeling contributes to the creation of a new user community, which will be increasingly involved in the development of 3D geological models and final products.

Въведение

Геоложкото картиране е фундаментална дейност в областта на науките за Земята с решаващо значение за научното разбиране на еволюцията на ландшафта, околната среда и геоложката история. То намира пряко приложение при оценяване на водните, енергийните и минералните ресурси, инженерните дейности, опасността и риска от неблагоприятни явления и процеси, както и цялостния потенциал за икономическо развитие на даден район. Значителните му приноси за развитието на геоложките изследвания са получили признание още в зората на геоложката наука след публикуването през 1815 г. на първата геоложка карта на Англия, Уелс и част от Шотландия, създадена от Уилям Смит (1769-1839). Важно е да се отбележи, че тази първа карта е придружена от множество геоложки разрези, илюстриращи триизмерната връзка между геологията и ландшафта чрез перспективна скица на релефа, поради което може да се приеме, че това е и първият триизмерен геоложки модел.

Съвременното триизмерно (3D) геоложко моделиране е ефективен инструмент за представяне на сложните геоложки структури в 3D пространството въз основа на наличните данни и знания. То отдавна е еталон в проучванията на нефт и газ, както и на минерални ресурси. Сравнително ново е неговото приложение в области като регионална геология, управление на подземните води, инженерна геология и оценка на геоложкия риск, където са необходими по-детайлни данни. Напредъкът в събирането на големи обеми цифрови данни и тяхната компютърна обработка от 90-те години на миналия век позволява прилагането на методики, които преди това са с по-ограничено приложение в геоложкото картографиране и 3D моделиране. Развитието е предизвикано от появата на мощни компютри, значителния напредък в използването на цифрови методи и управлението на големи бази данни, приложението на геоинформационни технологии, вкл. географски информационни системи (ГИС) и разработването на нови инструменти.

Същевременно широкото използване на компютърните технологии е съчетано с нарастващите обществени нужди, изискващи от отговорните институции да вземат някои трудни решения, свързани с управление на природните ресурси и стратегии за защита на околната среда. Тази ситуация може да бъде особено сложна и важна в районите със засилен антропогенен натиск. Във връзка с това 3D геоложките модели се използват все по-често за разнообразни научни и обществени цели, тъй като са подходящо средство за по-ясно представяне на специализираната геоложка информация. Те се превръщат в стандарт при оценка на потенциала на енергийните, водните и минералните ресурси, при симулационен анализ на геоложкия риск и други актуални теми както за индустрията, така и за



държавните агенции. В допълнение на това успешно подпомагат ангажирането и комуникацията с отделните заинтересовани страни.

Разработването на 3D геоложки модели осигурява нови възможности за подобряване на научното разбиране за изследваните обекти и обогатяване на геоложките данни, които могат да бъдат полезни за различни приложения във всички науки за Земята. В българското изследователско пространство в тази област работят представители на университетската общност от Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“ и Софийския университет „Св. Климент Охридски“, чиито научни публикации през последните години представят получените нови данни и резултати на базата на 3D геолошко моделиране [13-17].

Геоложкото моделиране, най-общо казано, е представяне в пространството на 3D повърхнини, които представляват резки промени в свойствата на скалите, често съответстващи на определени събития в геоложката история. Тези повърхнини могат да бъдат моделирани чрез два основни метода: експлицитно, като мрежи от триизмерни повърхнини или имплицитно, като изоповърхнини на непрекъснато скаларно поле, интерполирано върху цялото пространство на домейна [19].

Генерирането на 3D геоложки модели напоследък се фокусира върху използването на методите за имплицитно моделиране. Като пример могат да се посочат различни софтуерни пакети, разработени за нуждите на петролната индустрия (Go-Cad, Petrel, JewelSuite) или минния сектор (MicroMine, MIRA Geoscience, GeoModeller, Leapfrog). Комерсиалните софтуерни пакети имат разнообразно предназначение и функционалности, но от една страна, те са достъпни под лиценз на доста висока цена, а от друга – могат да имат известни ограничения, които водят до пропуски, грешки и по-ниско качество на резултатите.

Във връзка с това главното предизвикателство през последните години е разработването на софтуер с отворен код за 3D геолошко моделиране. В резултат на търсенето на нови инструменти за геолошко моделиране вече успешно са реализирани няколко отворени платформи и пакети, чието представяне в този доклад е без претенции за пълнота и изчерпателност. Целта е да се презентират основните характеристики на актуални разработки на софтуер с отворен код за 3D геолошко моделиране, които допринасят за създаването на нова потребителска общност, участваща активно в разработването както на инструментите и данните за 3D моделиране, така и на крайните 3D продукти и приложения.

3D структурно геолошко моделиране с Python

Софтуерният пакет с отворен код GemPy [9] позволява имплицитно (автоматизирано) генериране на реалистични 3D структурни геоложки модели. Базиран е на Python. Осигурява възможности за създаване на сложни комбинации от стратиграфски и структурни елементи като поредици от седиментни слоеве, магмени тела с (почти) произволни форми, разломи (отместването се изчислява автоматично от засегнатите геоложки обекти), разломни структури, гънкови структури (засягащи единични или множество слоеве, включително обърнати и лежащи гънки), контактни повърхнини и т.н.

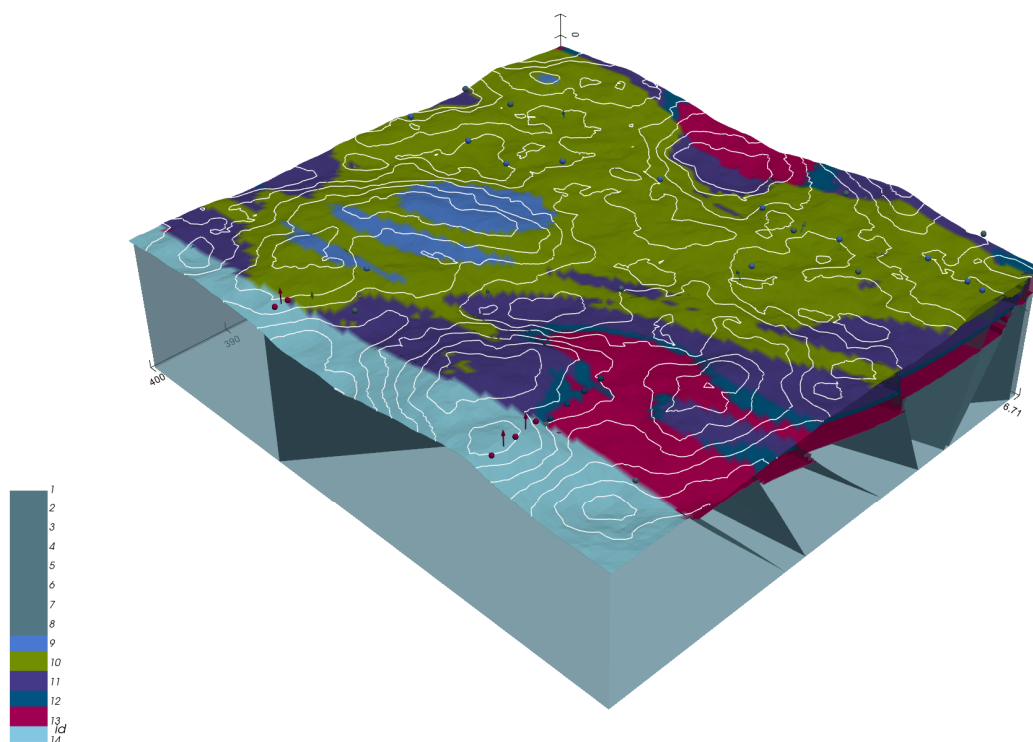
Имплицитното моделиране на сложни геоложки структурни елементи с GemPy (Фиг. 1) е базирано на универсалния метод кокригинг, който се използва за интерполиране на 3D скаларно поле, така че значимите геоложки обекти са изоповърхнини в това поле. Използваният алгоритъм за интерполация е разработен от [12] и усъвършенстван от [1]. Изоповърхнините на скаларното поле могат да бъдат извлечени като експлицитно представени геоложки граници. По този начин множество повърхнини могат да бъдат имплицитно представени в едно скаларно поле. Неконформните отношения се моделират чрез комбинации от множество скаларни полета, като разломите се представят от функции на отклонение в системата за кокригинг [2, 18].

Алгоритъмът за интерполация, лежащ в основата на GemPy, позволява директна интеграция на два основни типа геоложки входни данни:

- Контактни точки на повърхнините: 3D координати на точки, маркиращи границите между различни елементи на геоложките обекти;

- Измервания на ориентация в 3D пространството.

Възможно е да бъдат дефинирани топологични елементи като комбиниране на множество стратиграфски данни и сложни мрежи от разломи, които да бъдат взети предвид в процеса на моделиране.



Фиг. 1. 3D модел, създаден с GemPy. Източник: [10]

Визуализацията на генерираните модели е в зависимост от поставените специфични задачи и възможностите за гъвкаво комбиниране с други пакети с отворен код за създаване на висококачествени рендери и виртуална реалност. Това позволява визуализиране на модела по няколко начина:

- директна визуализация на 2D модел (или геоложка карта), включително светлосенки на релефа и други опции за интуитивно представяне на резултатите;
- интерактивна 3D визуализация и управление на моделните данни

Създаденият геоложки модел може да бъде използван като основа за последващите симулации на процеси и геофизични симулации.

Към това могат да се добавят и различните възможности за експортиране на генерираните модели:

- Експорт на VTK (Visualization Toolkit) файлове за по-нататъшна визуализация и обработка с друг софтуер;
- Експорт на триангулационни повърхнини (например за по-нататъшна обработка с различен софтуер);
- Експортиране на изображения (например геоложки карти).

Важно е да се отбележи, че една от най-модерните функции е пълното интегриране на стохастични методи за геолошко моделиране. Това е от особено значение при оценяване на неточността във входните данни на модела и в използваната допълнителна вторична информация. Така например, при отчитане на неточностите по отношение на данните за даден слой в пространството на модела, симулацията ще доведе до различни реализации на модела. Като цяло е предоставен функционален интерфейс за взаимодействие с входни данни и модели.



GemPy е инструмент за генериране на геоложки модели за различни цели, като потребителите могат да разработят и разширят самата кодова база. Това се подкрепя от две основни структурни решения: (1) ясно разделение между основните елементи (ядрото) и добавяните елементи и (2) комбинация от функционално и обектно-ориентирано програмиране. Целта на този дизайн е да се осигури лесен за използване потребителски ориентиран софтуер, като същевременно бъде запазена модулната структура на кода за бъдещи потребители [2].

Понастоящем GemPy активно се развива в три основни направления: (1) увеличаване на способностите за вероятностно машинно обучение чрез използване на методи, базирани на градиенти и вероятности, (2) последваща обработка за количествено определяне на неточността и връзката ѝ с теория на решенията и теория на информацията и (3) проучване на възможностите за подобряване на визуализацията на крайните геоложки модели чрез каталога за виртуална реалност и добавена реалност.

Основните предизвикателства при работа с GemPy са свързани с решаването на докладвани от потребителите проблеми във връзка със създаването на нереалистични и нежелани, предимно кръгови моделни артефакти [18]. Те са резултат от имплицитния процес на моделиране, базиран само на данни, който не включва професионален геоложки опит. Възможните решения, които се предлагат [18] включват: оптимизиране на параметрите на стъпката на интерполация; добавяне на допълнителни ограничения като входни данни; прилагане на методи за последваща обработка за валидиране на модела; предварителна обработка на входните данни, тъй като кригинг резултатите до голяма степен зависят от конфигурацията на данните. Наличието на противоречиви данни, например силно вариращи в различни мащаби и/или неравномерно разположени, могат да доведат до артефакти при моделирането. За постигането на допустими резултати са необходими контрол на качеството и подходящ подбор на използваните входни данни.

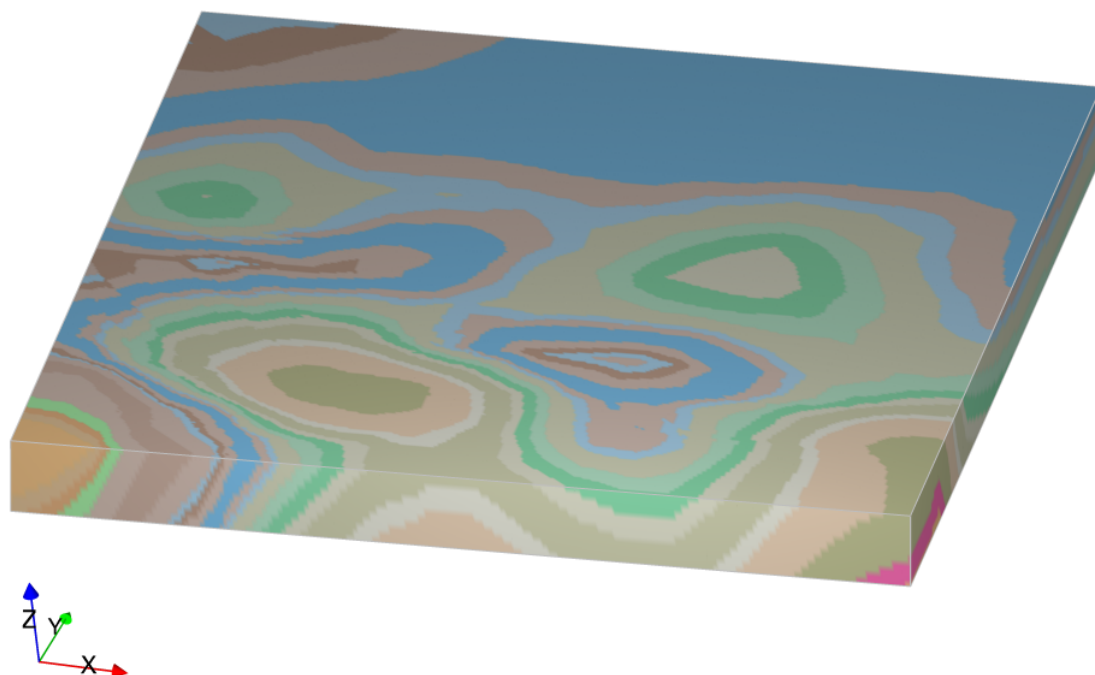
Интегрирана платформа с отворен код за 3D геоструктурни модели

Платформата Loop [5] представлява интегрирана и оперативно съвместима платформа с отворен код, позволяваща 3D вероятностно геолошко и геофизично моделиране с използване на основните научни библиотеки на Python. Нейното разработване е иницирано от австралийски изследователски институции и геоложки служби, които са част от Geoscience Australia [8] и консорциума OneGeology [11]. В разработването на платформата участват учени от Австралия, Франция, Канада и Германия.

Приложенията за 3D геолошко моделиране, разработвани с LoopStructural [6] използват основните научни библиотеки на Python pandas, numpy и scipy. LoopStructural осигурява достъп до различни алгоритми за интерполация, които могат да бъдат смесвани и съпоставяни в рамките на един геоложки модел, т.е. различните геоложки обекти (геоложки слоеве, разломни повърхнини и несъответствия в стратиграфската последователност) могат да бъдат моделирани с помощта на различни алгоритми, като при това за моделирането на геоложките елементи се прилага подход, съобразен с времето, при което първо се моделират най-новите елементи, а след това те се използват за ограничаване геометрията на по-старите елементи [3]. При създаването на геоложкия модел (Фиг. 2), в дефинирани рамки на модела се определя как си взаимодействат различните скаларни полета, като се има предвид факторът „относително време“.

LoopStructural има два типа интерполационни алгоритми, които се използват за геоложкото моделиране:

- Дискретна интерполация, при която имплицитната функция се апроксимира от базисни функции на предварително дефинирана основа;
- Поддържана от данни интерполация, при която имплицитната функция се апроксимира с помощта на базисни функции, разположени върху точките от данни.



Фиг. 2. 3D геоложки модел, създаден с Loop. Източник: [6]

Сложните елементи като гънки, разломи и стратиграфски несъответствия се нуждаят от допълнителна информация, за да бъдат включени в модела. При използването на LoopStructural, взаимоотношенията между гънките могат да бъдат включени чрез прилагането на специфични ограничения. Относно разломите е необходимо да бъдат известни отместването по разлома и вектора на посоката на приплъзване по разлома, за да могат разломите да се включат директно в модела. Несъответствията се включват чрез посочване на стойността на съществуваща имплицитна функция, която дефинира повърхнината на несъответствието [7].

Ключовите елементи на LoopStructural са обобщени [3], както следва:

- имплицитно 3D геолошко моделиране с алгоритми, използващи дискретна интерполация;
- приложение на структурна геология на гънките и разломите с използване на структурни рамки;
- автоматизирано 3D геолошко моделиране с директна връзка към map2loop за използването на геоложки карти като входни данни;
- обектно-ориентиран софтуерен дизайн, позволяващ лесно разработване и разширяване на алгоритмите за 3D моделиране

За визуализиране на 3D моделите като повърхнини и скаларни полета LoopStructural използва библиотека за визуализация, която предоставя визуализатор, може да използва цветови карти, както и да експортира модела. Предоставени са лесни за използване интерфейси за добавяне към визуализатора на геоложки елементи, входни данни, геоложки модел и изисквана от потребителя визуализация.

Новите приноси към разработването на платформата Loop под формата на алгоритмични разработки и приложения са включени в специалното издание на EGU Geoscientific Model Development [4] и предоставят свободно достъпни научни публикации.



Заклучение

Във връзка с 3D геоложкото моделиране главното предизвикателство през последните години е разработването на софтуер с отворен код. Представени са, макар и съвсем накратко, основните характеристики на успешно реализирани разработки на софтуер с отворен код за 3D геолошко моделиране. Безспорно моделирането с отворен код допринася за създаването на нова потребителска общност, при това не само сред научните среди, която ще участва все по-активно в разработването на инструментите за 3D моделиране и на крайните 3D продукти.

Литература

- [1] Calcagno, P., Chilès, J. P., Courrioux, G., & Guillen, A. (2008) Geological modelling from field data and geological knowledge: Part I. Modelling method coupling 3D potential-field interpolation and geological rules. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 171(1-4), 147-157.
- [2] De La Varga, M.; Schaaf, A.; Wellmann, F. (2019) GemPy 1.0: Open-source stochastic geological modeling and inversion. *Geosci. Model Dev.* 12, 1–32.
- [3] Grose, L., Ailleres, L., Laurent, G., and Jessell, M.: LoopStructural 1.0: time-aware geological modelling, *Geosci. Model Dev.*, 14, 3915–3937
- [4] https://gmd.copernicus.org/articles/special_issue1142.html#:~:text=Loop%20is%20an%20open%2Dsource,contributing%20to%20the%20Loop%20platform. (Посетен 21.01.2022)
- [5] <https://loop3d.github.io/index.html> (Посетен 26.10.2021)
- [6] <https://loop3d.github.io/LoopStructural/> (Посетен 26.10.2021)
- [7] <https://loop3d.github.io/LoopStructural/background.html> (Посетен 26.10.2021)
- [8] <https://www.ga.gov.au/> (Посетен 26.10.2021)
- [9] <https://www.gempy.org/> (Посетен 28.10.2021)
- [10] <https://www.gempy.org/documentation> (Посетен 28.10.2021)
- [11] <https://www.onegeology.org/> (Посетен 26.10.2021)
- [12] Lajaunie, C.; Courrioux, G.; Manuel, L. (1997) Foliation fields and 3D cartography in geology: Principles of a method based on potential interpolation. *Math. Geosci.* 29, 571–584
- [13] Valchev, B., D. Sachkov, S. Juranov. 2018. 3D lithostratigraphic model of the Paleogene of the onshore part of the Moesian Platform (Northeast Bulgaria). – *Geologica Balc.*, 47, 1, 23–36.
- [14] Valchev, B., D. Sachkov, S. Juranov. 2019. Paleogene lithostratigraphy in the Varna Plateau (Northeastern Bulgaria): a new view based on 3D modeling. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 80, 1, 41–53.
- [15] Valchev, B., Dimitrov, H., Sachkov, D., Juranov, S. 2018. New data about the Dvoynitsa formation distribution in the onshore part of the Dolna Kamchiya basin (Eastern Bulgaria) on the base of 3D lithological modelling. *Comptes rendus de l'Académie bulgare des Sciences*, 71 (12) 1652–1656.
- [16] Valchev, B., Dimitrov, H., Sachkov, D., Juranov, S. 2020. A new concept for the Paleogene lithostratigraphy in the onshore part of the Dolna Kamchiya Basin (eastern Bulgaria) on the basis of 3D modeling. *Geologica Balcanica* 49 (2), 59–73.
- [17] Valchev, B., H. Dimitrov, D. Sachkov (2020) 3D lithostratigraphic model of the Palaeogene in the Avren Plateau. *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 81 (3) 147-149.
- [18] von Harten, J.; de la Varga, M.; Hillier, M.; Wellmann, F. (2021) Informed Local Smoothing in 3D Implicit Geological Modeling. *Minerals*, 11, 1281.
- [19] Wellmann, F.; Caumon, G. (2018) 3D Structural geological models: Concepts, methods, and uncertainties. In *Advances in Geophysics*; Nielsen, L., Schmeltzbach, C., Eds.; Elsevier Science & Technology: San Diego, CA, USA, Vol. 59, 1–121.



ТРИИЗМЕРНО ГЕОЛОЖКО МОДЕЛИРАНЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В ГИС

Дейвис Динков

Национален институт по геофизика, геодезия и география при Българска академия на науките,

e-mail: davis.dinkov@gmail.com

THREE-DIMENSIONAL GEOLOGICAL MODELING AND VISUALIZATION IN GIS

Davis Dinkov

National Institute of Geophysics, Geodesy and Geography at the Bulgarian Academy of Sciences,

e-mail: davis.dinkov@gmail.com

ABSTRACT

Three-dimensional (3D) modeling and visualization allow to represent geosystems through dynamic models or by generating photorealistic images, using a wide range of data: geological, geodetic, geographical etc. The main methods for collecting and processing digital geospatial data for 3D modeling and 3D visualization in GIS environment are presented. Modern methods of remote sensing using unmanned aerial systems (UAS) are applied for the purpose of producing three-dimensional geological model. The possibilities for precise mapping and creation of geometrically correct images, suitable for use in GIS environment, as well as for construction of high-precision three-dimensional models of geological objects are demonstrated.

Въведение

Триизмерното (3D) моделиране и визуализация позволяват да бъде пресъздадена околната среда, в т.ч. геосистемите, чрез динамични модели или генериране на фотореалистични изображения, като се използва широк набор от геопространствени данни: географски, геоложки, геодезически и др., които са достъпни или могат да бъдат придобити чрез преки или дистанционни измервания. Тези нови репрезентации включват изображения и анимации, представени на двуизмерни медии, и истински 3D изображения, които могат да се визуализират интерактивно с помощта на специално оборудване. По такъв начин статичните 3D изображения отразяват с много висока степен на детайлност заобикалящата ни действителност и могат да се използват за мониторинг на геосистемите или за изработка на фотореалистични изображения и геоложки карти и модели.

Актуалността на 3D моделирането и визуализацията на геоложките обекти е свързана и със съвременните технологични възможности за създаване на геопространствени цифрови модели чрез дистанционни изследвания, които предоставят нови средства за интерактивна комуникация и мониторинг на околната среда. Непрекъснатото разработване на нови платформи, сензори, методи и средства за получаване на данни и триизмерни изображения с много висока пространствена разделителна способност допринася значително за развитието на научните изследвания в областта на цифровото 3D моделиране, картографиране, съхраняване и представяне на геоложки обекти. Това осигурява нови възможности за атрактивно представяне на околната среда чрез генериране на перспективни изображения.

В допълнение на това бързо се увеличава наличието на набори от геопространствени данни, включително всички техни аспекти, като географско покритие, пространствена и времева разделителна способност, тематично съдържание, формат (растер и вектор) и точност. Не на последно място, с развитието на геоинформационните технологии постоянно се подобряват възможностите за получаване, съхранение, управление и представяне на данни в триизмерно пространство.

В настоящия доклад са представени основни методи за набиране и обработка на цифрови геопространствени данни, и фотограметрично въздушно заснемане с безпилотна летателна система (БЛС) за триизмерно геоложко моделиране и визуализация в ГИС среда.



Основни методи за набиране на цифрови геопространствени данни

Във връзка със съвременните средства и технологии за събиране на геопространствени данни [5] отбелязват, че понятието „пространствени данни“ съгласно Закона за достъп до пространствени данни [10] включва: съвкупност от топографски, географски и природни обекти, пространствено определени в избрана тридименсионна система за координатно описание. Въз основа на това посочените автори дефинират геопространствените данни като „еднозначно определени координатни стойности в зададена координатна система, определящи пространственото положение на даден клас пространствени данни“.

Цифровите геопространствени данни, необходими за геоложкото картиране, се набират с използването на традиционни геоложки методи, допълнени с три основни методи: дистанционни, геодезически и картографски.

При *дистанционните методи* се използват различни сензори, осигуряващи възможности за набиране на данни, които могат да бъдат анализирани, за да се получи информация относно изследваните обекти и явления. Формата на набирания данни може да бъде различна: разпределение на напрежения, акустични вълни или електромагнитни вълни [4]. Това позволява обработката на големи масиви данни, като директно се получава триизмерна информация за теренната повърхнина. Фотограметричните методи като основна част от дистанционните методи биват: аналогови, аналитични, дигитални, комбинирани. Основното при тях е, че посредством стереоскопично наблюдение и мерене в явен или неявен вид се получават векторни данни за дискретните елементи от теренната повърхнина.

При традиционната фотограметрия аналоговите и аналитичните стерео плотери са използвани широко в миналото за създаване на цифрови модели на релефа (ЦМР). При този метод първо се ориентират лявата и дясната снимка от стерео двойката. След това операторът ръчно картира теренната повърхнина, като измерва точки или изчертава изолинии, които я описват. Положението и броят на точките/изолиниите зависи от преценката на оператора. Крайният продукт може да бъде записан на хартия (изчертан директно) или на друг носител. Чрез точките, които е избрал оператора може да се интерполира повърхнината. Този метод дава много добри и точни резултати, но също като класическия метод на заснемане чрез тотални станции отнема много време.

Цифровата фотограметрия позволява автоматизиране на процеса за създаване на цифров модел на релефа. Автоматичното му извличане представлява набавяне на информация за положението на характерни точки от земната повърхност посредством методи за откриване и съвпадане на общи точки в стерео двойките. Въпреки това се налага редакция от оператор в стерео режим, за да се отстранят грешки и да се подобри качеството. Те се използват за полуавтоматично генериране на ЦМР.

Лазерните сканиращи системи - LIDAR (Light Detection and Ranging) използват мощен лазер, GPS приемник и INS (инерциална навигационна система) за определяне на модела на терена. Лазерът обикновено е разположен на летателен апарат и излъчва мощен лъч към Земята, чрез който се заснемат милиони точки, описващи повърхнината.

При *геодезическите методи* векторните данни за теренната повърхнина се получават в резултат от преки геодезически измервания. При това е възможно да се измерват както непосредствените количествени стойности на дискретните елементи (координати на точки и линии), така и други техни количествени стойности (разстояния, посоки, посочни ъгли и др.). Към тези методи спадат различните видове геодезически снимки: ортогонална, полярна и т.н.

При *картографския метод* се извършва дигитализиране на избраните елементи от теренната повърхнина, като при това дигитализиране се получават количествени данни (координатите X, Y, Z) за обектите. Трябва да се има предвид, че дигитализацията се извършва върху материал (карти и планове), които вече са получени чрез другите два метода и освен това е извършена вече определена генерализация. Следователно, за да се получат добри резултати, трябва да се разполага с едромащабни картографски материали.

Цифрова фотограмметрия чрез SfM (Structure from Motion) работен процес за обработка на изображения от неметрични камери

Строго погледнато, методът SfM се отнася само за един елемент от работния процес. Въпреки че има случаи, когато облак от точки, получен от SfM, се разглежда като краен продукт [9], по-голямата част от проучванията след това прилагат алгоритми за фотограмметрия на Multi-View Stereo (MVS) за увеличаване на плътността на облака точки с няколко порядъка. В резултат на това комбинираният работен процес е по-правилно да се нарича „SfM-MVS“.

Методът Structure from Motion (SfM) обикновено се използва за оценка на местоположението на снимката, нейната ориентация и параметрите на камерата. Multi view stereo (MVS) взема това местоположение и ориентация и т.н. информация от SfM и изчислява 3D плътен облак от точки. Така че, за да изработим 3D модел от набор от изображения, първо трябва да приложим SfM, а след това MVS. SfM-MVS е базиран на принципите на фотограмметрията, при които значителен брой фотографии, взети от различни припокриващи се гледни точки, се комбинират, за да пресъздадат обекта – т.е. получава се 3D структура от серия припокриващи се изображения (Фиг. 1).

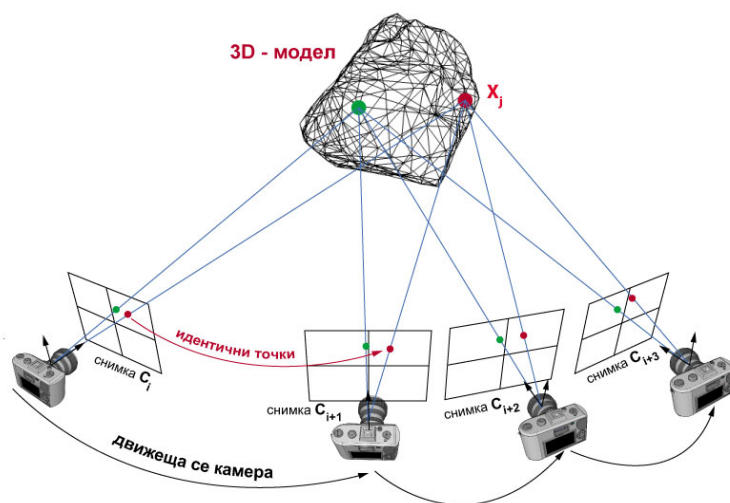


Фиг. 1. Множество застъпващи се изображения от различни ъгли и разстояния, за да се реши тримерността на обектите и повърхностите.

SfM методът обаче, се различава значително от традиционната фотограмметрия. Докато при класическата фотограмметрия се разчита на ивици от припокриващи се снимки, които са получени от паралелни полетни линии, при SfM триизмерната геометрия на обектите се възстановява от случайни (неподредени) изображения. Като важно условие е една физическа точка от изследван обект да присъства в множество изображения. Принципът за използване на произволни позиционирани снимки е възможен благодарение на напредъка в разработките за автоматично съвпадение на изображения. Например такава е мащабната инвариантна трансформираща характеристика (SIFT на [11]), при която ключовият подход е във възможността да се разпознава физическа характеристика, присъстваща в множество изображения независимо от мащаба (т.е. резолюцията) на снимките и гледната точка на изображението. В класическата фотограмметрия се разчита на снимки с еднаква резолюция поради подхода на тяхната обработка, основаваща се на корелация на изображенията. Тези подходи разчитат на кръстосана корелация, обикновено изчислена с обикновен оператор на конволюция на изображенията, между пикселни извадки от две изображения. В резултат на това тези методи за кръстосана корелация са много чувствителни към промените в резолюцията на изображението. Освен това използването на яркостта на изображението и цветовете градиенти в алгоритми като SIFT, а не на абсолютни пикселни стойности, означава че един обект може да бъде идентифициран, като е регистриран от много гледни точки [9].

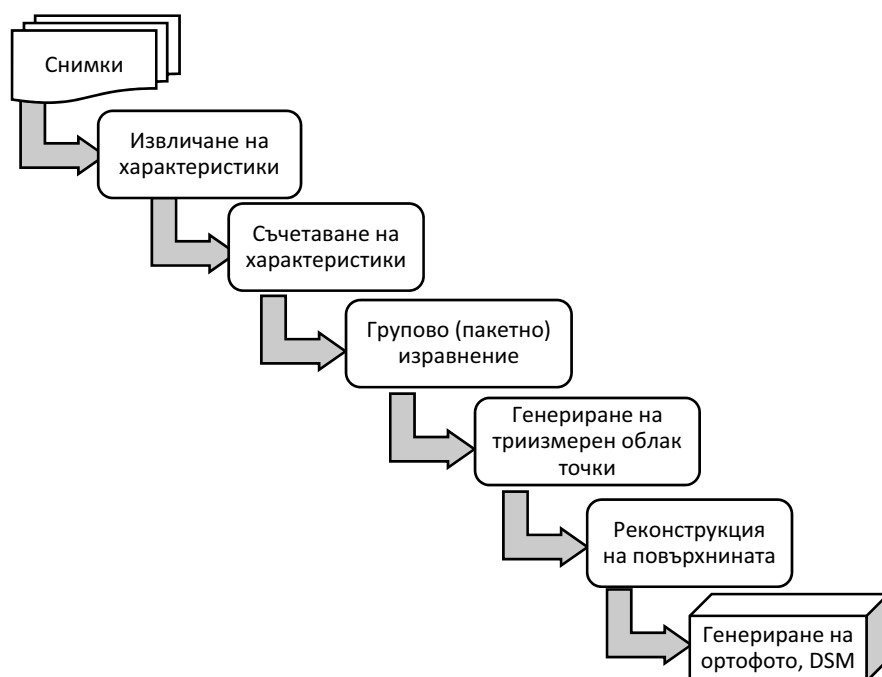
Друга фундаментална разлика между класическата цифрова фотограметрия и SfM методът е в необходимостта от земни контролни точки с известни координати. В класическата фотограметрия координатите на контролни точки са необходими за решаването на уравненията за колинеарност, чрез които се дефинира връзката между камерата, изображението и земната повърхност.

При SfM позициите и ориентацията на камерата се решават автоматично, без да е необходимо първо да разполагаме с мрежа от контролни точки с известни 3D координати [20]. Вместо това те се решават едновременно чрез използването на много повтарящи се итеративни процедури за пакетно изравнение (Фиг. 2), които се базират на база от данни, автоматично извлечени от припокриващите се изображения [18].



Фиг. 2. Представяне на принципа за пакетно изравнение

Софтуерните разработки, използващи SfM-MVS следват общ работен процес (Фиг. 3), представен от [17].



Фиг. 3. Общ работен процес за цифрова фотограметрия чрез SfM-метод



След получаването на цифровите продукти, последната стъпка е тяхната визуализация. В комерсиалните софтуерни пакети като Agisoft Metashape [7] и Pix4Dmapper [16] има вградени визуализатори на триизмерните облаци и текстурирани повърхнини. Могат да се ползват програми с отворен код като Meshlab [12] и Blender [8] за допълнителна обработка на 3D облаци от точки и повърхнини, както и за техните визуализации.

Общ работен процес за триизмерно моделиране чрез използване на БЛС

На Фиг. 4 е показана схема с основните стъпки от работния процес, приложен за триизмерно моделиране на геоложки обекти чрез заснемане с БЛС и използване на метода SfM. Той е приложен успешно при картиране и триизмерно моделиране на природни ландшафти [1], културно-исторически забележителности [2], изследване ефекта от рекултивация на открити кариери [3].



Фиг. 4. Работен процес за триизмерно моделиране чрез използване на БЛС

Всички стъпки от работния процес подробно са описани в [2],[3] и в настоящето изследване ще се разгледат само някои основни моменти.

Избор на БЛС (безпилотна летателна система)

За изработката на прецизни и точни триизмерни модели набавянето на качествени и достъпни входни данни е важно и необходимо условие. Чрез използването на изображения, получени от конвенционални неметрични камери, монтирани на летателни апарати и подходящ софтуер за обработка се разполага с достъпна алтернатива за изработка на триизмерни модели. В зависимост от обектите за заснемане (като големина и сложност) се използват различни модификации на БЛС. В дефиницията безпилотната летателна система (БЛС) се включва летателен апарат, система за

навигация, система за управление на апарата, софтуер за планиране, управление и мониторинг на полета. Ще бъдат разгледани основни компоненти на безпилотна летателна системата, които са валидни в различни модели БЛС:

- Летателен апарат - мултикоптер (дрон) – (Фиг. 5)



Фиг. 5. Безпилотни летателни системи

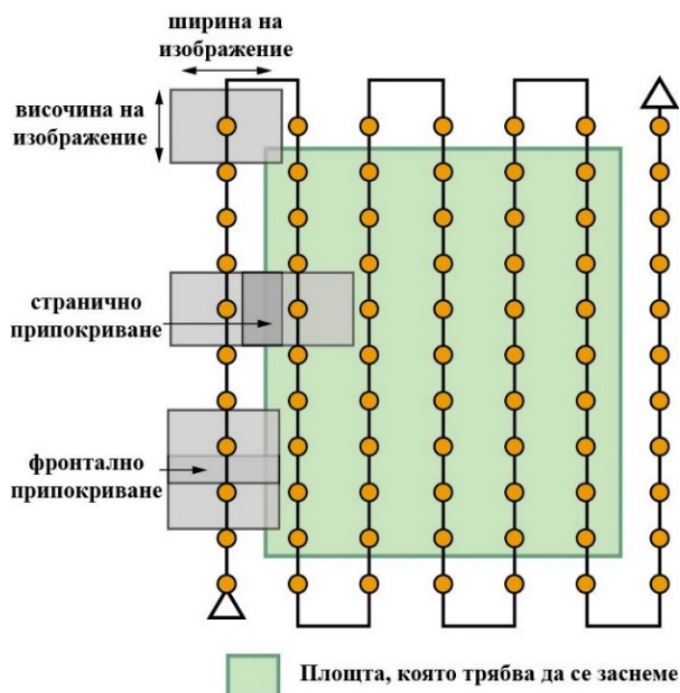
- Система за навигация на летателния апарат : GNSS + IMU

Навигацията на БЛС се осъществява чрез спътникова система за позициониране, която приема сигнали от спътниковите системи за навигация: GALILEO, GLONASS, GPS. Стабилността на полета се осигурява чрез инерционно измервателно устройство (IMU). IMU включва както 6-осов жирокоп, така и акселерометър за наблюдение на минимални промени в накланянето и движението. Това позволява на въздухоплавателното средство да компенсира и регулира незабавно страничните въздействия от въздушните течения, като държи позицията си стабилно по курса на движение.

- Система за дистанционни измервания – фоторегистриращо устройство (камера).
- Система за управление на БЛС - дистанционно управление в комбинация с мобилно устройство (смартфон или таблет) за управление и мониторинг на полета.
- Софтуер за планиране и управление на полетите – за планиране, осъществяване и контрол на полетите се използват мобилни софтуерни приложения (свободно достъпни в Android Market) - Pix4DCapture, DJI GO, DroneDeploy.

Подготовка за фотограметрично въздушно заснемане с БЛС – съставяне на летателен план

За да се получат резултати с висока точност е необходимо голямо припокриване между изображенията. Следователно, планът за летене и регистриране на изображенията трябва да бъде внимателно проектиран, за да имат снимките достатъчно припокриване. Планът за летене зависи от изискванията за разделителна способност, съответстваща на размер на теренния елемент – GSD (Ground Sampling Distance). Разделителната способност се определя според спецификациите на проекта, както и от типа на обекта (повърхнината), която трябва да се реконструира. Неправилният план за придобиване на изображение ще доведе до неточни резултати или до невъзможност да се постигне крайната цел на изследването. Изискваната разделителна способност – GSD по спецификациите на проекта ще определи височината на полета, на която трябва да бъдат направени снимките. Припокриването между снимките зависи от вида на терена, който трябва да се изобрази и ще определи скоростта, с която трябва да бъдат заснети изображенията. На Фиг. 6 са илюстрирани основните елементи и понятия, които се съблюдават при изготвянето на един план на летене при заснемане на площни обекти тип „фотограметрична мрежа“.



Фиг. 6. Примерен план за летење за фотограметрично заснемане

Прецизно координиране на земни контролни точки (GCP)

За постигане на сантиметрова точност в геореферирването на дигиталните продукти в резултат на фотограметричното заснемане е необходимо да се маркират и координират земни контролни точки в обхвата на заснемания обект. Наземните контролни точки могат да бъдат сигнализиран с подходящи знаци (марки) или да се използват ясно различими съществуващи обекти на земната повърхност, които могат да бъдат разпознати на изображенията, получени след изпълнение на летателния план. Координатите на използваните контролни точки могат да бъдат получени, чрез използването на GPS (глобални системи за позициониране) приемници преди, по време и след завършване на летателната мисия. Координирането на контролните точки за обектите е извършено чрез измервания в реално време с геодезически двучестотен GNSS RTK приемник.

Фотограметрична обработка със специализиран софтуер

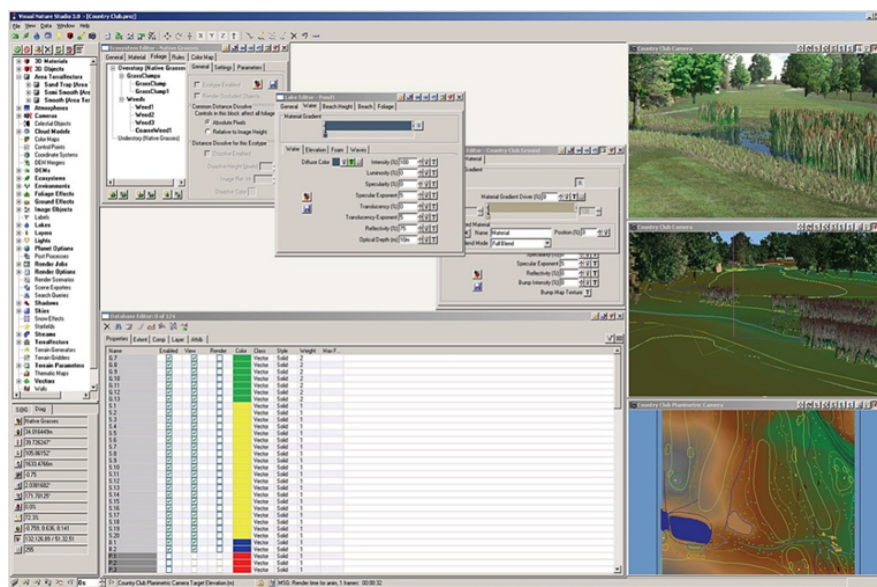
След извършване на заснемането с БЛС на изследвания обект, е необходим софтуер за обработка на изображенията и генериране на крайните цифрови продукти: ортофотомозайка, 3D цифров модел на повърхността (DSM) и цифров модел на терена (DTM). Вече са разработени множество фотограметрични програми, използващи SfM метода. Най-популярните комерсиални решения включват Agisoft Metashape [7] и Pix4Dmapper [16], наложили се благодарение на техния удобен интерфейс и поддръжка. Съществуват и SfM решения с отворен код, които включват VisualSfM [19], OSM-Bundler [14], Photosynth Toolkit [15], OpenDroneMap [13] и други.

Моделиране и визуализация в 3D ГИС

3D ГИС е специфичен вид ГИС, в който теренните данни имат не само координати X и Y за географско местоположение, но и координати Z, които представляват височината. Възможно е, обаче, в конкретни случаи да се създадат триизмерни ГИС, представящи 3D графични форми, внесени в GIS софтуер, проектирани със специфичен софтуер за 3D моделиране. 3D ГИС може да се разглежда като по-високо ниво на развитие на познатите географски информационни системи [22]. В много случаи, под 3D се разбира само визуализация. 3D ГИС е не само визуализация, неговата основна сила е 3D

анализът. Разбира се, при него има много затруднения, главно свързани с данните. Тези данни много често са в различни формати или типове (пространствени или числови), имат различни дименсии, различна точност. Предимствата при използването на 3D ГИС са, че възможностите за визуализация и анализ могат да се използват за различни цели, дава се по-ясна представа за изобразяваните обекти, може да отговаря на различни задачи, възможност за разнообразно представяне на пространствените данни.

3D визуализацията е общ термин, който обозначава процеса на извличане на данни от цифров пространствен модел и представянето им на екрана [21]. За създаването на комплексен триизмерен модел на обекти се използва софтуерът VNS (Visual Nature Studio) [6]. VNS е 3D географска информационна система (3D-ГИС) за създаване на карти и графики въз основа на пространствени данни чрез осигуряване на реалистична визуална симулация на данните. VNS има мощни функции, които позволяват визуализиране на данните по начин, който може да подобри разбирането на сложните природни взаимоотношения. Фиг. 7 показва общия графичен интерфейс на софтуера VNS.



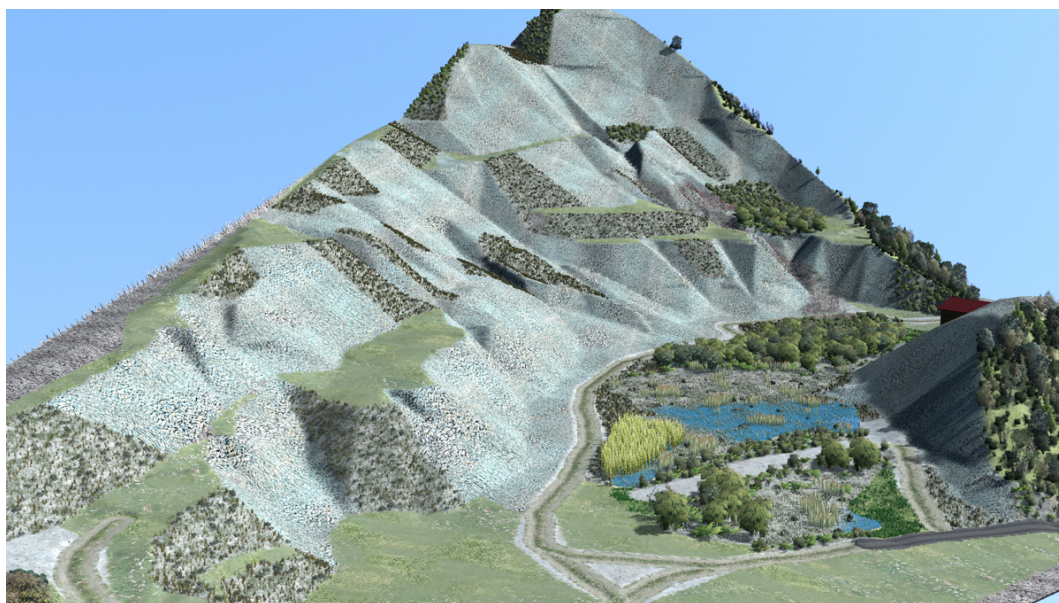
Фиг. 7. Интерфейс на Visual Nature Studio (VNS)

VNS позволява на потребителите да създават реалистични обекти и да симулират "полет" върху генерираната повърхност от интегрираната система за анимация. Потребителите могат да визуализират обекти от реалния свят, да променят модела или да представят промените в околната среда, причинени от човешката дейност. Реални 3D обекти от околната среда могат да бъдат „разположени“ върху повърхността на терена. VNS също така съдържа специализирани модули, които поддържат симулацията на елементите на различни обекти от заобикалящия ни свят.

Като тестов район е изследвана каменната кариера „Потока“ на територията на Природен парк „Българка“, община Габрово. В предишна публикация [3] е представена методиката на изследването, включително събиране и обработка на цифрови данни при геодезическо заснемане през 2009 г. и при дистанционни изследвания с БЛС през 2018 г.

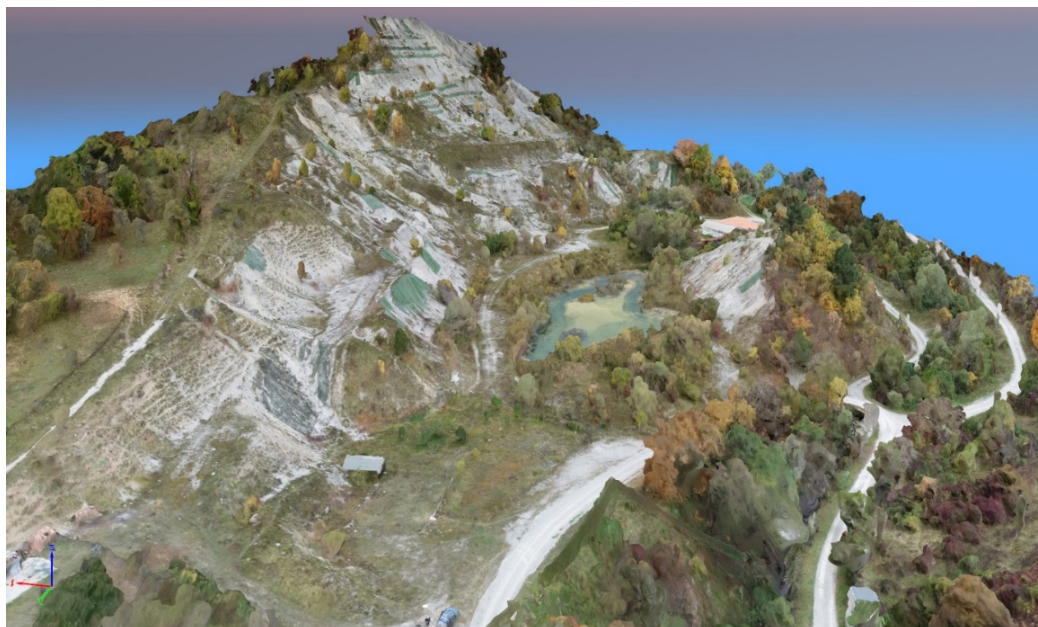
За постигането на реалистична визуализация е важно задаването на подходящи параметри за околната среда (географско положение, интензитет на светлината, облачност, симулации на мараня и мъгла за дълбочинен ефект, облачни структури, звездно небе, луна и слънце и др.). Настройките на параметрите за околна среда са извършени посредством избор на точната географска локация на с. Потока и избор на подходящи параметри, касаещи избраната сцена (например чрез помощника за управление на слънчевата светлина - избирайки ден от годишния календар и точен час получаваме подходящата осветеност и свързаните с това хвърлени сенки от релеф, растителност и 3D обекти) .

Финалната триизмерна визуализация на кариера „Потока“ по данни от геодезическо заснемане през 2009 г. е показана на Фиг. 8.



Фиг. 8. 3D визуализация на кариера „Потока“ по данни от геодезическо заснемане 2009 г. (изглед от селото)

Визуализацията на данните от проведените дистанционни изследвания с БЛС на кариера „Потока“ през 2018 г., представени на Фиг. 9, показват резултатите от мероприятията по рекултивация и мониторинг на каменната кариера за 10-годишен период.



Фиг. 9. Триизмерен модел на кариера "Потока" по данни от дистанционни изследвания с БЛС 2018 г.

Получените резултати са използвани за анализ [3] на състоянието и промените на земното покритие чрез съпоставяне на векторните полигони за земното покритие през 2009 г. и ортофото мозайката от 2018 г., извършени са количествени оценки на степента на затревеност и залесеност на



каменната кариера, както и на промяната в структурата на нейната повърхнина – наличието на свлачищни процеси.

Заключение

Представените основни методи за набиране и обработка на геопространствени данни могат да осигурят прецизни и актуални цифрови данни за геоложки обекти. Дистанционните изследвания, в т.ч. безпилотните летателни системи (БЛС), са важен източник за събиране на цифрови данни за изследване и триизмерно моделиране на земната повърхност.

Демонстрирани са възможностите за прецизно картографиране и създаване на качествени и геометрично коректни изображения, подходящи за ползване в ГИС среда, както и за построяване на високоточни триизмерни модели на геоложки обекти.

Литература

- [1] Динков, Д., „3D моделиране на природни ландшафти с използване на безпилотни летателни системи,“ *Проблеми на Географията*, № 1-2, pp. 139-163, 2018.
- [2] Динков, Д. Триизмерно (3D) моделиране на обекти на културно-историческото наследство с използване на безпилотни летателни системи,“ *Проблеми на Географията*, № 3-4, pp. 139-160, 2018.
- [3] Динков, Д. 2018. Приложение на 3D моделиране при рекултивация на нарушени терени от миннодобивната дейност. *Сб. доклади Национална научно-техническа конференция "Минерално-суровинната база на България"*, НТС МДГМ, 154-167.
- [4] Малджански, П. 2017. Фотограметрични технологии, <https://e-learn.uacg.bg>
- [5] Петров, Д.; Михайлов, П. 2014. Съвременни технически средства и технологии за събиране на геопространствени данни за местността, Шумен: Шуменски университет „Епископ Константин Преславски“, 2014.
- [6] 3D Nature (2008) Visual Nature Studio, LLC, Using VNS 3. Manual, www.3DNature.com
- [7] Agisoft Metashape, <https://www.agisoft.com/>
- [8] Blender, <https://www.blender.org/>
- [9] Fonstad, M.A.; Dietrich, J.T.; Courville, B.C.; Jensen, J.L. (2013) Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. *Earth Surface Processes and Landforms*, pp 421–430.
- [10] <https://www.mtitc.government.bg/>, 2010. [Онлайн]. Available: https://www.mtitc.government.bg/sites/default/files/zakon_dostyp_prostranstv_danni-26022019.pdf.
- [11] Lowe, D.G. (1999) Object Recognition from Local Scale-Invariant Features. *In International Conference on Computer Vision*, (pp. 1150-1157). Corfu, Greece.
- [12] Meshlab, <https://www.meshlab.net/>
- [13] OpenDroneMap, <https://www.opendronemap.org/>
- [14] OSM-Bundler, <https://code.google.com/archive/p/osm-bundler/>
- [15] Photosynth Toolkit, <https://sites.google.com/a/everythingconnects.com/gravity/home>
- [16] Pix4Dmapper, <https://www.pix4d.com/product/pix4dmapper-photogrammetry-software>
- [17] Rossi, A.; Rhody, H.; Salvaggio, C. (2012) Abstracted workflow framework with a structure from motion application. *Western New York Image Processing Workshop*, (pp 9-12), New York.
- [18] Snavely, N.; Seitz, S.M.; Szeliski, R. (2008) Modeling the world from Internet photo collections. *International Journal of Computer Vision*, 189-210.
- [19] VisualSFM : A Visual Structure from Motion System, <http://ccwu.me/vsfm/>
- [20] Westoby, M.; Brasington, J.; Glasser, N.F.; Hambrey, M.J.; Reynolds, J.M. (2012) 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, pp 300-314.
- [21] Zlatanova, S. (2000), 3D GIS for Urban Development, Thesis, Graz, Austria, 2000.
- [22] Zlatanova, S. (2012), Training school on 3D Urban Visualisation. Open Web Technologies, Sofia, Bulgaria, 1-5 October, 2012.



ГЕОЛОЖКО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ – ПРИЧИНИ ЗА ЛИПСАТА МУ В НАШИ ДНИ

Стоян Саров, геолог
e-mail: stoyansarov36@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Разглеждат се причините, довели до сегашното състояние на геоложкото картиране в България и по-точно за липсата на такова. Предлага се няколко конкретни стъпки за излизане от това състояние.

Геоложкото картиране и геоложките карти са в основата на всяко стратиграфско и тектонско изследване, в проучванията за пътната инфраструктура, минното дело, строителството и други. В този смисъл държавата би трябвало да е пряко ангажирана за неговото развитие и финансиране. Това видимо е ставало през годините, защото територията на страната е покрита с геоложки карти в М 1:25 000, М 1:100 000 и частично в М 1:50 000. Всички тези карти са в резултат на държавно финансиране и са изработени в специализирана държавна фирма. "Геология и Геофизика" извършваше цялата дейност по геоложкото картиране и картосъставяне. Тя разполагаше с високо проходима транспортна и содажна техника, издателска печатница и всичко необходимо в процеса за отпечатване на картите. Разполагаше и с обучени кадри. Теренните изследвания се извършваха от няколко специализирани, регионални групи.

Тази добре организирана геоложка структура, ръководена от доц. Тодор Велинов, започна да запада след неговото управление. Финансирането намаля значително. Последната задача като държавна фирма бе за района на Източните Родопи с проведеното (1993-2003 г) геоложко картиране в М 1: 25 000. Какво доведе тази структура до бавно и мъчително закриване? Причините са комплексни, но аз като пряк участник бих открил две основни:

- Първата от тях е грешната и недалновидна държавна политика за отрасъла геология. Ръководството се осъществяваше от Комитета по Геология, който често сменяше принципала си от едно министерство в друго. Това създаваше нестабилност и водеше до схващането, че геоложките изследвания са тежест за тези министерства и те не ги финансираха достатъчно. Стигна се дотам, "Геология и Геофизика" да няма пари за дрехи и оборудване на теренните групи, заплатите не се изплащаха с месеци;

- Втората, по-съществена причина е свързана с отношението на геоложката общественост към този тип дейност. Глуповатите ведомствени боричкания в геоложките среди доведоха до липса на единна позиция, за важността и ролята на геоложкото картиране. Как да очакваме да се развива от държавата, дейност, която се подценяваше от самите геоложки среди. В резултат на това пренебрежително отношение стана непрестижно да се работи като геолог-картировач. На хората, работещи там, се гледаше като на събирачи на данни за публикациите на научните консултантите в отделните групи. Парадоксално, но на пишещите геоложките доклади не се признаваше авторство. Всеки можеше да вземе данни от докладите и да пише научни публикации, но не и авторите на доклада. Стигна се до парадокса те да бъдат задължени да цитират данни от научните публикации, събирани от самите тях.

В годините след 1980 интересът към тази специалност спадна драстично и в студентите от специалността геология. За това основна вина имат и самите преподаватели в университетите. Техните тясно специализирани научни интереси, отразени в учебните програми и в изучаваните курсове, водеха до стесняване на общо геоложката им подготовка. Сега нещата са още по-притеснителни. С навлизането на новите технологии за компютърна обработка на данните се създаде грешното впечатление, че съставянето на геоложките карти е проста работа. Сядаш пред компютъра и готово, дори няма нужда от полеви изследвания. Свидетел съм на подобни разбирания, защото ние бяхме първите, които приложиха дигитално изработени карти в докладите за Източните Родопи.

Какво стана след 2003 година? Държавната фирма "НИИ Геология и Геофизика" се приватизира и стана частно акционерно дружество, но въпреки това запази кадровия състав и дейността си.



Междувременно Министерството на Екологията и Водите обяви обществена поръчка за съставяне на Геоложка карта на България в М 1:50 000. Тази карта бе предвидена в Стратегията за развитието на геологията в периода 2000-2010 година. Тя трябваше да започне да се изпълнява през 2000 година, но в резултат на оспорвания и боричкания в научните среди, започна през 2004 година. Поръчката беше спечелена от консорциум от фирми, в който като основен изпълнител влизаше и "НИИ Геология и Геофизика" АД, вече като частно дружество. Ръководството на фирмата създаде нужната организация, закупи транспортна и компютърна техника и необходимото оборудване за всеки геолог. Теренната работа започна в късното лято на 2004 година в три региона - Родопи, Краище и Западен Балкан. Излязоха отпечатани и първите комплекти от карти и обяснителни записки, по 100 бройки на български и 100 бройки на английски език.

Тясно ведомствените интереси си казаха и тук тежката дума. Започнаха оспорвания на резултатите и създаване на затруднения от различно естество, които доведоха до решение на възложителя за прекъсване на работите. Това стана след като излязоха от печат и се предадоха последните картни листове за трите региона, през 2009 година. Тогава ръководството на фирмата и аз като ръководител на геоложкото картиране и главен геолог на фирмата се обърнахме към редица представители на научните среди от Университета и Геоложкия институт да ни подкрепят, за да продължи работата до картиране на цялата площ на България. Не получихме подкрепа. Дори и най-уважаваните професори настояваха за спиране на задачата, защото видите ли, тя се изпълнявала от частна фирма и нямало гаранция за научните качества на продукта.

Тази частна фирма не се появи от нищото. Тя наследи дейността и работния колектив от опитни специалисти, които работеха съвместно и качествено на терена. Тя даде възможност на редица млади специалисти да започнат работа и да натрупат теренен опит. Привлечени бяха научни работници и преподаватели от университетите, които картираха заедно с доскорошните си студенти.

Всичко това прекъсна поради прочутата ни завист, прикрита под формата на научни изисквания. Какъв фалш дами и господа геолози! На кого да се сърдим, като сами си пречим едни на други.

Ето това са за мен истинските причини да няма, вече над десет години геолошко картиране в България.

Било, каквото било, сега е важно как да стане то отново възможно. Според мен е необходимо да се направи следното:

- Всички Научни институти, Геоложката камара и други организации да излязат с обща позиция за ролята и нуждата от геоложкото картиране. Тази обща позиция да се защитава аргументирано пред държавните органи;

- Да се спре с тесно ведомствените боричкания при обявяването на обществените поръчки и да не се делим на частни и държавни фирми, а спечелилите конкурсите да бъдат оставени да работят спокойно;

- Да се разшири програмата за изучаване на геоложкото картиране в университетите, като се наблегне по-сериозно на запознаването на студентите със стратиграфските и тектонските проблеми в отделните региони;

- Да станат задължителни за изучаване методите за компютърна обработка на данните и дигиталните програми за изготвяне на картите;

- Университетските преподаватели да насочват кандидатите за докторанти към регионална тематика и към решаване на конкретни геоложки проблеми;

- Да не се допускат до защита на докторати, хора без теренен опит и личен принос за решаването на дадени геоложки проблеми.

Теренен геолог се става трудно. Изискват се комплексни знания, физически усилия и най-вече любов към избраната професия. Това нещо трябва да се постига още от студентската скамейка. Личният пример на преподавателите е от съществено значение. За повишаване на интереса към геоложкото картиране е нужно да се организират повече теренни практически обучения. Около София



има прекрасни места за това. Хубаво би било това да стане и политика на Геоложкия институт. Негови специалисти също могат да организират такива практики със студентите от университетите.

С други думи, необходими са съвместни усилия за изграждането на теренни геолози и повишаване на интереса към теренната работа. Тук въпросът не е само до пари. Трябват повече инициативност и интересни предложения. Лозенската планина, Витоша, Люлин и Стара планина са на един градски билет разстояние. Там разнообразието от скали и взаимоотношения между тях е като един отворен теренен учебник.

Желая Ви успех!



КОНЦЕПТУАЛНА И МЕТОДОЛОГИЧНА ОСНОВА НА ГЕОЛОЖКО КАРТИРАНЕ НА ВИСОКОСТЕПЕННИТЕ МЕТАМОРФНИ КОМПЛЕКСИ В ЮЖНА БЪЛГАРИЯ

Евгения Кожухарова
Геологически институт БАН, E-mail: ekozhoukharova@abv.bg

CONCEPTUAL AND METHODOLOGICAL BASIS OF GEOLOGICAL MAPPING OF HIGH-GRADE METAMORPHIC COMPLEXES IN SOUTHERN BULGARIA

Evgenia Kozhoukharova
Geological institute, Bulg. Acad. of Sci.

ABSTRACT

The high-grade metamorphic complexes in Southern Bulgaria are represented by: gneiss, ophiolite and metavolcanic-sedimentary formations. Regional, high-thermobaric and metasomatic metamorphism is imposed on them. The complexes are relatively well stratified. For the purposes of geological mapping, the lithostratigraphic approach is applicable and most suitable for their division and clarification of their structure. When conducting geological correlations, it is necessary to take into account the primary, metamorphic and deformation lateral changes.

Въведение

Целта на всяка кондиционна геоложка картировка на метаморфен комплекс е да създаде визуална представа за: 1. разпространението на различните петрографски разновидности, 2. строежа на скалния комплекс, 3. последователността на създаването на литоложките единици и 4. характера на метаморфните им изменения. Картата и записките към нея представляват задълбочен научен труд с висока информативност и основа за други специализирани изследвания от икономически или научен характер. Постигането на тези цели изисква избор на подходяща концепция и методика за работата, както и добре подготвени изпълнители.

В България вече има опит в картирането на високостепенни метаморфни комплекси и анализът върху резултатите ясно откроява добрите практики, успешните постижения и допуснатите слабости и грешки. Геоложката карта в М 1:100 000 и допълнителната по-детайлна картировки в М 1:50 000, както други научни тематични разработки предоставят достатъчна информация за нивото на нашите познания относно строежа на метаморфните комплекси и са една добра отправна база за бъдещите геоложки картировки.

Представеният текст не прави исторически преглед на проведените досега геоложки картировки, не разглежда също различните авторски постановки за строежа на метаморфните комплекси в Южна България, които са изложени в редица статии и монографии. Вниманието е насочено към въпроси, засягащи принципите на литостратиграфската идентификация и суперпозицията на единиците в един метаморфен комплекс, както и специфичния характер на главните скални формации и метаморфните изменения, които имат отношение към избора на подходяща работна концепция и методика при една бъдеща геоложка картировка на метаморфните терени.

Стратиграфска подялба на метаморфните комплекси

Първият и най-важен въпрос за изясняване на общия строеж на метаморфен комплекс е отделянето и определянето на последователността на литостратиграфските единици и техните първоначални и по-късно наложените пространствени взаимоотношения.

През 2005 г. беше проведена дискусия върху съществуващите концепции и методи за подялба на метаморфни комплекси, с оглед геоложкото картиране в М 1:50 000. В дискусията и последвалите



публикации [3,4] се очертаха три подхода: литостратиграфски, литодемичен и литотектонски. Първите два са приложени в международната практика и регламентирани в стратиграфски кодекси и ръководства. В същността си те са доста близки и отделянето на литостратиграфски или литодемични единици се различава главно в по-широкото или по-стриктно придържане към принципа за суперпозицията, както и в третирането на значението на неслоестите скални комплекси. При литостратиграфския подход Хрисчев [4] отделя три вида скални образувания: слоести, неслоести и смесени, последните съдържащи слоести скали и тела от масивни интрузивни скали.

Литостратиграфският подход има стара традиция. Той е известен и прилаган при геоложките изследвания далеч преди правилата за работа и номинирането на скалните формации да бъдат регламентирани в международните и българските стратиграфски кодекси, защото старите геолози са разбрали от практиката, че отделянето на литостратиграфски единици и определянето на суперпозицията им е най-добрият начин за изясняване на общия строеж на един скален комплекс.

Литотектонският подход не присъства в стратиграфските кодекси и ръководства, тъй като на отделените единици е придаден тектонски смисъл. Литотектонските единици, разграничени от зони на срязване, включват литотела с различен състав и сбор от различни по характер белези: степен на метаморфизъм, структурна характеристика, време на метаморфизъм, възраст и генезис на протолитите [2]. В критичните бележки на Хрисчев [4] към литотектонския подход се изтъква несъответствието с международно утвърдени принципи по отношение на йерархията на единиците и терминологията и като съществен недостатък „тоталното игнориране на стратиграфските аспекти, задължителни при една скална подялба“, което е препятствие към корелацията на литостратиграфските единици от съседни и по-отдалечени участъци, а оттам и загубата на представа за общия строеж на скалния комплекс. Подобен подход на локално отделяне на геоложки единици се прилага при начални изследвания на нов терен, но не и на такъв, за който вече има достатъчно фактология. В момента е важно е да се прецени информацията, която ни оставиха проведените вече у нас геоложки картировки на високостепенните метаморфни комплекси.

Геоложката карта на България в М 1:100 000 (1990-1995), изработена с теренни изследвания в периода 1950 -1962 на картографска основа в М 1:100 000 и М 1: 25 000 и допълвана с тематични, главно корелационни изследвания, беше редактирана и издадена с придружаващи записки към всеки отделен картен лист през 1990-1995 г. Изработването ѝ е съобразено със Стратиграфския кодекс от 1982 г. [1]. В нея е приложен литостратиграфският подход за слоестите скали, с графично отбелязване на текущите магмени тела. Като литостратиграфски единици са отделени две супергрупи: Прародопска и Родопска, поделени на групи, свити, а в отделни райони и на членове, които са официално номинирани. Картата обобщава информацията до 1990 г. и представя цялостна картина върху строежа и макродеформациите на метаморфните скали от Южна България като една обща по развитие предкамбрийска литостратиграфска система.

При геоложката картиране на високометаморфните терени в Родопите в М 1: 50 000 е приложен подходът на отделяне на т. нар. литотектонски единици, на които е придадено значение на тектонски единици с литоложки състав, отделени по изброените по-горе разнородни аргументи [2]. Въпреки, че мащабът на картата изисква тя да представи 4 пъти по-голяма детайлност от тази в М 1: 100 000, се оказва, че новата карта предлага по-ниска информативност от предишната по отношение на разпространението, отделянето и вида на литоложките разновидности, а т.нар. зони на срязване, избрани като граници на литотектонските единици, не съответстват по фактологическа изява на ранга, който им се приписва. Основният недостатък на картата е, че тя не дава обща представа за строежа на метаморфните комплекси в Южна България, тъй като отделените изолирани единици не са корелирани и обвързани в единна система. Приносът ѝ се изчерпва само във въвеждане в литературата на нови неофициални имена на геоложки структури и скални формации, несъпоставими с официалните, вече известни и влезли в употреба номенклатурни имена. Това повдигна въпроса за стойността, приложимостта, етичността и целта на създаване на новата карта, както и съмнения за конюнктурни предпоставки, насочени към игнориране на предходната геоложка информация и нерегламентирано налагане на нови имена на скалните формации без достатъчно аргументация.



Типове скални формации

Обективно анализираната геоложка и петроложка фактология на метаморфните терени в Южна България посочва съществуването на три характерни типа метаморфни комплекси:

а. гнайсови, б. офиолитови и в. пъстри формации. Върху тях са наложени три типа метаморфни изменения: а. регионален б. високотермобаричен и в. метасоматичен метаморфизъм.

а. *Гнайсовите комплекси* са сравнително монотонни по петрографски състав, представени от слоести лептитови и биотитови гнайси, които подържат литоложко постоянство на широки площи. Локално сред биотитовите гнайси присъстват пакети от гранитогнайси. Скалите са в различна степен фелдшпатизирани и мигматизирани и придобили гранодиоритова геохимична характеристика. Текстурата им е шистозна, тънкоивичеста, мигматитова. В геоложката карта в М 1:100 000 са представени от Прародопската група. Литостратиграфският подход при тях може да се приложи успешно, с разделяне до свити. Свитата на лептитовите гнайси, със своя характерен вид и широко разпространение по площ, е един сигурен стратиграфски репер при стратиграфските корелации. Скалите от гранитогнайсовите комплекси съставят основата на днешните континенти; те са по-стари от неопротерозоя, но точната им възраст е неизвестна. Допустима е хипотезата, че те представляват отломки от древен суперконтинент, дрейфващи по повърхността на планетата стотици милиони години. Вследствие на комбинираното действие на гравитачната сепарация на минералите и ориентираното напрежение при кристализацията, се формира литоложка слоистост, шистозна текстура и появата на долна свита от биотитови гнайси и горна – от лептитови.

б. *Офиолитовите асоциации* са базит-ултрабазитови скални формации, съставени от серпентинити, метагabra и амфиболити. Създаването им бележи тектонски активни моменти от живота на Земята: движения, плъзгане и сблъсък на океански и континентални плочи при затваряне на океани, поява на супрасубдукционни зони и обдукция на океански серпентинитови фрагменти върху континенталната повърхност. Триенето по фрикционната повърхност между континенталната и океанската плоча в субдукционната зона предизвиква разрушаване и стопяване на скалите, което се проявява като субинтрузивен и вулкански магматизъм. Офиолитовите тела са различни по форма и размери. Серпентинитите в Родопския масив изграждат отделни неправилни или лещообразни масивни тела с размери от метри до 10-12 km дължина, които са покрити или включени конкордантно предимно в амфиболитовите пластове. Те лежат върху гнайсовия комплекс, маркират старата ерозионна повърхност и по този начин заемат определено стратиграфско положение. Не са установени тела, които да са свързани с дълбочинни разломи, както все още считат някои наши геолози. Метагабрата и метагабродиабазите обикновено формират малки по размери тела с масивна или слабо шистозна структура. Амфиболитите, които са производни на вулканити и техните туфи и туфити, изграждат слоести тела, като добре издържани по латерала пластове, често в алтернация с шисти и мрамори. С амфиболитите асоциират малки пластовидни и лещовидни тела от еклогити, с размери до 1-1,5 m. Офиолитовите асоциации в метаморфните комплекси обикновено са неравномерно пространствено развити и локализирани в отделни участъци, което затруднява корелацията. По литостратиграфска характеристика офиолитовите асоциации съответстват на смесените литостратиграфски формации по класификацията на Хрисчев [4].

в. *Пъстрите метаморфозирани вулканогенно-седиментни формации* представляват алтернация между амфиболити, биотит-амфиболити, слюдени, кианитови и ставролитови шисти, кварцити, мрамори и калкошисти. Скалите образуват тънки, обособени по литология пластове, с добре изразена шистозност и дават пълна възможност за разделянето им до свити и членове. Скалите от тези формации са чувствителни индикатори на условията на метаморфизъм и носители на метаморфогенни полезни изкопаеми като джеспилити, гондити, кианитови шисти и др.

Типове метаморфизъм

Метаморфните изменения, наложени върху първичните магмени и седиментни скали предизвикват изохимична или алохимична прекристализация, която на отделни места изменя



съществено началния им литоложки облик. В едни случаи метаморфните изменения затрудняват отделянето на литостратиграфските единици, но в други подчертават първичните петрографски различия и границите между тях. В обобщен план се различават три главни типа съществено различни по характер, пространство и време изменения: регионален, високотермобаричен и метасоматичен метаморфизъм

а. Регионален метаморфизъм - широкообхватен, покриващ огромни площи от земекорни участъци, където се подържат дългоживущи еднакви условия и процеси на веществена трансформация, последната контролирана от температурния градиент и литостатичното налягане. Регионалният метаморфизъм се отличава с хоризонтална изотропност и постепенно увеличаване на T/P параметрите в дълбочина, съпроводено от смяна на минералните видове в съответствие с изменящите се условия, илюстрирано във Фациалната схема на Ескола. Процесите на кристализация са съществено изохимични при термодинамично равновесие в епохи на тектонско спокойствие. Проявява се тенденцията към събирателна кристализация и уедряване на минералите, което благоприятства финозърнестите пелитови седименти да изият своята веществена индивидуалност и прекристализират в различни по състав и външен вид шисти и добре различими на терена литостратиграфски единици. Подчертаната шистозност на регионално метаморфозирани скали също допълва разграничаването между единиците. Негативен фактор обаче е фациалната изменчивост на скалите, при което едни и същи първични литостратиграфски единици, попаднали вследствие нагъване в различни дълбочинни нива и съответно при различни температура и налягане, да прекристализират в различни по минерален състав скали и да бъдат обявени за единици с друга стратиграфска позиция. Подобни грешки са допускани при картировките и при подобни съмнения е особено необходима своевременна още на терена петрографска проверка. Регионалният метаморфизъм в Родопския масив е развит в пределите на амфиболитовия фациес – между 480-600°C и по възраст е неопротерозойски.

б. Високотермобаричен (ВТБ) метаморфизъм (еклогитизация *sensu lato*) - проявен при рязка, внезапна смяна на обстановката, предизвикана от сеизмотектонски движения на плъзгане и триене между скални блокове или пластовете. Триенето генерира кинетична енергия, локализирана в геотрибологични фрикционни зони, където протичат процеси на деформация, дезинтеграция и стопяване на скалната материя, при бързо повишаващи се температура и налягане. ВТБ метаморфизмът за разлика от регионалния е локален, кратковременен, стартира с внезапен или бърз енергиен импулс, провокиран от сеизмотектонско събитие. Термодинамичното състояние е бързоизменящо се и неравновесно. Геотрибологичните зони са коридори на енергийни потоци в земната кора. ВТБ минерализации са установени в метаморфните комплекси в Южна България и навсякъде те са образувани *in situ* в зони на срязване и пукнатини, където е било произведено триене. Обикновено ВТБ продуктите са развити в тънки слоеве, поради което е по-коректно да бъдат определени като минерализации, отколкото като метаморфизъм. Поради тази терминологична неточност, мнозина изследователи възприемат ВТБ измененията като фациес на регионалния метаморфизъм, предшестваш амфиболитовия, а последния считат за регресивен. Хипотетично се предполага, че този тип метаморфизъм се развива също и в субдукционните зони, както и в дълбочинните подкорови нива. ВТБ метаморфизмът засяга различни скали. Продукти на ВТБ минерализации са еклогити върху базичен субстрат, гранатови лерцолити - върху ултрабазичен (серпентинити), фенгитови и кианитови шисти - върху пелити и калцифири при карбонатни скали. ВТБ метаморфизмът може да се прояви както синхронно (но хетерофациално) на регионалния метаморфизъм, така и по-късно през фанерозоя, когато при сеизмотектонски събития се създадат условия на триене и високи T/P параметри.

в. Метасоматичен метаморфизъм – потоци от деривати на дълбочинни магми, проникващи като секущи и послойни пегматит-аплитови жили сред метаморфните скали, заместват неравномерно и частично минералите им. Те привнасят порции от Si, Al, K, Na и изграждат нови минерали, главно фелдшпати и кварц като самостоятелни индивиди или нараствайки върху по-старите минерали. В зависимост от количеството на привнесения материал се изменя съставът и текстурата на скалите от



шистозна до тънкоивичеста и различни форми на мигматичната. На терена е трудно визуално да се определи степента на изменение, особено при кварц-фелдшпатовите гнайсови скали. Метасоматичните реакции между контрастните по химизъм базит/ултрабазитови скали от офиолитовите асоциации и жилните пегматит-аплити създават широк спектър от хибридни скали като фелдшпатизирани метасоматични габроиди и диоритоиди, габра и габронорити с коронарна и троктолитова структура, сапфирин-корундови минерализации и други. Много често на терена различните метасоматични габроиди се приемат за магматични скали. Метасоматизмът често изменя съществено външния вид на скалите и създава сериозно затруднение при определяне на петрографската характеристика на метаморфните скали и принадлежността им към различни литостратиграфски единици.

Деформация

Деформацията при метаморфните комплекси е силно изразена и има най-голяма роля за определяне на суперпозицията на литостратиграфските единици и общия строеж на структурата. Деформациите по характер са пластични (гънкови) и разривни, а по отношение на някой вид метаморфизъм или конкретно метаморфно събитие: пред-, син- и постметаморфни. Проявяват се в широк рангов спектър – от макро- (регионални), мезо-, наблюдавани на разкритие, микро-, установими при микроскопиране на скални препарати и субмикродоформации в кристалната структура чрез ТЕМ фотография. При теренните геокартируващи изследвания от значение са макро- и мезо-структурите.

Известно е, че изоклиналните и полегалите гънкови структури променят първоначалните суперпозиционни отношения между литостратиграфските единици и ако не бъдат правилно разшифровани при теренните изследвания, водят до значителни грешки в представите за стратиграфската последователност и общия строеж на метаморфния комплекс. Подобни грешки бяха допуснати на отделни места при проведените геоложки картировки в Централните, Източните и Западните Родопи и коригирани по-късно чрез допълнителни детайлни площни и профилни изследвания. Доминиращият тектонски стил на метаморфните комплекси в Родопския масив е гънков. Ясно се очертават регионални антиклинални структури, проявени само от разположението на литостратиграфските единици. Ядрата на антиклиналите са запълнени от гнайсите, а крилата им са изградени от скалите на офиолитовата асоциация и метаморфозирани вулканогенно-седиментни пъстри формации. Частични по-големи или по-малки нарушения на отделни места се установяват между литоложки единици с различен петрографски състав и реологични свойства, които, обаче, ако бъде правилно оценена ранговата им значимост спрямо мащаба на графичната картина, не водят до грешни интерпретации.

Разривните тектонски нарушения са син- и постметаморфни. Първите от тях са консолидирани от прекристализираните милонитни или стопени материали в нови скали, които днес маркират старите тектонски рани. Такива са високотермобаричните скали като еклогитите.

Постметаморфните разривни нарушения обикновено са добре визуализирани на терена чрез тектонските разломи, запълнени от фрагментирани и милонитизирани скали. Досегашният опит показва, че при внимателно отделяне, проследяване и очертаване на обективно наблюдаваните литостратиграфски единици, разривните нарушения не могат бъдат непреодолима пречка за правилното стратиграфиране на метаморфните комплекси. Проблемите възникват, когато се лансират авторски идеи и се обявяват несъществуващи геоложки структури, без прилагане на задължителната фактологическа и графична аргументация, какъвто е случаят примерно с тезата за „алпийския навлачен строеж“ на Родопския масив [5].

Методика

Геоложката карта представлява концентрирана информация за строежа, стратиграфията, литологията, метаморфизма и деформацията на един скален комплекс. Постигането на тези цели изисква прилагане на интердисциплинарна методика, добра подготовка и опит на изпълнителите, които



на терена трябва да решават различни задачи. Всеки един от тях се налага да бъде едновременно и равностойно добър стратиграф, тектоник и петрограф, за да се справя със спецификата на метаморфните комплекси.

Методите, използвани при геоложкото картиране, са теренни и лабораторни и са добре известни и практически отработени. Те включват организацията, текстовата и графичната документация на разкритията, вземането на проби за микроскопски и геохимични лабораторни изследвания. Методите непрекъснато се обогатяват и усъвършенстват, предимно лабораторните, с въвеждане на по-модерна техника и компютърна обработка на резултатите. Тук ще обърнем внимание на някои случаи при теренните изследвания, които могат да предизвикат спорни тълкувания.

Литостратиграфските корелации са много важен и необходим елемент за изясняване на общия строеж на един метаморфен комплекс. Независимо, че още при геоложката картировка в М 1: 100 000 беше постигната обща сравнителна обвързаност на метаморфните скали от Родопския масив, останаха неизяснени въпроси за стратиграфското положение на някои единици в гънки, които бяха допълнително разшифровани.

Латералната изменчивост на метаморфните скали е често предизвикателство при корелациите. Тя се дължи на първична литоложка, метаморфна и деформационна изменчивост. Първият вид се проявява най-често при метаморфозирани вулканогенно-седиментни формации и се изразява в съотношението между амфиболити, шисти и мрамори. Метаморфната изменчивост е свързана със степента на неравномерните метасоматични прояви и с дълбочиното ниво на прекристализация, при което попада една и съща литостратиграфска единица при нагъване. Например, лептитовите гнайси, които са един опорен стратиграфски хоризонт, в Севернородопската антиклинала са с по-изразена шистозност, същите в Среднородопската и Мадан-Давидковското подуване изглеждат по-масивни и на места с мигматитова текстура, което обаче не ги прави неразпознаваеми, особено когато е разкрита подложката от биотитови гнайси и покривката от амфиболити и шисти. Установени са случаи на потъване в пластична мигматитова среда на малки амфиболитови блокове, откъснати от лежащите над тях пластовете по принципа на гравитачния колапс, което е приемано като основание тези мигматизирани гнайси да се отнесат към друга стратиграфска единица.

Различните реологични свойства на петрографските разновидности в пластична среда са причина за изменение на дебелината на пластовете - от изтъняване, изцеждане до прекъсване на пласта или акумулиране, особено често срещано при мраморите и калкошистите. Мраморите, които имат свойството да „текат“ в крилата на антиклиналите, са тънки, докато в синклиналните пространства се натрупват като дебели пластовете.

През периода на геоложкото картиране 1950-1962 г. тези особености на метаморфните комплекси, неописани в стратиграфските кодекси, бяха неизвестни, което често затрудняваше геолозите-картировачи и на места ставаха причина за грешни решения при определяне стратиграфската позиция и корелацията на отделни хоризонти. При една бъдеща геоложка картировка, обаче, на тези рискови моменти трябва да се обърне внимание в стратиграфските инструкции и обучението на геолозите-картировачи. Също така е необходимо да се предвиди достатъчно време за провеждане на корелации и допълнителни детайлни площни и профилни изследвания.

Специална тема при теренните изследвания е изясняване на геоложкото положение на еклогитите и серпентинитите. Обикновено интерпретациите за техния генезис и геоложко положение се правят според доминиращи хипотези от литературата и се определя връзка със субдукционни зони и дълбочинни разломи, без да има конкретно установени факти за това.

Заключение

Високостепенните метаморфни комплекси в Южна България са сравнително добре стратифицирани и литостратиграфският подход е напълно приложим. Преобладават слоестите скали, сравнително рядко се появяват неголеми пачки от неслоести с масивна текстура, но в рамките на



общата литостратиграфска единица. Литостратиграфският подход е доказал безспорно своята приложимост при картиране на метаморфните терени на Българска територия.

Телата от серпентинити, които са с големи размери, могат да се приемат като литодеми в смисъла на Синьовски [3], но тъй като те не са интрузивни магматични или секущи тела, а заемат стратиграфска позиция, логично е да се приобщават към включващата ги литостратиграфска единица със смесен характер.

Геоложките корелации на литостратиграфските единици са важен и неотменим метод за изясняване на общия строеж на един метаморфен терен. При провеждането им е необходимо да се отчитат специфичните за метаморфните комплекси латерални първични, метаморфни и деформационни изменения.

Литература

1. Кюмджиева, Е., Т. Николов, И. Сапунов, Я. Тенчов, Д. Тронков, Х. Хрисчев, Х. Чемберски, П. Чумаченко. 1982. Стратиграфски кодекс на България (литостратиграфски единици). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 43, 3; 285-310.
2. Саров, С., З. Чернева, К. Колчева, Е. Войнова, Я. Герджиков. 2004. Литотектонска подялба на метаморфните скали от източните части на Централнородопската екстензионна структура. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 65, 1-3; 101-106.
3. Синьовски, Д., М. Антонов, В. Желев. 2005. Предложение за изменения и подобрения на Стратиграфския кодекс на България. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 66; 143-152.
4. Хрисчев, Х. 2005. Литостратиграфия и картиране на единиците от метаморфни, смесени и вулкански скали (дискусия). – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 66, 1-3; 127-142.
5. Burg, J. P., L. Klain, Z. Ivanov, L. E. Ricou, D. Dimov. 1996. Crustal-Scale Thrust Complex in the Rhodope Massif. Evidence from Structures and Fabrics. – *Terra Nova*, 8; 6-15.



ФАКТИ, ИНТЕРПРЕТАЦИИ И ХИПОТЕЗИ ЗА СЪЗДАВАНЕТО И РАЗВИТИЕТО НА ПРЕКАМБРИЙСКИТЕ МЕТАМОРФНИ КОМПЛЕКСИ В РОДОПСКИЯ МАСИВ

доц. д-р Евгения Кожухарова
E-mail: ekozhoukharova@abv.bg

ABSTRACT

Real data, contradictory interpretations and hypotheses are present in our knowledge of the metamorphic complexes of the Rhodope Massif. The modern study of the highly thermobaric metamorphism (eclogitization) requires the application of interdisciplinary methodology with special attention to the role of seismotectonic energy in the substage transformations.

1. Увод

Геологията е наука, при която факти, противоречиви интерпретации и хипотези се преплитат в почти всички геоложки разработки, понякога до такава степен, че читателят трудно отличава реално установените данни от предполагаемите. Не е създадена традиция самите автори да се стараят ясно да разграничават и представят в публикациите си пряко наблюдаваните факти от интерпретациите и идеите си. Висша степен на неетичност е, когато се поднасят сензационно неверни „факти“ или модерни идеи без аргументация. Тази практика в българската геология продължи дълги години в безкритична обстановка и липса на оздравителни дискусии. В амбициозния стремеж да се поднасят нови и различни идеи се забравиха всички стари постижения, практики и традиции, положени още от първите наши геолози-метаморфисти като Георги Бончев и Страшимир Димитров. Утвърденият като най-подходящ литостратиграфски подход при изследването на метаморфните комплекси беше заменен с неясна като характер и неизпробвана методика, целяща просто да се наложат нови имена на скални формации и авторски версии за строежа на метаморфните комплекси. Пренебрегват се теренните изследвания като един от основните методи за получаване на реална геоложка информация и се заменят с модни за момента идеи и хипотези. Време е за промяна в стила на изследването, представянето и тълкуването на геоложките данни. Време е да се изисква от авторите в публикациите да има по-ясно разграничаване на установени факти, възможни интерпретации и авторски хипотези, както и една актуална ревизия на съществуващите модели.

Това с особена сила важи при геоложкото картиране на метаморфните комплекси. При едно геолошко картиране се събират системно и масово многобройни и различни факти за петрографския и химичния състав и площното разположение на скалите, които, обработени и обобщени, съставят фактологичната база на геоложката карта. Същевременно, обаче, геоложката карта е авторска интерпретация, изразява концепцията на извършителя и в нея присъства субективен елемент. В записките, придружаващи картата, се прибавят идеи и хипотези, третиращи създаването и развитието на изследвания метаморфен терен. Но трите нива, респективно степени на познание, трябва да бъдат ясно разграничени в текста и разбираеми за бъдещите ползватели на геоложката карта.

С няколко примера от метаморфните комплекси в Родопския масив ще се опитам да отбележа накратко някои от дискуссионните теми в нашите познания за тях, които биха намерили удовлетворително решение при едно бъдещо геолошко картиране. Не се посочват източниците, защото не се открива дискусия, а само принципно се разграничават фактология, интерпретации и хипотези.

2. Метаморфни формации

По петрографски, геохимични и сравнителни данни в метаморфните скали на Родопския масив се различават три веществено и пространствено обособени петроложки формации: гнайсови, офиолитови и пъстри. Върху тях са наложени три типа метаморфни изменения: регионален метаморфизъм, високотермобарични минерализации (еклогитизация) и метасоматизъм. Това е реалната фактологична база на нашите познания за метаморфните комплекси и върху нея няма противоречия между геолозите.



2.1. Гнайсови формации

Фактология. а. Петрографската информация представя литоложките разновидности, текстурата, структурата и минералния състав на скалите. Гнайсовите формации са представени от сравнително монотонни по състав кварц-фелдшпатови биотитови и лептитови гнайси, изградени от кварц, плагиоклаз (средно от олигоклаз до андезин), биотит, мусковит и акцесори – магнетит, гранат, циркон, ортит и др. Текстурата им е шистозна, ивичеста, порфиروبластична, мигматична, в отделни гранитогнайсови пачки почти масивна, а структурата им – хипидиоморфнозърнеста, гранобластична и др. Геохимичната характеристика е гранодиоритова за биотитовите гнайси и гранитова до аплитовидна за лептитите. Липсата на мрамори е специфична черта за гнайсовите комплекси.

б. Стратиграфска информация. Във вертикалния стратиграфски ред биотитовите гнайси заемат ниските нива, а лептитовите – високите, като преходът между тях е постепенен. Мигматични гнайси се появяват на различни нива, а гранитогнайсите - в по-ниските. В редица опорни профили от Централните, Източните и Западните Родопи и корелационните изследвания е установено, че гнайсовите формации, заемайки ниските нива на метаморфните комплекси, изграждат ядрата на антиклиналните гънки. Покриват се от метабазити с неопротерозойска възраст. Данните за абсолютната възраст на гнайсите покриват широк спектър от палеопротерозой до палеоген.

Интерпретация. Гнайсовите комплекси в Родопите са веществено и структурно обособена петроложка базова формация на метаморфния комплекс в Родопския масив, която е имала собствено образуване и развитие, различно от това на горележащите метаморфити. Те са част от единна стратиграфска система, в която са отделени като група – Прародопска група.

Хипотези. Гнайсите са представяни като метагранитова или метаседиментна формация, а лептитовите гнайси – като метасоматити.

Актуална хипотеза. Гнайсовите комплекси в Родопския масив са отломка от древен суперконтинент, възможно Родиния, дрейфували в различни посоки и при различен динамичен режим. При плъзгането, вследствие на вътрешни деформации и прекристализации, се създава шистозна и ивичеста текстура, съпроводени от гравитачна сепарация на компонентите. В резултат постепенно се оформя стратифициране на биотитови и лептитови гнайси, последните допълнително повърхностно повлияни и от изветряне.

Неправилно в много карти гнайсите са номинирани с генетични имена, примерно метагранити, което е определение от трети ранг – хипотеза, идея. Известно е, че определянето на първичния характер на много метаморфни скали е решение от изключителна трудност, затова в геоложките карти е правилно скалите да се назовават с неутрални петрографски имена на метаморфити – биотитов гнайс, порфиروبластичен гнайс и т.н.

2.2. Офиолитови асоциации.

Фактология. Включва: състав (основен - серпентинити, амфиболити, метагabra и редки малки тела от еклогити, гранатови лерцолити, пироксенити), форма и размери на телата, геоложко положение, позиция в стратиграфската последователност, минерален състав, текстура, структура, данни за абсолютната възраст.

Серпентинитите са високо серпентинизирани – 85-100%, съставени от лизардит, хризотил и периферно - от антигорит. Съдържат гнезда от впръснат хромит. Регистрирана е абсолютна възраст от 2257 и 1052 Ма - палеопротерозой.

Амфиболитите са широко разпространени като различно дебели (0,5 – 15-20 m) пластове, алтерниращи с амфиболошисти, амфибол-биотитови и двуслюдени шисти, гнайсошисти, калкошисти и мрамори. Съставени са от амфибол (чермакит-хейстингсит) и плагиоклаз (андезин до битовнит) и с непостоянно участие на кварц, биотит, гранат, епидот, пироксен, титанит, рутил, магнетит, илменит. По химичен състав съответстват най-често на високомагнезиеви толеити и по-рядко на пикрити. Редки жили от масивни амфиболити пресичат лептитовите гнайси (Северни и Западни Родопи) и серпентинитите. На места срез амфиболитите присъстват малки еклотитови лещообразни тела, конкордантни на пластовете и тънки прослойки.



Метагабра - изолирани малки тела, асоцииращи с амфиболитите. Субинтрузивно тяло с размери до няколко метра от метагабродиабази, разсичащи лептитовите гнайси, е установена в Севернородопската антиклинала.

Всички скали на офиолитовата асоциация са пресечени от секущи и послойни пегматит-аплитови жили, в асоциация с които се появяват метасоматични габра, мигматизирани биотитови амфиболити, коронарни габра и др.

Скалите на офиолитовата асоциация покриват гнайсовата група и заемат ниските стратиграфски нива на т. нар. Пъстра свита от Родопската група. Данните за абсолютната възраст на амфиболитите показват неопротерозой: 610, 572, 566 Ma.

Интерпретация. Офиолитовата асоциация е единна, но фрагментирана континентална формация, развита върху гнайсова подложка. Първоначално е съставена от силно серпентинизирани дунити/пироксенити, толеитови до пикритови базалти, техните туфи и туфити и субинтрузивни тела от габра и габродиабази. Те са били метаморфозирани в амфиболитов фацис при неопротерозойски регионален метаморфизъм, при което серпентинитите се променят постепенно в антигоритови, талк-хлоритови и актинолитови шисти, вулканските скали – в амфиболити, и габрата – в метагабра. По-късно офиолитите са пресечени от пегматит-аплитови жили, които благодарение на контрастния химизъм оказват силно метасоматично въздействие върху офиолитите, с образуване на спектър от хибридни скали.

Хипотези за механизма на формиране на офиолитовата асоциация. В историческа последователност е представяно различно тълкуване за генезиса, предимно на серпентинитите:

а. Серпентинитите са производни на палеозойски ултрабазични магмени автосерпентинизирани интрузии, убеждение, което присъства в българската литература до 70-те години на миналия век, въпреки че още в 1949 г. теоретично и експериментално е доказана невъзможността на процеса автосерпентинизация.

б. Серпентинитите са дълбочинни протрузии, издигнати по тектонски зони. Тази идея също се ползва с голяма популярност, а дори и днес има геолози, които вярват в нея, въпреки противоречието ѝ с физическите закони, на първо място с гравитацията;

в. Офиолитовата асоциация е свързана със супрасубдукционна зона, последната формирана при насрещно движение и контакт между континентална и океанска плоча при затваряне на океан. Серпентинитите са фрагменти от остъргана от континенталния ръб (по принципа на рендето) серпентинизирана покривка на ултрабазичната океанска плоча и обдуцирани върху ерозионната повърхност на континента. При плъзгането и потъването на океанската плоча под континенталната, по фрикционната повърхност между двете се създават огнища от разтопена магла, която прониква през гнайсите, образувайки по пътя си субинтрузивни габроидни тела, а достигайки повърхността, покрива гнайсите и обдуцираните серпентинити като толеитови вулканити и туфи. Офиолитовата асоциация не е комагматична, а хетерогенна скална формация, образувана в три времеви етапа при различна геодинамична обстановка: а. статичен – продължителна серпентинизация на океанска ултрабазична плоча в басейн, в близост до рифтови зони - палеопротерозой; б. динамичен – затваряне на океани, насрещно движение и субдукция на океанската плоча под континенталната, остъргване и обдуциране на серпентинитови фрагменти върху ерозионната континентална повърхност; в. конструктивен – възникване на магмени огнища по фрикционната повърхност и формиране на автохтонни субинтрузивни тела и вулканити във и над гнайсовата група през неопротерозоя.

2.3. Пъстри свити.

Фактология. Добре стратифицирани, разнообразни по състав скални комплекси, алтернация от двуслюдени, биотитови, мусковитови и ставролит-гранат-кианитови шисти, гнайсошисти, кварцити и джеспилити, калкошисти и мрамори, с прослойки от разнообразни амфиболити. Вертикална възходяща тенденция на увеличаване на карбонатната компонента и латерална изменчивост, зависима от участието на амфиболитите; метаморфизъм в амфиболитов фацис – $T = 480-600^{\circ}\text{C}$ и $P = 4-7 \text{ kbar}$.



Интерпретация. Вулкано-седиментна формация, образувана в шелфови континентални басейни през неопротерозоя, е отложена трансгресивно върху вече метаморфозираната гнайсова формация. Латералната изменчивост обособява два типа пъстри свити: а. с високо участие на офиолитов компонент (амфиболити), разпространени в Западните и Източните Родопи и б. с ниско участие на офиолити – Централни Родопи. Поради недостатъчно изяснени структурни и корелационни отношения се е считало от първите изследователи, че пъстра свита е отлагана първично два или три пъти и затова тя е назовавана с различни имена. По-късно е метаморфозирана в амфиболитов фациес.

Хипотеза. Метаморфозираната вулкано-седиментна формация и гнайсовата, съчетани през неопротерозоя, изграждат единна стратиграфска прекамбрийска структура от две разновъзрастни и с различен литосъстав петроложки групи, номинирани като: а. долна – Прародопска група и б. горна - Родопска група. В различни фанерозойски епохи, в тях са прониквали гранитови магми, формирали различни по големина интрузивни тела.

Структурата на метаморфния терен е въпрос, по който са изказани противоречиви мнения. В противоборство са две основни концепции:

а. Метаморфният комплекс е единна стратиграфска постройка, съставена в ясна стратиграфска последователност от две разновъзрастни и с различна литология скални групи: долна Прародопска група, представена от гнайсовия комплекс и горна Родопска група, трансгресивно отложена през неопротерозоя, съставена от офиолитова асоциация и литоложки пъстра скална последователност. В структурния план доминират гънковите структури, а установените неголеми навлачни структури имат епидермален характер (фиг.1). В процеса на разработване стратиграфските единици са били номинирани с различни имена (фиг. 2), както е представено в Геоложка карта на България в мащаб 1:100 000, завършена преди повече от тридесет години.

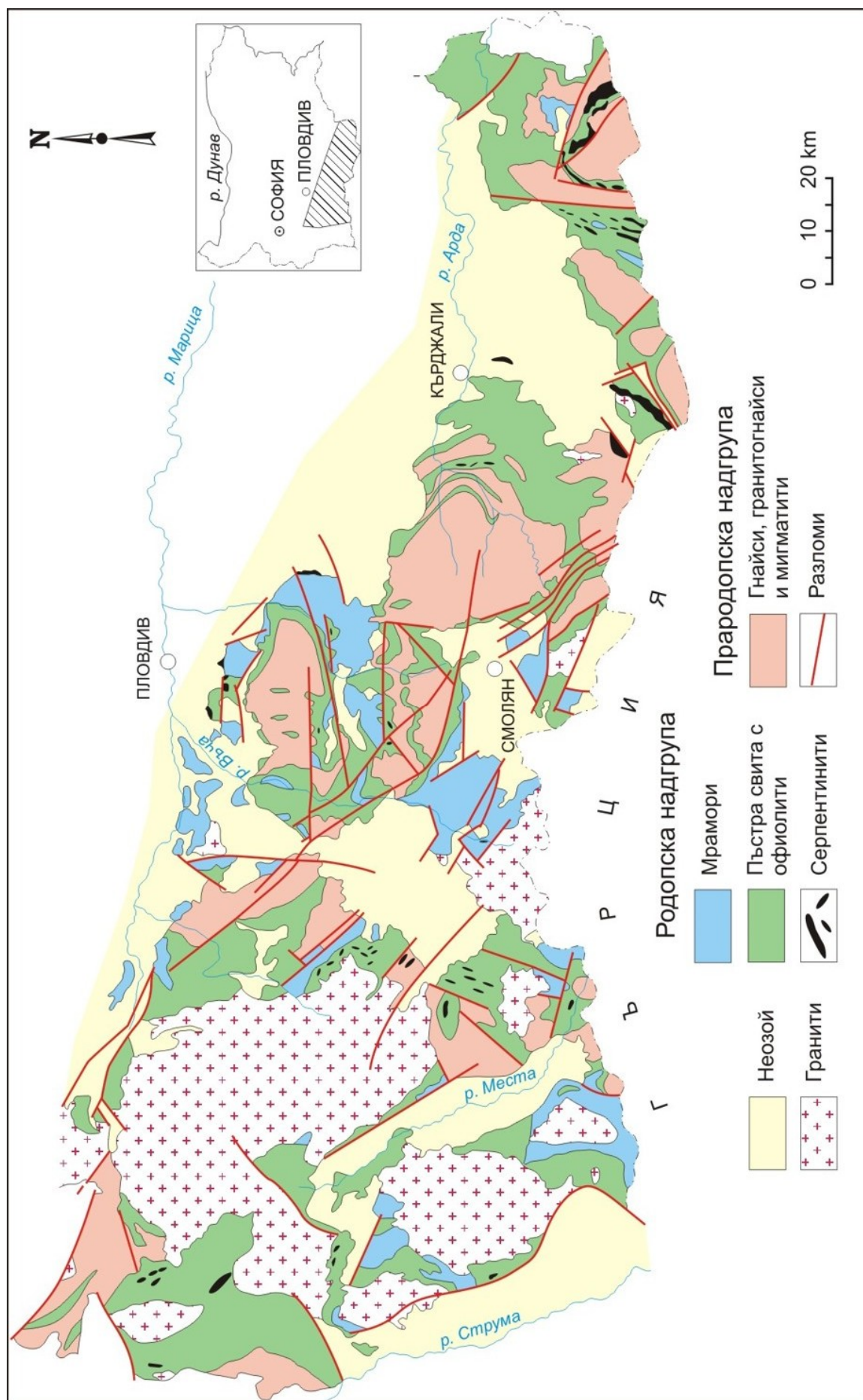
Стратиграфска схема

Родопска група	в. Силикатно- карбонатни шисти - Белащенска свита
	б. Мрамори - Добростанска свита
	а. Пъстра формация – офиолити, шисти, кварцити, калкошисти, мрамори-Луковишка свита
Прародопска група	в. Порфиروبластични гнайси – Пъновска свита
	б. Лептитови гнайси – Бачковска свита
	а. Биотитови гнайси – Бойковска свита

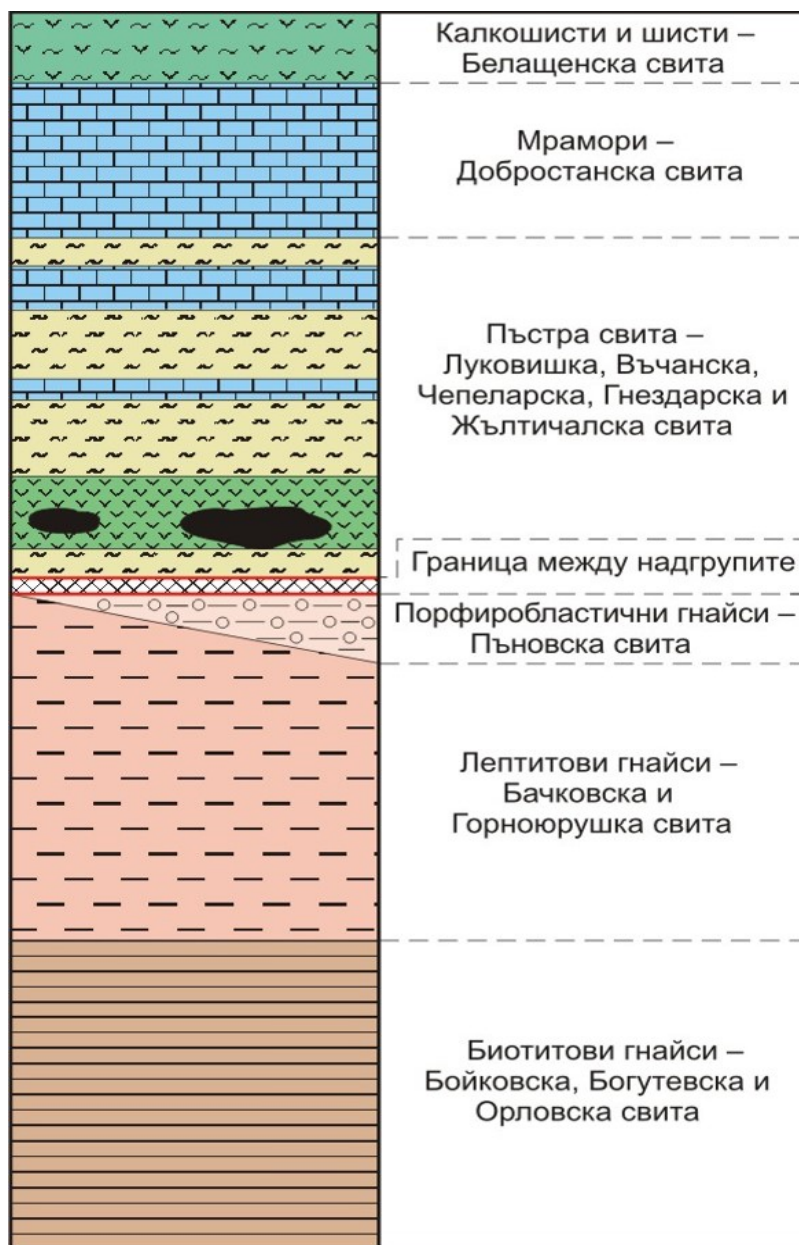
б. Метаморфният комплекс на Родопския масив представлява мезозойска тектонска постройка от „купчина навлаци“ и дискордантни пластини, на места разделени със септи от юрско-кредни и палеогенски седименти, съдържащи фосили.

Фактологичната база на първата концепция (стратиграфската) са данните от кондиционното геоложко картиране, проведено на топографска основа в мащаб 1:25 000, обобщени в Геоложка карта на България в мащаб 1:100 000, както и допълнителни многобройни профилни изследвания и детайлни карти на отделни тектонски усложнени участъци, представени в научни публикации. Като степен на познание тази стратиграфска схема е на ниво интерпретация на огромна база от фактологични данни, събирани десетилетия от десетки изпълнители.

Втората версия – (тектонската) се появи внезапно като революционна идея в края на 80-те години на миналия век и беше наложена на вниманието на геоложката общественост, благодарение на авторитета и позицията на виден европейски геолог. Основната текстова аргументация за нея се съдържа в твърдението за наличие на милонитни гнайси - деформации на минерали, наблюдавани в микроскопски препарати. Тази идея не беше графично илюстрирана с необходимите карти, профили, рисунки и фотоснимки на конкретни тектонски контакти, които нагледно да покажат очертанията на отделните физични тела на навлаците от общата „купчина“, ако те наистина съществуват. Опровергано като „фалшива новина“ се оказа твърдението за наличие на септи от юрско-кредно-палеогенски седименти с фосили, „защипани“ между навлачните дискордантни пластини.



Фиг. 1. Геоложка карта на метаморфните комплекси в Родопския масив.



Фиг. 2. Стратиграфска колонка на литостратиграфските единици.

3. Метаморфизъм

Накратко ще бъдат маркирани някои специфични въпроси от метаморфизма на скалите, с които ще се срещнат бъдещите изследователи.

3.1. *Фактология.* Петрографските и геохимични данни определят регионално метаморфно изменение на първичните скали в рамките на амфиболитовия фациес ($T = 480-600^{\circ}\text{C}$ и $P = 4-7 \text{ kbar}$), със слабо проявена вертикална и латерална метаморфна зоналност. Главни индикатори за условията на метаморфизъм са пъстрите свити, чийто минерален състав е чувствителен към температурно-баричните изменения – напр. поява на хлоритоид в периферни части на Родопския масив, изчезване на ставролита в по-дълбоки нива, запазването на лизардит в серпентинитовите масиви, ограничаващ нивото на общата метаморфна температура до $580-600^{\circ}\text{C}$.

Локално развити скални разновидности като гранатови лерцолити и пироксенити в серпентинитите, еклогити в амфиболитите, едрозърнести кианитови шисти, спорадична поява на фенгит в слюдените шисти и калцифири в калкошистите, показват повишени стойности на температурата и налягането на отделни места $T = 650-850^{\circ}\text{C}$ и $P = 12-20 \text{ kbar}$.



Скалите от двете стратиграфски групи са частично и неравномерно засегнати от метасоматоза, свързана с послойни и секущи пегматит-аплитови жили с различна възраст от протерозоя до палеогена, които са деривати на гранитови магми.

3.2. *Интерпретация.* Анализът върху петролого-минераложките и геохимичните данни и позволява да се отделят три типа физикохимични изменения:

а. *Регионален метаморфизъм* в амфиболитовия фациес, контролиран от температурния градиент и литостатичното налягане. Процесите на кристализация са съществено изохимични, протекли при термодинамично равновесие в епохи на тектонско спокойствие;

б. *Високотермобаричен (ВТБ) метаморфизъм* (еклогитизация *sensu lato*), хетерофациален спрямо регионалния в амфиболитов фациес. Ясно проявената амфиболитова диафтореза върху еклогитите показва, че условията на тяхната кристализация са били временни и неустойчиви.

в. *Метасоматизъм*, предизвикан от секущи и послойни пегматит-аплитови жили, проникнали сред метаморфните скали, създават проблеми в два аспекта: 1. Привнасяйки нови компоненти и замествайки минералите, те променят неравномерно по площ и в различна степен литологията на метаморфния комплекс, примерно: фелдшпатизацията превръща шистите в гнайсошисти и гнайси, амфиболитите и серпентинитите – в разнообразни хибридни скали като амфибол-биотитови гнайси, метасоматични габроиди, габронорити с коронарна структура, корунд-сапфиринови минерализации и други, силно затрудняващи определянето на първичната природа на скалите и провеждането на корелации; 2. Новият фелдшпатов материал внася нови цирконови зърна с различна възраст, смесвайки се с по-старите. Въпросът с абсолютната възраст и „подмладяването“ на метаморфитите е много по-сложен, за да се коментира тук, след като теоретично не са изяснени различните зависимости между прекристализацията на цирконите и изменящата се във времето енергийна и термодинамична обстановка, свързана с тектониката и формирането на гранитови магми в различни региони.

3.3. *Хипотези.* Засягат предимно генезиса на високотермобаричните скали (еклогитизацията). В българската литература са лансирани три хипотези:

а. Еклогитите са реликти от по-стар регионален метаморфизъм в еклогитов фациес, заменен диафторитно от наблюдавания амфиболитов;

Контрааргументи на хипотезата: запазването на непроменен лизардит в серпентинитите опровергава съществуването на предшестваш регионален метаморфизъм в еклогитов фациес, както и попадането на метаморфния комплекс в мантийни дълбочини. Серпентинитите играят роля на стратиграфски маркер и на температурен индикатор.

б. Еклогитизацията е свързана със мезозойска субдукционна зона, извън пределите на Родопския масив;

в. Еклогитовите минерализации в метаморфните комплекси на Южна България са образувани *in situ* в зони на срязване и пукнатини. Те са локални минерализации във фрикционни (геотрибологични) зони, възниквали вследствие на сеизмотектонски движения на плъзгане и триене между скални блокове и пластове при бързо повишаващи се температура и налягане, последвани от деформация, дезинтеграция и стопяване на скалната материя.

Действието на регионалния метаморфизъм се ограничава до неопротерозоя, но локални и кратковременни високотермобарични изменения в сеизмотектонски зони и метасоматични явления се появяват многократно в различни епохи на фанерозоя, предизвикани от тектонска и магматична активност в кората.

Разграничаването на трите типа изменения, наложени върху метаморфните комплекси по пространствен, времеви и веществен характер, засяга същността на метаморфизма, неговата философия и поставя въпроса за точността на понятието метаморфизъм, което с лекота прилагаме за всяка наблюдавана веществена промяна. Ако под термина „метаморфизъм“ се разбира „преобразуване“ на скалната материя, това е характеристиката на широко пространствено и времево проявения регионален метаморфизъм. Тогава обосновано ли е всяка локална поява на минерализация в тектонска зона да определяме като метаморфизъм, примерно - високотермобаричен метаморфизъм, юрски метаморфизъм и т.н.



4. Заключение

Всяка кондиционната геоложка картировка на метаморфен терен е национална грандиозна геоложка разработка, с голямо научно и икономическо значение, в която се влагат значителни финансови и интелектуални ресурси. Картировката предоставя възможности за системно и масово събиране на информация за разпространението на скалните разновидности, пространствените взаимоотношения на телата, едновременно лабораторна микроскопска и геохимична обработка и бързо достигане до резултати. Съвременното изучаване на метаморфизма изисква прилагане на комплексна интердисциплинарна методика, с особена внимание към ролята на сеизмотектонската енергия при високотермобаричните процеси (еклогитизацията). Завършената Геоложка карта и записките към нея представляват цялостна научна концепция за създаването и развитието на изследвания метаморфен терен. Концепцията може да бъде нова, която опровергава напълно или значително предишните представи, но може да бъде и актуализирана, допълнена, коригирана и усъвършенствана традиционна, която издига познанията на по-високо съвременно научно ниво. Концепцията трябва да даде отговор на висящите проблеми и арбитражни решения на противоречивите дискуссионни въпроси, но и да разкрие нови неизвестни дотогава черти на процесите, действали в изследвания участък от земната кора. Едва тогава резултатите могат да се отчетат като значителни. Най-добрата концепция е тази, която обединява всички известни до момента факти в обща теоретично-логична схема.

Тези задачи поставят изисквания за висока квалификация на изпълнителите и тясна координация между теренните и лабораторните групи. Особено многостранни и специфични са задълженията на теренните изпълнители – картировачите на метаморфен терен. Всеки един от тях трябва да бъде едновременно добър петрограф, стратиграф и тектоник, да познава теорията на метаморфизма и откритите проблеми в изучавания район, значението на разнообразните мезоструктурни деформации, за да може да прочете, опише и извлече максималната информация от едно скално разкритие.

Трудно е при тези изисквания да се намерят достатъчен брой теренни изследователи с необходимия опит. В работните групи обикновено постъпват млади специалисти, наскоро завършили Университета. Това налага при бъдещите национални кондиционни картировки, младите изпълнители да преминават предварително обучение, а по-опитните ръководители и консултанти да съставят подробни инструкции за методиката на работа и конкретните задачи за решаване, съобразно актуалното състояние на познанията.

Една добре организирана и резултатна геоложка картировка е национален научен прогрес и голяма школа за всеки геолог.



ГЕОХИМИЧНОТО КАРТИРАНЕ В БЪЛГАРИЯ

С. Д. Бояджиев
Софийски университет „Св. Кл. Охридски“, e-mail: zastefaka@abv.bg

GEOCHEMICAL MAPPING IN BULGARIA

S. D. Boyadzhiev
Sofia University "St. Cl. Ohridski ", e-mail: zastefaka@abv.bg

ABSTRACT

The geochemical mapping in the country, which arose and is related to the emergence, validation and development of different types of geochemical methods for prospecting and exploration of ore deposits in Bulgaria, is traced. Emphasis is placed on the most common mapping conducted in our country by secondary lithochemical halos of scattering.

Въведение

Геоложкото картиране е класическа, отдавна утвърдена и широко използвана в геоложката практика дейност. Геохимичното картиране е вид геолошко картиране по резултатите на което може да се изобрази пространственото разпределение на химичните елементи и техните съвкупности в границите на картираната площ. Чрез геохимичното картиране се предоставят геохимични данни и съответни карти за използването им в общата геология, при търсенето, проучването и оценката на полезните изкопаеми, в геоекологичните и агротехническите технологии, в земеползването и т.н. Извършва се в различни мащаби и с различни цели: работите в глобален мащаб се характеризират с много ниска плътност на опробване, насочени са към изучаване на глобалното разпространение и пространственото разпределение на всичките природни химични елементи в пределите на земята и целят обезпечаване на устойчивото развитие на минерално-суровинната база и поддържане на устойчивото състояние на околната среда; тези в регионален/национален мащаб се характеризират с ниска плътност на опробване и имат за цел оконтурване на области, представляващи интерес по отношение на ресурси на полезни изкопаеми, геоекология, селско стопанство и т.н.; а тези в локален/детайлен мащаб се характеризират с висока плътност на пробоотбор и се използват за оконтурване и оценка на рудни тела или оценка на геоекологичните проблеми на околната среда на ограничени площи.

Мястото на геохимичното картиране в геологопроучвателния процес

В основата на геологопроучвателния процес е заложен принципът на последователно уедряване на мащаба и задълбочаване на съдържанието на изследванията с прехода от изучаването на обширни територии към локални участъци, определящ реда на прилагане на геолого-картировъчните дейности. Същият принцип е присъщ и на геохимичните картировъчни работи.

Изследването на геохимичното поле с търсещи цели се извършва с методи на геохимичните снимки. В основата им е залегнало систематичното измерване на съдържанията на химични елементи в участъка на търсещата геохимична снимка, а разкритите при това геохимични аномалии се разглеждат като обекти, подлежащи на оценка. В зависимост от опробваното вещество (средата на опробване), според наименованието на изследваните геосфери методите на търсене и едноименните им снимки са литохимични, хидрохимични, атмохимични (газови) и биогеохимични. Най-разпространени и със самостоятелно значение са литохимичните снимки, които се изпълняват първоначално в по-дребни мащаби на по-обширни територии, а впоследствие изборно с оглед на получените резултати, на по-малки площи в последователно уедряващи се мащаби. Преминаването от по-дребномащабни



към по-едромашабни и по-детайлни литохимични снимки не е просто повторение на търсещите работи с увеличена плътност на наблюденията тъй като се изменят стратегическите цели и методиката на работите.

Видове геохимично картиране и мащаби на геохимичните снимки

В геохимичната практика именно картирането на литохимичните ореоли се счита за „традиционно геохимично картиране“, провеждано чрез регионални геохимични снимки в М 1:1000000–1:500000, 1:200000–1:100000, търсещи литохимични снимки в М 1:50000 (1:25000), детайлни литохимични снимки в М 1:10000 (1:5000) и по-едър (1:1000, 1:500, 1:200 и 1:100) само по първични геохимични ореоли. В геохимичните картировъчни работи особено място във връзка с предназначението им заемат три сравнително по-съвременни геохимични картирания. От около 30 години усилено се реализират мащабни национални и международни проекти по глобално геохимично картиране с оглед количествена оценка на изменението на околната среда в цялост, включително разкриването и проследяването на протичащите (ще протекат) в природните системи глобални изменения с природен и/или техногенен характер. Отличителна особеност на глобалните геохимични проекти е комплексното използване на картираните геохимични данни, плътността на опробване на които е 1 проба на квадрат 40 (80, 160) на 40 (80, 160) км. От 1991 г. в Русия в рамките на изпълнение на програмите „Геохимична карта на Русия“ и „Геоекология на Русия“ започна да се провежда и продължава в планов порядък и до сега с оглед цялостното обхващане на територията ѝ въведеният от А. А. Головин нов съвременен вариант геохимично картиране–т. н. многоцелево геохимично картиране в М:1:1000000 (МГХК-1000) и М:1:200000 (МГХК-200), целящо комплексното изучаване на природната геоложката среда (ПГС) на страната. Технологиите на многоцелевото геохимично картиране и на глобалното геохимично картиране се отличават. През 1979 г. под ръководството на Ю. Е. Сае в ИМГРЭ (Русия) започнаха геохимични изследвания в локален мащаб, свързани с решаването на проблеми по опазване на околната среда, които се наложиха в геохимичната практика като „еколого-геохимични изследвания“, провеждани чрез „еколого-геохимично картиране“, целящи „еколого-геохимична оценка“ на изучаваните обекти и територии, включително и в по-дребни мащаби и утвърждаващи възникването и развитието на новата научна дисциплина „екологична геохимия“.

Геохимично картиране на територията на страната

Началото и прилагането му е свързано с внедряването и развитието у нас на геохимичните методи в следната последователност: литохимични методи по вторични ореоли на разсейване (1954 г.), по хидрохимични ореоли (1955 г.), по потоци на разсейване (1956 г.), по първични геохимични ореоли (1967 г.). Методично са приложени и нямащите самостоятелно значение биохимични (1967 г.) и атмохимични (1972, 1976 г.) методи (като самостоятелни методи са приети литохимичните методи по вторични ореоли на разсейване, по потоци на разсейване и по първични ореоли). В миналото повсеместно е използван шлиховият метод. Еманиционната снимка за търсене на уранови находища е популярна през 80-те години. Обикновено геохимичните картировки са провеждани в комплекс с геоложко картиране и други геоложки и геофизични методи през всичките стадии на търсене и проучване: регионални снимки в М 1:200 000-1:100 000, търсещи снимки в М 1:50 000-1:25 000, търсещо-оценъчни снимки в М 1:10 000-1:2 000 и детайлни търсещи и проучвателни работи в М 1:1 000-1:200., по-рядко в някои случаи и самостоятелно. Прилагането им е свързано с развитието на търсещите геохимични методи в страната, в което условно се отделят [10] три периода: начален (1954-1960 г.), среден (1961-1969 г.) и съвременен (от 1970 г.), за които съществуват по-подробни исторически данни и сведения за получените резултати [4,5,6,10]. Производствените геохимични работи са се извършвали от геоложките, геофизичните и геохимичните звена на действащите на териториален принцип в системата на принципа си–Комитета по геология (КГ) три геолого-проучвателни предприятия (ГПП) за проучване на метални и неметални полезни изкопаеми, въглища и декоративни скали: Софийското (проучва западната половина от територията на страната), Ямболското (източната



половина), Асеновградското (Родопската област) и основно от Предприятието за геофизични проучвания и геоложко картиране (ПГП и ГК). Немалко металометрични картировки, включително и в М 1:10 000 и 1:25 000, са извършени и от създадените специализирани комплексни експедиции за търсене „Родопи“ в Асеновград, „Средец“ в София и „Ж. Дойков“ във Върли бряг и от „Редки метали“-Бухово.

Проведеното в периода 1949-1957 г. геоложко картиране на страната в М 1:200 000-1:100 000 е извършено без съпровождащи го геохимични изследвания с изключение на хидрохимично картираните някои части на Източните Родопи. До 1964 г. при геоложкото картиране на страната не са били използвани литохимични методи, от 1964 г. литохимичните и хидрохимичните търсещи работи в М 1:50 000-1:25 000 са се провеждали съвместно с геоложкото картиране в същия мащаб и имат първостепенна роля в общия комплекс търсещи работи. С геоложкото картиране в М 1:25 000 е обхваната 77 200 км² (96,5%) от считаната за 80 000 км² обща площ на рудните райони на България, с хидрогеоложката картировка в същия мащаб–57 900 км² (72,4%), а с литохимично търсене по вторични ореоли на разсейване са покрити само 32 000 км² (40 %) [5]. За периода 1954-1968 г. в България са взети 824 508 металометрични проби, от тях 120 651 са взетите проби през началния, а останалите 703 857–през средния период от развитието на търсещите руди в страната геохимични методи [5]. До 1964 г.общият брой на вземаните годишно геохимични проби не е превишавал 50-60000, от 1964 г. до 1969 г. ежегодно са вземани до 100 000 проби, след 1970 г. броят им достига до 220-250 000 в година [7]. В съвременния етап от развитието на геохимичните методи в България като основен търсещ метод се утвърждават плочно провежданите средномащабни литохимични снимки по вторични ореоли на разсейване, чрез които в периода 1970-1978 г. ежегодният проботбор съставлява 80% от всичките взети геохимични проби, непрекъснато тогава е нараствал и обемът на взетите проби по първични геохимични ореоли (от 8-10% в 1975 г. до 15-20% в 1979 г.), а обемът на хидрохимичните проби (2-3 000 проби годишно) е представлявал около 1% от общия, атмосхимичните и биогеохимичните методи не са прилагани в производствени мащаби, детайлните снимки по елувиално-делувиалните наслаги в М 1:10 000-1:2 000 са провеждани в комплекс с геоложко картиране, геоложки и геофизични изследвания и средно в страната с тях са се покривали годишно около 400 км² площи [7].

Основен самостоятелен търсещ литохимичен метод в България е този по вторични механични остатъчни ореоли на разсейване, които в ландшафтно-геохимичните условия на страната в повечето случаи корелативно съответстват по състав, строеж и продуктивност на пораждащите ги първични геохимични ореоли и рудни тела. Началото на прилагането му, дало начало и на геохимичните методи за търсене на руди у нас, е през 1954 г. с детайлното металометрично опробване в комплекс с геоелектрични измервания на 35 км² площ в Панагюрския руден район от геофизиците И. Белчев и К. Краевски [5], което е продължено през 1955 г. върху орудения Медетски плутон (Белчев, 1958ф). През 1956 г. е проведена металометрия на 20 км² от площта на находище Бърдцето от Бургаско-Странджанския руден район (Теодосиев, 1956ф). През 1957 г. започва металометричното опробване на Врачанско-Искърския руден район (Попова, 1965ф) с първи работи на месторождението Соколец-Остра могила (Бояджиев, А, 1960ф), което е продължило и през следващите години, включително и с опитно-методични изследвания на участъците „Сокола“ и „Добралин“ през 1963-1964 г. (Попова, 1965ф). През 1957 г. е извършена регионална металометрична снимка в М 1:25 000 и 1:10 000 на част от Етрополския руден район (Димитров, Д. и др., 1960ф), изявените аномалии от която са детайлизирани и проверени (Динчев, 1963, сл. бюл., бр. 2).

Повратен момент на металометричното картиране в страната е в края на началния и началото на средния период от развитието на геохимичните методи за търсене на руди у нас с преминаването от преимущественото му използване за оценка на сравнително неголеми конкретни площи с признаци на орудявания към геохимичното опробване в М 1:25 000 до 1:100 000 на големи площи, геохимичното охарактеризиране на значително по-слабо проучени рудни райони и насочването на детайлните търсещи работи [5]. Още от 1960 г. регионалните металометрични картировки започват да предшества търсенето, провеждат се от специализирани картировъчни отряди, всеки от които за полевия сезон обикновено е опробвал в М 1:25 000 (1:50 000) по 300-400 км² от изучаваната територия, с което се е



уточнявала перспективността ѝ. Опробванията са били предимно в Етрополско, Ботевградско, Средногорието, Родопите и Осогово.

Най-голямата детайлна металометрия у нас е проведената в Панагюрския руден район през 1963-1968 г. снимка в М 1:5 000 на площ 265 км² с взети 65 000 проби, резултатите от която са в основата на откриването на медно-порфирното находище Асарел (Андреев, 1964ф, 1965ф). В рамките на тази металометрия са и началните работи по златометрия през 1966-1967 г. на участъците „Петелово“ и „Красен“ от Панагюрския руден район, през 1966 г. е извършено металометрично опробване на златорудното находище „Свищи плаз“ (Пелов, 1965ф). Единствената металометрия за търсене на фосфорни минерализации (фосфатометрия) е проведена в Западна България – в района на селата Долно Уйно и Чешлянци, Кюстендилско, (Първанов, 1968ф). През 1963-1964 г. в Тетевенска Стара планина е извършена металометрична снимка в М 1:25 000 на обща площ 660 км² (Миланов и др., 1964ф, 1965ф). Съвместно с геоложката картировка на почти цялата Сърнена гора през 1964-1966 г. е проведена и металометрия в М 1:25 000 (Мазников и др., 1964ф, 1965ф, 1965ф). През 1960-1966 г. е извършено металометрично опробване на Лъкинското рудно поле в Централнородопския руден район на площ от 400 км² (Андонов и др., 1964ф). Металометричното опробване на Осоговската планина започва с проведената през 1960-1961 г. на 240 км² площ литохимична снимка в М 1:25 000 с изявиени три значителни аномалии – Руен, Лебница и Мали Руен (Боянов, 1962ф), впоследствие детайлизирани в М 1:5 000 (Илиев и др., 1962 ф, Спасов, 1962ф). От 1975 г. се използва и дълбочинна литохимична снимка по погребани ореоли чрез сондиране.

Другият самостоятелно провеждан у нас метод за търсене на руди е този по първичен геохимичен ореол (често погрешно наричан „на разсейване“). Първоначално опробването на коренните скали се е извършвало предимно в повърхностен вариант, впоследствие основно в дълбочинен – по сондажните и минните изработки. Първото опробване по първичен ореол е през 1957 г. на рудопроявление Чуйпетлово (Димитров, Д. и др., 1960ф), последвано е от аналогични работи на антимоновото метасоматично рудопроявление Рибново край с. Осиково, Гоцеделчевско (Вацев, 1960ф), на рудопроявление Люляково, Бургаско за търсене на злато (Янев, 1966ф), в района на серпентиновия масив при с. Ключ, Благоевградско за търсене на никел и хром (Зидаров и др., 1966ф). Значителен е обемът на опробваните по метода на пунктирната бразда първични геохимични ореоли в Панагюрския руден район, Челопеч, Плакалница, Шипченъво, Спахиево, Говежда, Маданското рудно поле и др. [5]. Геохимичното картиране на първичните ореоли бележи сериозен ръст през съвременния етап от развитието на геохимичните методи в страната.

Потоците на разсейване не са били използвани като самостоятелен литохимичен метод у нас, работите по тях обикновено са извършвани в незначителен обем (до 4-6 000 проби годишно) в мащаби 1:200 000 – по мрежа (2000x500-250) м., 1:100 000 – по мрежа (1000x500-250) м., 1:50 000 – по мрежа (500x250-100) м., и 1:25 000 – по мрежа (250x100-50) м., като са съпровождали геоложкото картиране, или са провеждани паралелно с шлихово опробване. На значителна част от територията на Източно Средногорие, Източни и Западни Родопи, Огражденската и Малашевската планина е направена литохимична снимка по потоци на разсейване в М: 1:25 000. Установени са [10] контрастни и доста дълги (до няколко км) потоци на разсейване на Pb, Zn, Cu, Ag, Bi, Ni, Co, Mo, W и др., които се обвързват с площите на известни рудни находища и проявления или на новооткрити вторични и първични геохимични ореоли. Първото опробване на дънни утайки е било по р. Въча през 1956 г. в района на с. Капитан Димитриево при геоложкото картиране на района в М 1:100 000 (Боянов, 1958ф). При геоложкото картиране в М 1:25 000 на Източните и Централните Родопи през 1957-1958 г. е извършено шлихово и по потоци на разсейване опробване, по резултатите от което през 1967 г. е съставена ленточна металометрична карта на Източните Родопи в М 1:100 000 (Димитров, Р. 1967ф). Такова комбинирано опробване е извършено и в Странджанския антиклинорий по речните потоци на Великовския плутон (Бояджиян, 1967ф), методът е приложен и във Врачанско-Искърския руден район. На базата на развитието на механичните вторични ореоли и потоци на разсейване в България е прилаган и специалният „шлихово-металометричен“ метод за търсене на цинабаритови [4] и шеелитови орудявания [5]. Шлихово-металометричното опробване е приложено за първи път на



живачното рудопроявление Градище, Самоковско (Димитров, Д., 1960ф), в значителен обем е извършено и във Велинградския район за търсене на волфрамови орудявания. Описанието и интерпретацията на аномалиите по дънни утайки са качествени, количествена интерпретация е направена само в два случая (Обретенов и др., 1991ф, Бояджиев и др., 2002ф). В цифровия вариант (Витов, 1997ф) на шлихоминераложката карта на България в М 1:25 000 е направено обобщение на многобройните шлихоминераложки опробвания, които обикновено в миналото са съпровождали геоложките и геоморфоложките картирания в страната.

Хидрохимичният метод първоначално е приложен в М 1:100 000 за площи от североизточната част на Родопите (Иванов и др., 1957ф), впоследствие хидрохимичните изследвания са извършвани най-вече при търсещото картиране в М 1:25 000 в почти всичките основни рудни райони, като са вземани по 2-3 000 проби годишно [10]. Свързаните с орудяването хидрохимични аномалии имат отчетливо изразена зоналност, контрастност и определена асоциация микрокомпоненти. През 1976 г. от Т.Тодоров е направен опит да се използват хидрохимичните ореоли на флора за търсене на флуоритови месторождения. Първите фитогеохимични изследвания у нас са проведените от И Власковски през 1964 г. биогеохимични опробвания на растения в Централна Странджа планина в района на Граматиковските и Малкотърновските медно-полиметални месторождения. Реализираните през 1972 г. опитно-методични работи в Бакаджишкото и Зидаровското рудни полета са показали, че газовата снимка по CO_2 може да се използва за проследяването на рудоносни разломи при дебелина на рахлите наслаги над 1 м. (Мазников и др., 1972ф). Такива работи са извършени и в находище Зидарово по разкриване на наложени ореоли над алохтонно покрити сулфидни рудни жили (Каргаполов, 1983ф). През 1976 г. от Фурсов и Чолаков успешно е апробиран в Бургаския руден район газоживачният метод за търсене на сулфидни месторождения.

Територията на страната е разделена по геоложки, структурни, и магмени особености на Родопска, Средногорска, Балканска и Мизийска металогенни зони [11]. В състава на първите три металогенни зони влизат известните у нас (Бояджиев и др., 2008ф) 6 рудни региона: Източни Родопи, Западен Балкан, Краище, Западни и Централни Родопи, Същинска Средна гора и Централна Стара планина, Източно Средногорие и Странджа, в които са провеждани различните по вид разномасщабни геохимични картировки. Площта на Източните Родопи е „най-геохимичната“ откъм налични литохимични картировки по потоци на разсейване, вторични ореоли на разсейване, първични геохимични ореоли. Извършени са значителен брой изследвания по потоци на разсейване в М 1:25 000 основно от Б. Яковлев, Г. Шилияфов, Е. Динков, Н. Кацков, Й. Шабатов, И. Боянов, Н. Стефанов, Л. Афанасиева, Н. Салавъов, В. Вълков и др., същите изследователи са и основните автори на разномасщабните металометрични снимки. В изучаването на литохимичното поле на разсейване заслуги имат специалистите от работилата у нас бивша руска комплексна експедиция за изучаване на геоложкия строеж на Родопите: Б. Яковлев, Н. Салавъов, Л. Афанасева и др. През 1970-1978 г. екипи на ПГП и ГК провеждат средномасщабни литохимични снимки по мрежа (в м) 250x100 (1970-1972 г.) и 500x50 (1974-1978 г.) с ориентация на профилите север-юг, като металометричните проби са вземани на дълбочина 0,1-0,3 м в зависимост от дебелината на почвено-елувиялната покривка. Най-големите по обем металометрични картировки тогава в района и прилежащите му земи са на Ил. Костов и колектив през 1974-1976 г. (непубликувани данни) и на Т. Тодев и колектив (хидрогеохимично и металометрично опробване в М 1:50 000) през 1977-1978 г. (Тодев, Чонтова, 1987ф). По-ранните металометрични снимки на Е. Динков (1966 г.) и на Г. Шилияфов (1969-1972 г.) са с ограничен набор на изследвани елементи, по-ниска чувствителност на ПЕСА и отличаваща се скала на измервания. От 1993 г. до 2003 г. картировъчни отряди на ПГП и ГК с ръководители С. Саров, В. Георгиев и Б. Йорданов извършват в Източните и Централните Родопи специализирана ауриметрия на значителни площи в М 1:50 000 (500x50) и М 1:25 000 (250x50). Мрежите на опробване са равномерни, в пограничните райони опробването е маршрутно. Ориентировката на профилите е север-юг или изток-запад и е определяна от геолого-структурната обстановка на картирания район. В Източните Родопи са извършени най-много изследвания в нашата страна върху състава, строежа и ендегенната зоналност на картираните първични геохимични ореоли в различни типове находища [7,8]. Проведени са в



Звездел-Пчелоядското рудно поле (рудопроявление Пчелояд), Спахиевското рудно поле (находище Саже, рудопроявление Брястово), Лозенското рудно поле (находища Лозен и Света Марина), Попско-Белополското рудно поле (рудопроявление Попско), Маджаровското рудно поле (участък Габерово). На участък Габерово от Първанов и Морозов през 1990 г.е построен и спрегнат геохимичен модел по резултатите от първичните геохимични ореоли и вторичните ореоли на разсейване. В последните картировки на Източните Родопи (1993–2003 г.) паралелно с кондиционното геоложко картиране и златометрията е проведено и шлихоминераложко опробване в неопробваните в миналото площи, като през 250 м е опробвана речната мрежа с течащи води със средна плътност на опробване 1-2 пр./км²).

Геохимичните изследвания в района на Западния Балкан са започнали сравнително по-късно и първите от тях са в Белоградчишкия руден район на Б. Връблянски през 1961 г. и на Л. Димитров през 1959-1963 г. и на Е. Алексиев в Чипровско-Мартиновския руден район през 1961 г. През периода до 1970 г. геофизичната група „Михайловград“ с ръководител Д. Дойчев извършва наред с геофизичните изследвания и геохимично опробване по вторичен ореол. През 1976 г. М. Андреев обобщава резултатите от геохимичните опробвания в Чипровско-Мартиновската рудна зона (1977ф). На участък „Найденица“ от Чипровско-Мартиновския руден район за пръв път у нас е направен опит за съвременна количествена интерпретация на литохимични потоци на разсейване, който е показал перспективната металоносност на водосборните басейни на р. Найденица и Немова река на Au, Pb, Zn и Ag (Обретенков и др., 1991ф). През 1970 г. е създаден геохимичен отряд „Западен Балкан“ със задача хидрогеохимично и литохимично картиране в М 1:25 000 с последваща детализация на установените аномалии. През периода 1970-1974 г. отрядът извършва най-голямата в страната металометрична снимка в М 1:25 000 (250x100) на площ 1363 км² (55080 проби) и хидрохимично опробване в същия мащаб (1677 проби) на площ 1330 км² (Стоянов, 1978ф), установявайки 115 перспективни аномалии и 23 нови геохимични полета, на които в продължение на около 15 години се извършват търсеци и детайлно оценъчни работи в М 1:5 000 и М 1:10 000 (Ценков и др., 1981ф, Ценков и др., 1981ф). В резултат от проведените разномасщабни литохимични снимки по ПГО и ВОР е съставена геохимична карта на Западния Балкан в М 1:100 000, в която от ЮИ към СЗ са отделени 15 аномални геохимични полета. В Западния Балкан има значителни шлифови ореоли на злато особено в горните течения и притоците на реките Дългоделска Огоста, Бързия, Ботуня, Габровница, Рашковска Габровница, Ботулийска река, Рединска река, Искрецка река, Чурешка река, Бебриш, Малък Искър и др., които са били обект на изучаване. Металометрично (предимно маршрутно през 100 м.) в М 1:50 000, хидрохимично и шлихово са опробвани картираните площи от Е.Динков (600 км²) през 1975-76 г. (Динков и др., 1982ф) и В. Ангелов (58700 металометрични проби) през 1979-1981 г. (Ангелов и др., 1983ф), докато през 1982 г. от В. Ангелов е извършено само шлихово опробване в обем 1518 проби за търсене на коренно и на разсипно злато на площ 600 км² (Ангелов и др., 1989ф). Извършваните през различни години и на различни участъци детайлни работи са включвали винаги и геохимични изследвания, изборно по ПГО, и основно–металометрично опробване в М 1:10 000 и 1:5 000. Зл. Василев провежда значителен брой търсеци геологопроучвателни работи, съпроводени с металометрични картировки, основно в Етрополския руден район през периода 1979-1981 г. (1986ф), в Ботевградския и Етрополския рудни райони през периода 1985-1990 г. (1994ф), във Ватийското рудно поле за търсене на медни и полиметални руди през периода 1987-1991 г. (1994ф), а с колеги–през 1992-1994 г. за търсене и оценка на коренно злато в Раковишката хидротермално променена зона (1995ф). Провежданите през 1993-1997 г. в площи от региона работи по геоложкото–в М 1:25 000 и геоморфоложкото–в М 1:50 000 им картиране и търсене на полезни изкопаеми в тях са ръководени и отчетени от О. Дамянов (1998-2000 г.) и от Г. Петров (2001-2003 г.). Извършено е литохимично картиране по вторични ореоли на разсейване със златометрия, основно по мрежа 500x50 м с посока на профилите 45°, установените златни аномалии са проверявани чрез опробване по първичен геохимичен ореол. Общо през периода 1997-2002 г. са взети и анализирани на ХСА за Au 40 894 проби по ВОР и 1 740 проби по ПГО, а за Au и на ПЕСА за 13 елемента–85 проби по потоци на разсейване. Във всичките отчетни материали металометричните картировки са определени за извършени в М 1:25 000, макар че мрежата на опробване е 500x50 м, т.е. картировките са в М 1:50 000. През 1992 г. О.



Дамянов (Дамянов, Радев, 1999ф) извършва в мащаб 1:50 000 екогеохимични изследвания (почви, води, дънни утайки) в ареала на р. Огоста, р. Чипровска Огоста и р. Дългоделска Огоста до вливането им в язовир Михайловград, които са едни от първите в страната в райони с интензивна геолого-проучвателна, рудодобивна и рудопереработвателна дейност за изучаване на техногенно замърсяване. Последната държавно финансирана металометрична картировка на територията на страната е проведена тук под ръководството на И. Божков през 2005 г. (Божков и др., 2006ф) в М 1:50 000 по мрежа 500x100 м (в отделни участъци 1000x100 м) за оценка на рудоносния потенциал на 475 км² площ с обем 17775 бр. проби, анализирани на ПЕСА за 22 елемента: Ba, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Ni, Co, Mo, Sn, W, Y, Ti, Cr, V, Yb, Be, La, Ge и на ХСА за Au. Картираните първични ореоли на участъците Камъка, Перчинките, Синята вода и Лукината падина от Чипровско-Мартиновската рудна зона в Западния Балкан са изследвани комплексно за изясняване строежа и състава им и разкриване на осовата им геохимична зоналност, което е позволило построяването на обобщен геохимичен модел на зоната и създаването на процедура за количествена интерпретация на перспективни литохимични ореоли (участък Мартина чука) в метриката на еталонни такива (вторичните ореоли на сребърно-полиметалното находище Чипровци (Абрамсон и др., 1989ф). Първичните геохимични ореоли на типоморфните елементи в зоната са разгледани в спрегнат вариант на геохимични полета със съответните им разномасщабни модели на картираните вторични ореоли и потоци на разсейване (Бояджиев и др., 2001ф), а вертикалната зоналност на елементите в първичните ореоли на участъците Лукина падина и Камъка е изследвана съвместно и са намерени общите им зонален ред и показатели на зоналност (Обретенков и др., 1991ф).

По-системните геохимични изследвания в Краищидната тектонска структура започват да се провеждат от началото на 60-те години и завършват с ръководеното от Е. Горанов (1998-2002 г.) прекартиране за геоложкото доизучаване на Краището. Площните геохимични снимки в Краището са извършвани последователно в М 1:25 000 (1964 г.), в М 1:10 000 (1968 г.) и в М 1:5 000 (1964-1971 г.). В Трънското Краище и Западното Средногорие средномасщабните литохимични изследвания (ВОР в М 1:25 000, придружени от потоци на разсейване в началните години) са свързани с имената на К. Сапунджиев (1968ф), Е. Динков (1972ф), И. Стоянов (1975ф, 1977ф), И. Ковачки (1995ф). Дънните утайки са опробвани по реки и потоци обикновено през 250м, опробването по ВОР се е извършвало по различни мрежи (250x250 (?), 250x100, 250x50), а наборът елементи е бил различен в различните години и с течение на времето се е разширявал. До 1968-1970 г. пробите са анализирани само за Pb, Zn и Cu, след това – с полуколичествен спектрален анализ (ПЕСА), най-често за 13 елемента, впоследствие за 22, особено при детайлните металометрични снимки. Детайлните литохимични изследвания са извършени основно от К. Сапунджиев (1968ф), Б. Първанов (1970ф, 1980ф), А. Величкова (1975ф, 1977ф), К. Зиновиев и В. Белогушев (1984ф), А. Милушева (1986ф), П. Пенчев (1978ф), Н. Соколов (1988ф) по различни и най-често не съответстващи на мащаба на изследване мрежи на опробване. В ранните детайлни изследвания липсва ауриметрия (Сапунджиев 1968ф), но в по-късните тя е единствената информация за ореолите на злато и сребро около проучваните рудопроявления и находища, поради което са изготвени допълнително карти-врезки за тях към наличната информация в отделните райони. Силно "атакувано" откъм детайлни литохимични картировки е рудопроявление „Гърбино“. През 1984 г. от О. Витов в М 1:10 000 (100x50 м) на площ 25 км² е направена литохимична снимка на част от Каменишкото понижение и югозападните склонове на Лисец планина (участък „Ръсово“), чиито резултати са обработени с привличането на съвременни математични методи (Вардев и др., 1987, непубл. данни). Последните детайлни работи са в района на Руй планина (Соколов, 1988ф), както и в обсега на Люцканския плутон и рамката му (Пенчев, 1978ф). В Огражденския блок изследователи на литохимичното поле по потоците на разсейване и по вторичните ореоли на разсейване на ограничен набор от елементи през 70-те г. са били Н. Зидаров и И. Загорчев. В Осоговския руден район са извършени значителен брой търсещи детайлни литохимични снимки по ВОР и по ПГО, както и немалко работи по потоци на разсейване, предимно от Б. Боянов и И. Загорчев, Т. Костадинов, К. Илиев, Т. Тодев, Ж. Стойчев, О. Витов и най-вече от К. Зиновиев, направил и модел на развитите тук ендеогенни ПГО. Съществен принос в изучаването на разпределението на елементите



в развитите в района на изследване литохимични потоци на разсейване и вторични ореоли на разсейване имат и Й. Шабатов, В. Вълков, И. Славов, С. Христов и други. Резултатите от металометричните снимки в района са обобщени в карта на геохимичната му изученост в М 1:50 000, а известните аномалии на Pb, Zn и Cu – в сборна металометрична карта в М 1:25 000 (Витов, Ямаков, 1996ф). Т. Казълова-Станкова (1994ф) опробва в М 1: 200 000 коренните скали в Краището и Западна Стара планина за разпределението на златото в тях. В два последователни доклада В.Щерева обобщава проведените търсещи геохимични работи за оловно-цинкови руди в Руенското рудно поле през периода 1986-1991 г. (1994ф) и тези в Осоговския руден район през периода 1981-1988 г. (1994ф). Последните систематични геохимични картировки в региона са извършени от И. Ковачки през 1999-2001 г. и от Е. Горанов през 1998-2002г. Геохимичната картировка на Е. Горанов на част от Краищидната тектонска зона е целяла и специализирана златометрия в зоната. Извършена е в М 1:50 000 (500x50 м) и в М 1:25 000 (250x100 м). Пробите са анализирани на ПЕСА за 13 елемента: Ag, Pb, Zn, Cu, As, Ba, Bi, Sb, Sn, Mo, Co, Ni, W и на химико-спектрален анализ на Au с чувствителност на метода 0,003 ppm. В повечето случаи съдържанията на около 75% от анализираните проби на Au са по-ниски от чувствителността на ХСА, а на As, Bi, Sb и W за по-голяма част от пробите – и по-ниски от чувствителността на ПЕСА. Профилите са с посока север-юг, пробите са вземани обикновено на дълбочина 15-30 см. Построените моноелементни карти са чрез специализирания продукт SURFER. От 1970 г. в Осоговския руден район се провежда целенасочено изучаване на първичните геохимични ореоли в дълбочина чрез опробването им по метода на пунктирната бразда и анализирани на пробите с полуколичествен емисионен спектрален анализ на Pb, Zn, Cu, Ag, As, Ba, Bi, Sn, Mo, Co, Ni, W, Sr, Ge, V Cd. Най-пълно са изучени първичните ореоли в оловно-цинковите находища Руен, Мали Руен и Белите сипеи от Руенското рудно поле, по резултатите от които е изследвана осовата им ендегенна зоналност, създаден е еталонен геохимичен модел на осоговските оловно-цинкови орудявания, изведен е техният общ зонален ред и е предложена методика за прогнозната им оценка (Зиновиев, 1978ф). В тези изследвания са допуснати някои методични грешки. В последно време от Ст. Бояджиев е изследвана вертикалната зоналност на ПГО съвместно в находищата Руен и Мали Руен, в резултат на което е увеличен вертикалният диапазон на еталонното орудяване в тях. Предложена е и конкретна стойност на коефициента на подобие между зоналните им колонки, която дава възможност да се решават широк кръг геохимични задачи за Руен в метриката на еталонното находище Мали Руен и обратно. Същият интерпретира количествено и развитите в притоците на р. Лебница, Осоговски руден район, потоци на разсейване от 1-3 род (Бояджиев и др., 2002ф).

На картираната територия на Източно Средногорие и Странджа има значителна по обем информация по вторични ореоли на разсейване от проведените през продължителен период средномащабни (М 1:50 000, М 1:25 000) и едромасщабни (М 1:10 000, 1:5 000, 1:2 000) литохимични снимки, данните за потоците на разсейване са ограничени. Металометричните картировки обикновено са в състава на провежданите в по-едър мащаб геолого-геофизични и търсещо-проучвателни работи основно в Зидаровското (Аврамова и др., 1977ф, Драгоева, 1992ф, Марков, Хардалов, 1994ф, Марковски, Хардалов, 1994ф, Океанова, 1995ф), Граматиковското (Гуджуков и др., 1974ф, Океанова и др., 1984ф, Лазаров и др., 1990ф, Вълчев и др. 1991ф), Върлибрияжкото (Захариев и др. 1975ф, Драгова, 1992ф), Харманското (Асланов и др., 1973ф, Вълчев и др., 1992ф), Малкотърновското (Вълчинов, Малковски, 1974ф), Росенското (Марковски, 1985ф) и Игличенското (Сивилов и др., 1987ф) рудни полета, техните рудопроявления и перспективни площи, както и на отделни, извън обсега на рудните полета, рудопроявления (Петрова и др., 1985ф, Попова и др., 1985ф) или площи (Пенчев, 1980ф, Праматаров и др., 1994ф). По-обемните металометрии са в състава на извършените регионални геоложки и геоморфоложки картирания с търсене на полезни изкопаеми в М 1:25 000 (Симеонова и др., 1974ф, 1978ф, 1978ф, 1979ф) и в М 1:50 000 (Симеонова и др., 1980ф). Проведени са и самостоятелни металометрични снимки в М 1:5 000 през 1962 г. на района между г. Созопол и с. Равадиново (Андреев, 1966ф), в М 1:10 000 на Росенския плутон, Бургаски руден район (Костов, 1989ф), в М 1:25 000 на Странджа планина през 1998 г. (Захариев, Бараков, 1999ф). В региона са проведени и значителен обем съвместни методични изследвания от руски и български специалисти от



бившата Централна геохимична група на ПГП и ГК под ръководството на С. В. Григорян и А. И. Панайотов върху спрегнатото изучаване на първичните геохимични и вторичните литохимични ореоли на разсейване, опитно-методични работи върху прилагането на атмосферичните методи и на търсенето на погребани сулфидни находища по наложените им ореоли на разсейване в нашата страна. В участък „Юрта“ на Зидаровското рудно поле за пръв път в геохимичната ни практика е построена ландшафтно-геохимична карта по условията за провеждане на търсещи геохимични работи по методиката на И. А. Морозова. Тук са и едни от най-сериозните изследвания на особеностите в строежа и зоналното разпределение на елементите в дълбочина на първичните геохимични ореоли в рудопроявление Бакаджик (Кербелова и др., 1979ф), находищата Граматиково (Кербелова и др., 1980ф) и Зидарово (Виноградова, Сорокина, 1976ф).

Оскъдни сведения за металометричните опробвания на Западните и Централните Родопи се съдържат в първоначалните регионални геоложки картировки в М 1:100 000 на Ст.Бояджиев и др. (1957ф, 1959ф). По същото време под негово ръководство се провеждат геоложки картировки в М 1:100 000 на част от Верила, Плана, Ихтиманска и Същинска Средна гора (1959ф), а в М 1:25 000—на Панагюрския руден район (1959ф). Подобни геоложки картирания в Западните и Централните Родопи в М 1:25 000 са извършени от Д.Кожухаров и др. (1958ф, 1959ф, 1960ф, 1965ф). Най-често геохимичните картировки са съпровождали извършваните геоложки картировки в М 1:25 000 (1:50 000) с търсене на полезни изкопаеми. Едни от първите такива в М 1:25 000 са тези на Н. Кацков и др. (1962ф, 1965ф), през 1964 г. и 1965 г. в същия мащаб са извършени две картировки и в Източните Родопи (1969ф, 1969ф). Продължителни геоложки картировки в М 1:25 000 (1: 50 000) с търсене на полезни изкопаеми в Западните Родопи и Рила са дело на В. Вълков и колектив (1972ф, 1974ф, 1977ф, 1978ф, 1981ф). През 1968 г. и 1969 г. Ив. Славов и др. картират с търсене на полезни изкопаеми в М 1: 25 000 последователно части от Западните Родопи с Доспатската (1972ф) и с Гоцеделчевската (1972ф) котловини. Други геохимични картировки в по-едър мащаб са в състава на комплексни геолого-геофизични предварителни търсещи или търсещо-оценъчни работи—през 1981 г. в района на с. Славейно, Смолянско (Добрева, Методив, 1983ф), през 1986-87 г. в М 1:10 000 за редкометални минерализации в района между селищата Бабяк, Кръстава и Елешница, Разложко (Климов и др., 1991ф). През 1991 г. аналогични работи в М 1:10 000 за редкометални и полиметални орудявания са проведени от Климов и др. (1996ф) и в Краище—в част от Среден и Северен Пирин в района на селищата Брезница, Корница и Лъжница, Гоцеделчевско. Значителен брой геохимични картировки, наред и с детайлни (в М 1:5 000) такива в състава на комплексни работи, включително и в Източните Родопи, са проведени самостоятелно и в съавторство от Г. Срънчалиев (1981ф, 1983ф, 1986ф, 1992ф, 1993ф, 1996ф). Самостоятелните геохимични картировки в района са дело на Н. Мирчев и В. Вълков (1999ф)—регионална златометрия в М 1:25 000 на 100 км² през 1998 г. в северния фланг на Грънчаришкото и Бабяшкото рудни полета и на С. Милева (1971ф)—металометрично картиране през 1968 г. в района на с. Старцево и Чепинци, Смолянско. Д. Добрева (1967ф) провежда през 1965-66 г. хидрохимично картиране в М 1:25 000 за търсене на флуорит в района на с. Михалково, Смолянско. През 1992 г. Ив. Калинова и др. (1963ф) ревизират и оценяват за злато шлиховите аномалии в района на г.Чепеларе и с.с. Момчиловци и Аврен. В региона геохимично опробвани са първичните литохимични ореоли в Маданското (находище Мангоско) и в Грънчаришкото (находище Грънчарица) рудни полета. Изследванията върху строежа им и зоналното разпределение на елементите в тях са дело на Абрамсон и Федотова за находище Мангоско (1976ф), а за находище Грънчарица—на Абрамсон и Федотова (1976ф) и на Кербелова и др. (1979ф). С изведените в находище Мангоско геохимични показатели на зоналност и на интензивност са направени многобройни оценки на геохимични аномалии в находища и рудопроявления на Маданското рудно поле—Голям Палас, Рибница, Димов дол, Изворите, Страшимир, Петровица, Южна Петровица, Могилата, Осиково, Караалиев дол-север, Караалиев дол, Шаханица и други, със средна потвърждаемост при проверката им над 80% [7].

На територията на Същинска Средна гора и Централна Стара планина металометричните картировки са извършени от картировъчни подразделения и групи на ПГП и ГК и от колективи на бившето предприятие за геоложки проучвания-София. Данните за потоците на разсейване са



ограничени. Най-пълни и всеобхватни са изследванията върху металометричните картировки в Панагюрския руден район. За времето си тук през 1963-1965 г. (Андреев, 1968ф) е проведена в М 1:5 000 най-голямата металометрична картировка дотогава, с която, според изпълнителите ѝ, за пръв път се покрива с детайлна металометрична снимка цял руден район и по резултатите от която е открито находище Асарел. По мащаба на опробването си обаче тази снимка не е била детайлна, тъй като от 10-те опробвани участъка само два от тях са опробвани в М 1:5 000 (50х25), другите са опробвани в М 1:10 000 и 1:25 000. През 1962 г. под ръководството на Ив. Загорчев в М 1:25 000 са осъществени геоложка картировка в западните части (Загорчев и др., 1963ф, 1965ф), а през 1963 г. – и в източната част (Загорчев и др., 1965ф) на Същинска Стара планина и част от Карловското поле, в които са присъствали и геохимични опробвания. Е. Динков и др. (1980ф, 1982ф) провеждат през 1975-1978 г. геолошко картиране в М 1:25 000, геоморфолошко картиране в М 1:50 000 и търсене на полезни изкопаеми с геохимично опробване в Западна и Мургашка Стара планина. В периода 1962-1966 г. З. Мазников ръководи геоложкото картиране и търсенето на полезни изкопаеми с геохимично опробване в М 1:25 000 на територията на Същинска и Сърнена Средна гора (Мазников и др., 1968ф). От Миланов и др. (1968ф) е проведено геолошко картиране в М 1: 25 000 с геохимично картирани площи в Златишко-Тетевенската планина през 1963 г., в Тетевенско-Троянската планина през 1964 г. и в Троянската и Калоферската планини през 1965 г. И. Рачев извършва през периода 1977-1985 г. голям обем геологопроучвателни търсещи работи с металометрично опробване в М 1:25 000 в района на Западното Средногорие–Плана планина (Рачев, 1987ф, 1992ф), а през периода 1986-1989 г. – във Врачанско-Издремецкия руден район (Рачев, 1993ф). През 1976 г. в Плана планина е осъществено и литогеохимично опробване на вторичните ореоли на разсейване в М 1:10 000, резултатите от което са обработени през 1980 г. (Първанов и др., 1980ф). През 1972 г. на част от Витоша, Плана и Лозенска планина е извършено в М 1:25 000 геолошко картиране и търсене на полезни изкопаеми с геохимично опробване (Костадинов Т. и др., 1974ф). През 1972 г. при геоложкото картиране с търсене на полезни изкопаеми в М 1:25 000 на Ихтиманска Средна гора и западните отдели на Същинска Средна гора е извършено и геохимично картиране (Хаджиев и др., 1974ф). Оглавяваните от Ив. Славов и извършени в продължителен период геоложки картировки с търсене на полезни изкопаеми в М 1:25 000 на части от Калоферската Стара планина през 1966 г. (Славов и др., 1968ф) и от Лозенската планина през 1971 г. (Славов и др., 1974ф), както и комплексни проучвания в М 1:10 000 и 1:5 000 в различни площи на Панагюрския руден район през периода 1974-1979 г. (Славов и др., 1979ф, 1980ф, 1981ф) винаги са били придружавани от геохимични картировки в същите мащаби. По аналогичен начин са провеждани и ръководените от И. Стоянов геоложки картирания в М 1:25 000 на източните части на Западна Стара планина и Западния Предбалкан през 1972 г. (Стоянов, И. и др., 1974ф), на част от Голо Бърдо, Витоша, Люлин и Вискяр планини през 1973 г. (Стоянов, И. и др., 1977ф), на части от Западното Средногорие и Любашката верига през 1974 г. (Стоянов, И. и др., 1977ф) и комплексните геолого-геофизични и геохимични изследвания в М 1:10 000 (1:5 000) в Западния Балкан – в участъците Мартина чука, Старата река и Мартина чука-запад през 1990-1992 г. (Стоянов, И. и др., 1994ф); на част от Чипровско-Мартиновската рудна зона – участък „Найденица“ през 1990 г. (Стоянов, И. и др., 1994ф); в района на г. Берковица и селата Равна, Меляне, Еловица, Лесковец и Черешовица, Михайловградско през 1984-1986г. за търсене и оценка на стратиформени и други орудявания. Комплексни геолого-геофизични-геохимични изследвания в М 1:10 000 (1:5 000) в Западния Балкан са провеждани и под ръководството на С. Стоянов – на участък „Лесков дол“, Берковски руден район през 1982-1986 г. (Стоянов, С. и др., 1989ф), на участък „Стокина чука“ през 1986-1988 г. (Стоянов, С. и др., 1994ф), в Белоградчишкия руден район на участък „Средогрив“ през 1989 г. (Стоянов, С., 1994ф), на Цв. Цветков – в Берковска Стара планина през 1979-1982 г. (Цветков и др., 1985ф), на участъците Раяновци и Тумбарите в Белоградчишкия руден район през 1983 г. (Цветков и др., 1986ф) и на Г.Ценков в М 1:10 000 в Говежденския руден район през 1975-1979 г. (Ценков и др., 1981ф). През 1970-1972 г. е проведено металометрично опробване в М 1:10 000 в Челопешкото рудно поле (Секерджиева, 1974ф) след като на неговия участък „Воздол“ през 1969 г. са извършени геохимични изследвания (Чобанова, Секерджиева, 1972ф). През 1984 г. и 1986-1987 г. на различни участъци от Панагюрския руден район са



изпълнени в М 1:10 000 комплексни геолого-геофизични и геохимични проучвания (Кацаров и др., 1994ф, 1994ф). Извършените от В. Фръгова през 1987-1990 г. търсещи геологопроучвателни работи в Асарел-Медетското рудно поле (Фръгова и др., 1997ф) и през 1995-1996 г. (Фръгова, Ралева, 1997ф) в периферните части на Асарел-Медетското и Елшишкото рудни полета от Панагюрския руден район са съпроводжани от металометрично опробване. Самостоятелни металометрични картировки в Панагюрския руден район в по-ново време са проведените от Ст. Цацов картировки – северозападно от Панагюрище в района на връх Братия–с. Чавдар през 1974 г. в М 1:5 000; в района южно и западно от Асарелското рудно поле през 1977-1978 г. в М 1:5 000; в площта югоизточно от находище „Медет“ през 1982-1983 г. в М: 1 10 000 и от В. Фръгова през 1997 г. в участък „Лисец“. В Панагюрския руден район са най-мощните изследвания на особеностите в строежа и зоналността на първичните геохимични ореоли в дълбочина и на повърхността. В площта му са разположени Медетското, Асарелското, Красен-Петеловското, Радкинското, Елшишко-Челопешкото рудни полета, Най-добре в дълбочина са изучени първичните геохимични ореоли в находищата Асарел, Радка, Елшица, Челопеч и Воздол, не са изучени първичните геохимични ореоли в находище Красен. Закономерностите в строежа на ендегенните геохимични ореоли на елементите в находище Асарел са изследвани от Виноградова (1976ф). Най-пълно първичните геохимични ореоли в Радка са изследвани от Кербелова и др. (1978ф). Първичните геохимични ореоли на находище Челопеч са били обект на продължително изучаване от различни изследователи, зоналното отлагане на елементите в тях е разгледано от Зиновиев и др., (1981ф). Куйкин, Бояджиев, Абрамсон и Сандомирский определят през 1981 г зоналната колонка на медно-колчеданното орудяване в находище Елшица, а Ст.Бояджиев през 1985 и 1986 г. разделно тази на златните и полиметалните орудявания в находище Воздол. Резултатите от тези изследвания са използвани за съставяне на металогенно-прогнозната карта на района и като геохимични критерии за прогнозиране на орудяванията му (Игнатовски и др., 1988ф, 1990ф).

Геохимично картираните първични ореоли у нас са използвани за регионални цели и като пряк метод за търсене и проучване. През 1973-76 г. (Панайотов и др., 1980ф), и 1983-85г. (Панайотов и др., 1990ф) в М 1:200 000-1:50 000 е извършено на около 50 000 км² геохимично картиране на коренните скали на геоложките формации (без тези на неогена и кватернера) от Южна България чрез равномерно им площно опробване по метода на пощенския плик от площ 1 м² при средна плътност 1 проба на 4 км². През 1994 г. допълнително в М 1:25 000 са опробвани за разпределението на Au в тях коренните скали на Западна Стара планина и Краището (Казълова-Станкова, 1994ф). В геохимичната история на тези земи са отделени 4 геохимични епохи (докамбрийска, каледоно-херцинска, ранноалпийска и късноалпийска), а територията им, според геохимичния си облик, е районирана на 23 геохимични структури (блокове и зони), за всяка от които са изказани съображения за „потенциалната“ им металоносност и са дадени конкретни препоръки за бъдещи търсещи и проучвателни работи. В зависимост от асоциацията на рудните елементи, съдържащи се в повишени концентрации в скалите им, е определена тяхната геохимична специализация (халкофилна, сидерофилна, литофилна и смесена) и е осъвременена [2]. Изучената вертикална геохимична зоналност на първичните геохимични ореоли (изведени са общо 32 зонални реда) практически обхваща всички възможни за такова изследване наши хидротермални рудни обекти и е в следните от тях (Бояджиев и др., 2008ф): регион Същинска Средна гора и Централна Стара планина: находищата Асарел, Елшица, Радка, Челопеч и Воздол от Панагюрско-Етрополския руден район; регион Източно Средногорие и Странджа: рудопроявление Бакаджик (Бургаски руден район), находище Зидарово (Бургаски руден район), Граматиковско рудно поле (Граматиковско-Малкотърновски руден район); регион Краище: находищата Руен и Мали Руен-Белите сипеи (Руенско рудно поле); регион Западен Балкан: участъците Перчинките, Синя вода, Лукина падина, Камъка от Чипровско-Мартиновската рудна зона; регион Източни Родопи: рудопроявление Пчелояд (Звездел-Пчелоядско рудно поле), находище Саже и участък Брястово (Спахиевско рудно поле), находище Лозен (Лозенско рудно поле), находище Света Марина (перспективна площ Света Марина, Източнородопски руден район); регион Западни и Централни Родопи: находище Мангоско (Маданско рудно поле), находище Грънчарица (Грънчаришко рудно поле). Съставените дребномащабни геохимични карти и картата на геохимичната специализация и



диференциация на скалните комплекси са използвани за геохимична основа на металоогенно-прогнозната карта на България в М 1:200 000 (Нафтали и др., 1992ф) и като регионални критерии в 27-те разномасштабни металоогенно-прогнозни карти за региони от страната. Като локални критерии в тях са използвани особеностите в състава, строежа и зоналното разпределение на елементите-индикатори в първичните геохимични ореоли и в пространствено спрегнатите с тях вторични ореоли на разсейване, указващи „реалната“ рудоносност на литохимичните аномалии.

У нас по същество истинско еколого-геохимично картиране, както и организирани еколого-геохимични изследвания (методологията им произтича от тази на търсещата геохимия), досега не са провеждани. Аномалното геохимично поле на елементите винаги е разглеждано като рудогенно, а в редките случаи напоследък (Горнотракийската низина и Западния Балкан) априорно се е предполагало, че са налице антропогенни замърсявания. Определяни са фоновите съдържания на елементите замърсители (Pb, Zn, Ni, Hg, Co, Cr, Mn, Cu, As, Cd) в различни видове почви (Атанасов и др., 2002ф), откъслечни сведения има и за някои радиоактивни елементи в Централните Родопи (Анцурев и др., 1983ф). По-системни и целенасочени изследвания на институционално ниво са правени от колективи на Почвения институт, на бившия НИИ „Геология и геофизика“ АД–за Горнотракийската низина и Западния Балкан, на бившето стопанско обединение „Редки метали“–за замърсявания от U, на ГИ на БАН в международен проект–за замърсяване на водите в долината на р. Марица и за влиянието на pH на средата върху миграционните форми на тежките метали: Co, Pb, Cu, Ni, Zn, Fe, Mn, Cd. През 2009 г. страната ни участва в проекта GEMAS за определяне на общоевропейския геохимичен фон в земеделските земи и пасища. Напоследък за „потенциално рудоносната“ част от територията на страната е построена еколого-геохимична карта в М 1:500 000 и е оценена екологичната обстановка в две от компонентите на природната ѝ среда–почви и дънни утайки [1]. В резултат на проведената екологична оценка на част от принадлежащата на шестте рудни региони територия на страната тя е диференцирана по степен на екологичната опасност, установени са зоните с неудовлетворително еколого-геохимично състояние в почвите и в дънните утайки, техният състав и структура, съставен е кадастърът им.

В производствената дейност на държавното стопанско обединение „Редки метали“ до прекратяване на уранодобива у нас през 1992 г. са извършени голям обем геохимични, предимно детайлни опробвания по първичен геохимичен ореол на повърхността и по вторични литохимични ореоли на разсейване. През 1988 г. за първи път в страната на техен обект (рудопроявление „Черешките“ в Централни Родопи) са проведени газоживачни и радонови снимки за дълбочинна оценка на рудоносни и минерализирани разломи. През 1998 г. И. Бедринов и Г. Скендеров изготвят моноелементни геохимични карти по съществуващите данни на извършената в М 1:2 000 геохимична картировка в ареала на Буховското рудно поле.

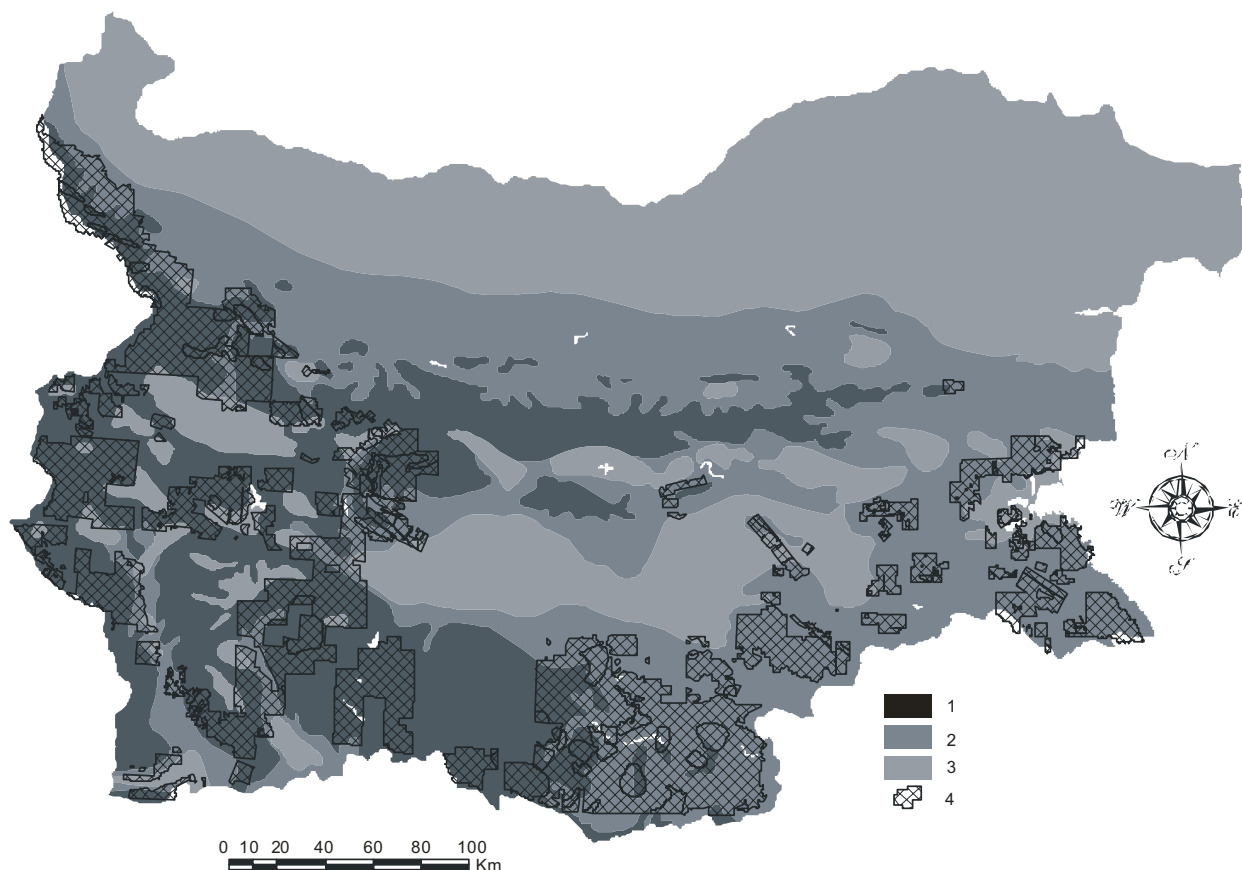
За да се добие обща представа за рудоносността (златоносността) на територията на страната с оглед търсене на благородни метали от чуждестранните фирми, около 13200 км² от планинската ѝ част бе опробвана рекогносцировъчно през 1994 г. от фирма EUROGOLD (Измир) по метода BLEG (разновидност на геохимично опробвани литохимични потоци на разсейване) със средна плътност 1пр./10 км² и съвременни ИСР и химични анализи. (М. Мс. Alisjer, J. Hammond, 1998ф) в изпълнение на приета програма за такъв тип геохимично опробване в страната ни за периода септември 1995 г.–септември 1996 г. (М. Мс. Alisjer, 1998ф). В конкретно предлаганите на чуждестранните компании и фирми лицензионни площи обикновено са извършвани ревизионни геоложки картировки в М 1: 25 000 и литохимични такива (металометрична на площ „Челопеч“–Желев и др., 1999ф, на дънни речни утайки и скали–в площ „Брезник“, Западно Средногорие през 1998 г. от фирма „Наван“–Зиновиев и др., 1999).

На територията на България бе направено ландшафтно-геохимично райониране в М 1:500 000 по условията на формиране на хипергенните геохимични полета [3]. Отделени са три типа райони (фиг.1): благоприятни за формиране на хипергенни геохимични полета (заемат 25% от територията на страната), относително благоприятни (40%) и малко благоприятни (35%). Във всеки от тях условията за развитие на литохимичните ореоли и потоци на разсейване са различни. Според направеното



райониране многогодишните литохимични снимки у нас в миналото в повечето случаи са извършвани в райони с благоприятни и относително благоприятни условия за провеждане на търсещи геохимични работи. В тези райони основно са развити механични открити остатъчни ореоли на разсейване и потоци на разсейване, чиято продуктивност е пропорционална на тази на коренното орудяване.

През 2004-2008 г. (Бояджиев и др., ф) за рудната територия на страната в М 1:500 000 (1:200 000), бе построено аномалното геохимично поле по резултатите от организираните в бази данни на MS Access, подходящи за обработка с модули на ГИС, 1 703 756 металометрични проби от 204 средномащабни (М 1:50 000, 1:25 000) и част от едромасштабните (предимно в М1:10 000) металометрични картировки с площ 22 161 км² (20% от територията на страната, средна плътност на опробване 76,88 пр./км²) и на 4806 проби от дънни утайки в 6-те рудни региона. Опробваните площи съставляват (в %) следната част от изследваната територия на регионите: 65,60–в Източни Родопи, 35,78–в Западен Балкан, 34,49–в Краище, 24,21–в Западни и Централни родопи, 15,15–в Същинска Средна гора и Централна Стара планина, 22,75–в Източно Средногорие и Странджа и в тях са преобладаващият брой извършени металометрични картировки на територията на страната (фиг. 1).



Фиг. 1. Схема на райониране по условията на провеждане на литохимичните снимки и типовете хипергенни аномалии на територията на България: 1– благоприятни за провеждане на геохимични работи планински нагънати райони с преобладаващо развитие на открити вторични ореоли и потоци на разсейване с нормална интензивност; 2 –относително благоприятни райони с недълбоко погребани ореоли на разсейване и слабоинтензивни потоци на разсейване; 3 –по-малко благоприятни райони с наложени (солеви) и погребани остатъчни ореоли на разсейване; 4–площ на литохимичните снимки

Резултатите от проведените у нас разномащабни геохимични работи са отразени в голям брой депозиран фондови научно-производствени доклади–например за периода 1956-1997 г. техният брой е 565 (Бояджиев и др., 2008ф). Анализът на извършените на територията на страната геохимични



картировки (Бояджиев и др., 2008ф) показва, че основният мащаб на средномащабните металометрични картировки е 1:25 000, извършвани са по анизотропни и предимно равномерни мрежи с основна ориентация напречна на геоложките структури, в труднодостъпните райони е практикувано маршрутно опробване, а в някои перспективни, с малка площ участъци, опробването е по по-гъсти мрежи от основната с друга ориентация. Литохимичното опробване по потоци на разсейване не е извършвано като систематична геохимична снимка в съответен мащаб, а е съпровождало геоложкото картиране, при провеждането му не са спазвани методичните изисквания за начина на опробване на водотоци от различен порядък. Геохимичното картиране на първичните ореоли (мащаб, пробоотбор) на повърхността и в дълбочина е проведено методично правилно. Металометричното опробване е съгласно методичните изисквания за дълбочина на пробовземане (най-често 0,1-0,3 м от подпочвения елувиално-делувиален слой), начално тегло на взетите проби (обикновено 200-300 гр.), почвена фракция на опробване (преобладаващата е 0,3-0,4 мм., т.е. дребната пясъчливо-глинеста), пробите от потоците са взимани най-вече от пелитната фракция на алувиалните отложения. Макар, че в повечето случаи не са съставяни ландшафтно-геохимични карти по условията за провеждане на търсеци геохимични работи, в ландшафтно-геохимичната обстановка на площите на извършването им вторичните ореоли на разсейване практически са само механични открити остатъчни (елувиално-делувиални), а типът на потоците на разсейване – механичен. Специализирани изследвания (с малки изключения) относно съответствието между хипергенното поле и коренното орудяване, изразяващи се в системно натрупване на сведения и използване на стойности на коефициентите на остатъчна продуктивност на елементите във вторичните ореоли и в потоците на разсейване в зависимост от ландшафтно-геохимичната обстановка, не са правени.

Заключение

Началото и прилагането на геохимичното картиране в България е свързано с появата, навлизането и използването на различните видове прогресивни търсеци геохимични методи у нас. Постепенно геохимичното картиране, наред с геоложкото картиране, се утвърждават като основен вид работи в извършваните търсеци и проучвателни производствени дейности на територията на страната. Картировъчните геохимични работи са изпълнявани от колективи на държавните геолого-проучвателни предприятия и на специализираните им комплексни експедиции за търсене и с течение на времето бележат ръст в обема на провеждането си в рудните региони на страната. Прилагани самостоятелно и комплексно с други геолого геофизични работи картировъчните геохимични работи в началния етап от развитието си са имали качествено-описателен характер, който впоследствие се превръща в количествено-прогностичен. Чрез тях са разкрити голям брой аномалии и са установени нови рудни тела в основните за страната рудни райони, довели до разширяване на минерално-суровинния ни потенциал, като най-осезателен е приносът им при търсенето на медно-порфирни орудявания в Панагюрския руден район. По резултатите им са изследвани съставът и строежът на първичните геохимични ореоли на ендегенните ни хидротермални находища, построен е единен ред на вертикалната им зоналност и е изучено разпространението на коренната минерализация и на аномалните литохимични полета. С придобити от провеждането им геохимични материали са съставени различни дребно-средномащабни карти за територията на страната – прогнозно-геохимичната на коренните скали, на геохимичната специализация и диференциация на геоложките комплекси, геохимичната основа на металогенната карта, радиогеохимичната, хидрогеоложката, шлихово-минераложката, на аномалното хипергенно литохимично поле.

Картировъчните геохимични работи са се финансирали от държавния бюджет – от 1945г. до 1990 г. за геологопроучвателни дейности у нас са използвани средства от порядъка на 160-180 млн. лв. [9] и се развиват възходящо особено докъм 1980 г. Последните по-мащабни геоложки картировки в М 1:50 000 (1:25 000) с държавно участие, придружени и с металометрични снимки, са инициирани във връзка с геоложкото доизучаване на страната в началото на 90-те години картировки на Източните и Централните Родопи и незавършилото поради прекратяване на финансирането прекартиране на части от Краището и Западния Балкан. Последните „държавно проведени“ металометрични снимки са в М



1:25 000 на площи от Западния Балкан през 2002 и 2006 г. и от Краището през 2002 г. С окончателното закриване през 1998 г. на ръководещия геоложките дейности в страната държавен орган (КГ/КГМР) и с влезлия в действие Закон за подземните богатства (1999 г.) и на изменението и допълнението му (2000 г.) на практика законово и институционално у нас се премина към администриране на концесионната и миннодобивната дейности и бяха прекратени всякакъв вид държавно подкрепяни геологопроучвателни дейности. Тяхното провеждане занапред е малко вероятно при сегашната реализация и бъдещата перспектива за развитие на геоложкия отрасъл в страната и е трудно осъществимо без създаването/възстановяването на национален орган за управление на полезните ни изкопаеми. Към настоящия момент единствено провеждащите геологопроучвателни и добивни работи на територията на страната чуждестранни и български компании и фирми прилагат известен обем детайлно геоложко и геохимично картиране в желанието си да се подсиgurяват с перспективни площи. В днешно време държавен интерес у нас биха представлявали национално подкрепени и финансово обезпечени геохимични изследвания за изясняване еколого-геохимичното състояние в компонентите на природната ни среда, регионално многоцелево геохимично картиране на територията на страната в М 1:200 000 (1:500 000) и участие в проекти по глобално геохимично картиране.

Литература

- [1] Бояджиев, С. Д. 2011. Еколого-геохимична карта на територията на България.–В: Проблеми на екологията в минерално-суровинния отрасъл. Варна, НТС по МДГМ, 205-212.
- [2] Бояджиев, С. Д., А. И. Панайотов. 2011. Геохимична специализация на геоложките комплекси в България.–Геол. и минер. ресурси, 6, 8-15.
- [3] Бояджиев, С. Д., С. А. Милев. 2011. Райониране територии Болгарии по условиям формирования гипергенных геохимических полей.–Разведка и охрана недр, 6, 8-12.
- [4] Димитров, Д. 1959. Геохимични изследвания при търсене на нови рудни месторождения у нас. Техника, кн. 2.
- [5] Димитров, Р., М. Андреев. 1971. Развитие на металометричното търсене в НР България.–В: Юбилеен годишник на КГ, 18, 301-318.
- [6] Димитров, Р., С. Куйкин, М. Андреев. 1973. Геохимични методи, прилагани при търсенето на скрити месторождения на цветни и благородни метали в НР България.–В: Състояние и пътища на по-нататъшно усъвършенстване на методите за търсене на скрити (слепи) рудни тела. М., СИБ, 149-163.
- [7] Панайотов, А., И. 1980. Геохимические поиски скрытых месторождений полезных ископаемых в НРБ.–В: Оценка глубокозалегающих рудных месторождений по их ореолам. М., ИМГРЭ, 3-86.
- [8] Панайотов, А., И. 1984. Некоторые особенности состава и строения первичных геохимических ореолов основных типов гидротермальных рудных месторождений НРБ.–В: Материалы XXVII МГК, М., 222-231.
- [9] Цветков, Ц. 2016. Бизнесът и устойчивото развитие на минерално-суровинния отрасъл в България.–В: Минералните ресурси и устойчивото развитие. С., НТС по МДГМ, 16-23.
- [10] Kuikin, S., S. 1981. Developments of geochemical methods for ore prospecting in Bulgaria.–Journal of Geochemical Exploration, 15, 507-520.
- [11] Metallogenic Map of Bulgaria, scale 1:1000000 (R. Dokov et al.). 1989. S., CIPP Cartography.



РЕГИОНАЛЬНОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ КАРТИРОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ВОСПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО ПОТЕНЦИАЛА НЕДР (НА ПРИМЕРЕ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО И СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНЫХ ОКРУГОВ)

Килипко В.А., Криночкин Л.А., Спиридонов И.Г., Шаройко Ю.А.
Институт минералогии геохимии и кристаллохимии редких элементов
15, Вересаева ул., Москва 121357, Россия, imgre@imgre.ru

FORMATION OF THE PROSPECTING RESERVE BASED ON THE GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL DATA TO INCREASE THE REPRODUCTION OF THE MINERAL BASE OF THE SIBERIA AND FAR EASTERN FEDERAL DISTRICTS

Kilipko V. A., Krinochkin L. A., Spiridonov I.G., Sharoiko, Yu. A.
Institute of Mineralogy, Geochemistry and Crystal Chemistry of Rare Elements, imgre@imgre.ru

ABSTRACT

In order to identify possibilities for expanding the mineral base, the prognostic geochemical map of the Russian Federation, scale 1:2,5M, was updated using data from relevant geochemical maps at a scale of 1:1M and 1:200k. This enabled identification new anomalous geochemical areas in the rank of ore region / cluster promising for the discovery of large and unique deposits of Au, Ag, Hg, W, Sn, Pb, Zn, Cu, MO, U, TR, etc. The identified highly promising anomalous geochemical areas made it possible in a relatively short time to replenish and expand the mineral base of these mineral districts.

Введение

Минеральные ресурсы Российской Федерации составляют большую часть валового национального продукта страны. Их прогнозная оценка более чем актуальная задача, в связи с истощением запасов многих видов дефицитного сырья, т.к. начиная с 1991 г. добыча абсолютного большинства видов минерального сырья в стране обеспечивается в основном созданным ранее заделом запасов. Также за счет поискового задела прошлых лет получены практически все приросты запасов, которые, однако, не полностью компенсируют их погашение при добыче.

Из-за интенсивной отработки разведанных запасов полезных ископаемых (ПИ) и снижения темпов их воспроизводства истощение МСБ обозначилось в важнейших, традиционных горнодобывающих регионах страны. Недостаточна обеспеченность активными запасами апатитовых руд на Кольском полуострове, богатых медно-никелевых руд в Норильском районе, россыпного золота в Якутии, Магаданской области, Сибири и на Урале, сурьмы в Якутии, железных руд на Урале и в Западной Сибири, бокситов на Урале и др. Резко ухудшилась обеспеченность запасами ПИ действующих предприятий. Не обеспечен собственной сырьевой базой для медеплавильных заводов Урал. Без достаточной сырьевой базы, на оперативных запасах, работают свинцово-цинковые рудники в Читинской области, Приморья и на Северном Кавказе; оловянные – в Хабаровском и Приморском краях; вольфрамовые – в Республике Бурятия и Приморском крае и т.д. [10].

Несмотря на усилия, предпринимаемые Федеральным агентством по недропользованию ситуация не выправляется. Сохраняется реальная угроза резкого сокращения добычи в период до 2035 г. таких важнейших ПИ, как: алмазы, вольфрам, золото, молибден, свинец, серебро, сурьма, цинк. К числу дефицитных ПИ относятся: бериллий, бокситы, литий, марганец, рений, титан, уран, цирконий. Особое значение для развития МСБ имеют поиски крупных месторождения потому, что они, составляя всего около 5% от общего числа месторождений полезных ископаемых в РФ, обеспечивают почти 70 % запасов и 50% добычи минерального сырья.



Надежной основой их прогнозирования являются геохимические исследования, которые уже на ранних стадиях изучения территорий позволяют локализовать площади для поисков крупных и уникальных месторождений ПИ.

Методы и материалы изучения

С целью оценки ресурсного потенциала страны результаты геохимических работ, проведенных на территории СССР и РФ, перманентно подвергаются обобщению путем составления обзорных геохимических карт для страны в целом и ее крупных регионов [4].

Так, в 2009 г в результате совместной работы ООО «Геокарт» и ФГУП «ИМГРЭ» была создана Карта аномальных геохимических площадей (АГХП) масштаба 1:2 500 000 [7]. Карта была создана камеральным путем. Из-за недостаточной геохимической изученности территории России для ее создания были использованы не только имеющиеся современные геохимические основы масштаба 1:1 000 000 (ГХО-1000), но и ретроспективная геохимическая информация, содержащаяся в геохимических картах различного содержания, масштабов и качества. Тем не менее, в результате геохимическая информация была собрана, структурирована и трансформирована в масштаб 1:2 500 000 на 85 % территории России, позволившая провести оценку ресурсного потенциала страны.

В 2017 г. карта аномальных геохимических площадей была актуализирована с использованием геохимических основ масштаба 1:1 000 000, созданных в период 2010 – 2017 г. Это позволило значительно повысить достоверность выделения и оценки АГХП на значительной части территории России и повысить информативность карты в целом.

В 2020 г. ФГБУ «ИМГРЭ» провело актуализацию карты аномальных геохимических площадей на территории Сибирского и Дальневосточного ФО с использованием геохимических основ масштаба 1:1 000 000 (ГХО-1000) и масштаба 1:20 000 (ГХО-200). Было использовано 95 ГХО-1000 и 166 ГХО-200. Не охарактеризованны современными геохимическими данными остались 15 номенклатурных листов масштаба 1:1 000 000, расположенных в основном в труднодоступных северных территориях.

Значительный объем полученных новых данных позволил на основе карты аномальных геохимических площадей территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 создать прогнозно-геохимическую карту масштаба 1:2 500 000 с целью выделения высокоперспективных объектов для подготовки рекомендаций по оперативному и среднесрочному планированию среднемасштабных геолого-съемочных, опережающих геофизических и геохимических работ. Карта состоит из 16 листов.

На прогнозно-геохимической карте м-ба 1:2 500 000 на территории Сибирского и Дальневосточного ФО выделено более 2500 АГХП в ранге рудных районов и узлов. Их перспективность оценена по комплексу геолого-геохимических критериев, в основе которых лежит формационный принцип, базирующийся на сходстве состава источника и аномального геохимического поля. Обобщенная сводка методических принципов интерпретации рудогенных аномалий представлена еще в монографии Л.Н. Овчинникова [11] и в многочисленных работах разных авторов в разное время [1,2, 3, 5, 6 и др.].

Одним из главных признаков высокой ресурсности выявляемых по геохимическим данным объектов является региональность развития аномальных полей рудообразующих элементов, позволяющая определить для исследуемых регионов перечень основных (профилирующих) полезных ископаемых с высоким ресурсным потенциалом.

Важное значение для перспективности АГХП имеет их локализация в высокоресурсных минерагенических зонах, выделенных на карте структурно-формационных комплексов территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 [9].

На прогнозно-геохимической карте масштаба 1:2 500 000 показаны АГХП трех рангов: зоны, районы и узлы. Два последних являются объектами прогнозной оценки. По степени перспективности они дифференцированы на четыре категории – высокая, средняя, неясная и низкая. На площадях с высокой перспективностью прогнозируется выявление крупных месторождений, средней перспективности – средних, низкой перспективности – малых или их отсутствие. Площади с неясной перспективностью требуют доизучения.



Прогнозно-геохимическая карта сопровождается кадастром АГХП, состоящим из 16 полистных кадастров (по числу листов карты масштаба 1:2 500 000). Они содержат характеристики АГХП: порядковый номер объекта в полистном кадастре; название объекта и его ранг; номер на карте; площадь в кв.км; геохимическая и металлогеническая специализация аномального поля; степень перспективности (высокая, средняя, неясная и низкая). Для потенциальных (новых) высокоперспективных геохимических районов и узлов приведены результаты количественной оценки минерагенического потенциала в тоннах. Они заимствовались из ГХО-200 и ГХО-1000, но могли быть скорректированы в результате переинтерпретации с учетом полученных новых данных.

С целью оценки эффективности созданной прогнозно-геохимической карты (далее геохимической) территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 проводилась ее апробация сравнением с прогнозно-минерагенической картой (далее минерагенической) и ее континентального шельфа масштаба 1:2 500 000 [12]. Корреляция карт оценивалась по трем параметрам: 1) совмещенность объектов, 2) минерагеническое соответствие и 3) степень перспективности.

Результаты апробации показали, что объекты на обеих картах могут совмещаться полностью, частично или вовсе не совмещаться. Размеры объектов на минерагенической карте, как правило, меньше размеров, связанных с ними аномальных геохимических полей и обычно они «вкладываются» в аномальные геохимические площади.

Анализ карт показал, что на геохимической карте аномальных геохимических площадей ранга района и узла, в целом, выделяется в двое больше, чем районов и узлов на минерагенической карте. При этом аномальными геохимическими полями фиксируется до 90% рудных районов и узлов локализованных на минерагенической карте, в том числе все известные рудные районы и узлы. «Неподтвержденные» на геохимической карте объекты расположены, как правило, в пределах геохимически не изученных или слабо изученных территорий.

По минерагенической специализации большинство объектов, выделенных на обеих картах имеют достаточно хорошую сходимость, около 80%. При этом, как правило, минерагеническая специализация объектов геохимической карты более комплексная. Так, минерагению Янайского геохимического узла на геохимической карте определяют Au, Ag, Mo, Sn, Pb и Zn, а соответствующего ему на минерагенической карте Альдиконского рудного узла – Au и Ag. Т.к. ведущими ПИ в обеих случаях являются Au и Ag, то это позволяет считать сходимость минерагенической специализации объектов удовлетворительной.

Совпадения результатов оценки перспективности совмещенных объектов значительно ниже и достигают 40-50%. Объектам высокой перспективности геохимической карты на минерагенической карте могут соответствовать объекты высокой, средней и более низких категорий перспективности, и наоборот.

В целом, же сравнительный анализ двух карт показал, что:

- фиксация на геохимической карте аномальными геохимическими полями известных рудных районов и узлов, отображенных на минерагенической карте свидетельствует о надежности методики выделения АГХП;
- выделение значительно большего числа АГХП на геохимической карте в сравнении с числом рудных районов и узлов на минерагенической карте указывает на возможное направление перспективного развития МСБ регионов.

Результаты и их обсуждение

В результате создания прогнозно-геохимической карты масштаба 1:2 500 000 для территории Дальневосточного и Сибирского федеральных округов составлен перечень высокоперспективных геохимических районов и узлов. Перечень составлен в форме каталога и содержит 272 объекта. Каждый объект в нем имеет следующие характеристики: название, ранг объекта; номер объекта на карте; номер номенклатурного листов масштаба 1:200 000 на которых располагается АГХП; площадь в квадратных километрах; перечень полезных ископаемых и их ресурсный потенциал в тоннах; рекомендуемый вид геохимических работ; очередность планируемых работ. Из 272 объектов перечня



117 геохимических районов (ГХР) и 155 геохимических (ГХУ) узлов. Для первых рекомендуется создание геохимических основ масштаба 1:200 000, а для вторых - проведение геохимических поисковых работ масштаба 1:50 000.

Для каждого объекта определена очередность работ. Работы первой очереди создания ГХО-200 и геохимических поисков рекомендуются, соответственно, для геохимических районов и узлов перспективных на ПИ с реальной угрозой резкого сокращения добычи в период до 2035 г (алмазы, вольфрам, золото, молибден, свинец, серебро, сурьма, цинк). Аналогично работы второй очереди создания ГХО-200 и геохимических поисков рекомендуются для геохимических районов и узлов с дефицитными ПИ (бериллий, бокситы, литий, марганец, рений, титан, уран, цирконий). Работы III очереди создания ГХО-200 и геохимических поисков – для геохимических районов и узлов, перспективных на прочие ПИ.

Для каждого из 272 высокоперспективных объектов (геохимического района и узла) составлен паспорт учета, который содержит информацию следующих категорий: общие сведения, проведенные геохимические работы (вид, масштаб, метод), рудно-геохимическая характеристика и прогнозная оценка. Общие сведения включают информацию о расположении объекта (федеральный округ, субъект РФ, номенклатура листов масштаба 1:200 000, координаты объекта, наименование отчета, организации исполнитель, авторы, год составления, наличие утвержденных прогнозных ресурсов, площадь объекта, геолого-структурная, металлогеническая позиция, тип природного ландшафта, тип хозяйственного использования территории).

Для хранения и предоставления цифровых данных SHP-файлов АГХП паспортов принята единая глобальная система сферических (географических) координат с использованием градусной метрики в десятичной системе счисления (в десятичных градусах) согласно требованиям к ЦМ ГГК-200/2 [8]. Данные о площади и форме АГХП паспорта предоставляются в виде геопривязанных векторных ГИС-данных в формате SHP-файла (ShapeFile). Каждый shp-файл сопровождается файлом координатной привязки формата prj.

Рудно-геохимическая характеристика и оценка АГХП включают: типоморфную геохимическую ассоциацию химических элементов, прогнозируемые полезные ископаемые, их минерагенический потенциал и рудно-формационный тип прогнозируемого оруденения.

На основе перечня составлена схема размещения высокоперспективных АГХП и подготовлены рекомендации для планирования среднемасштабных геолого-съёмочных, опережающих геофизических и геохимических работ на территории Сибирского и Дальневосточного ФО. Из-за большого размера схемы на рисунке 1 праведен ее фрагмент, а из-за высокой загруженности на нем отображены только первоочередные объекты создания ГХО-200 и поисковых работ. Объекты создания ГХО-200 на схеме показаны красным контуром, площади поисковых работ – залиты красным цветом.

Работы по созданию ГХО-200 планируется проводить на 117 АГХП ранга рудного района, реже узла, выделенных в результате собственных геохимических работ масштаба 1:1 000 000 и ретроспективных геохимических данных. Работы проводятся в полистном варианте (по листам международной разграфки масштаба 1:200 000) и заканчиваются созданием комплекта карт геохимических основ масштаба 1:200 000, в который входит карта рудогенных геохимических аномалий. Объектами оценки на этой карте являются АГХП рудных узлов и полей.

Рекомендации по очередности работ выглядят следующим образом: к объектам первой очереди отнесены 90 АГХП, второй очереди – 13 АГХП и третьей очереди – 14 АГХП.

Среди первоочередных объектов 59 АГХП специализированы на **золото и серебро**. Количественно минерагенический потенциал оценен только для тридцати объектов. С высоким ресурсным потенциалом золота (100 т и более) выделено 17 АГХП. С золотом в них ассоциируют серебро, редкие металлы, полиметаллы и другие ПИ.

Наиболее крупным потенциалом **золота** характеризуются АГХП в Дальневосточном ФО. В нем создание ГХО-200 рекомендуется начать с наиболее высокоресурсных объектов: в Амурской области на листах N-52-XXVI, XXVII (Гаринский (26-1-N-52) ГХУ: Au – 1383 т, Sn, Ag, Cu); на листе N-52-XXXIII (Чагоянский (30-N-52) ГХР: Au – 1230 т, Pb+Zn – 1,1 млн.т, Mo – 48 т.т, Ag); в Магаданской области на



листах Р-55-ХV, ХVІ, ХХ (Дегдеканский (27-Р-55) ГХР: Au -215 т, Ag – 5400 т, Pb 150 т.т, Zn – 400 т); в Республике Саха (Якутия) на листах R-53—ХІХ, ХХ (Суордахский (10-Р-53) ГХР: Au – 500 т, TR – 15 т.т, W, Hg); на границе Республики Саха и Магаднанской области на листе Р-55-ХІ (Бальдякский (13-Р-55) ГХР: Au – 550 т, Ag – 500 т, Sn – 40т.т) и др.

Перечисленные объекты располагаются в разных покровно-складчатых областях, но в минерагенических зонах высокоперспективных на золото и другие полезные ископаемые: Гаринский (26-1-N-52) ГХУ располагается в Монголо-Охотской покровно-складчатой области (МО) на территории зон: Гонжинско-Мамынской (МО III.2) специализированной на Au и Умлекано-Огонжинской (МО III.3) – Au, Cu, Mo. Чагойанский (30-N-52) ГХР в Южномонгольско-Хинганская покровно-складчатой области (ЮХ) расположен в Селемджинской зоне (ЮХ I.1) – Fe, Cu, Au. Дегдеканский (27-Р-55) и Суордахский (10-Р-53) районы расположены в Верхояно-Колымской покровно-складчатой област (ВК), но в разных зонах: Дегдеканский район – в Аян-Урахской зоне (ВК VI.6) – Au, Sn, Pb, Zn; Суордахский (10-Р-53) район - в Эльгинской (ВК V.2) зоне – Sn, W, Au, Hg; Бальдякский (13-Р-55) район в Колымо-Омолонской покровно-складчатой области (КО) в Дебинской зоне (КО IV.3) – Au, Sn, W.

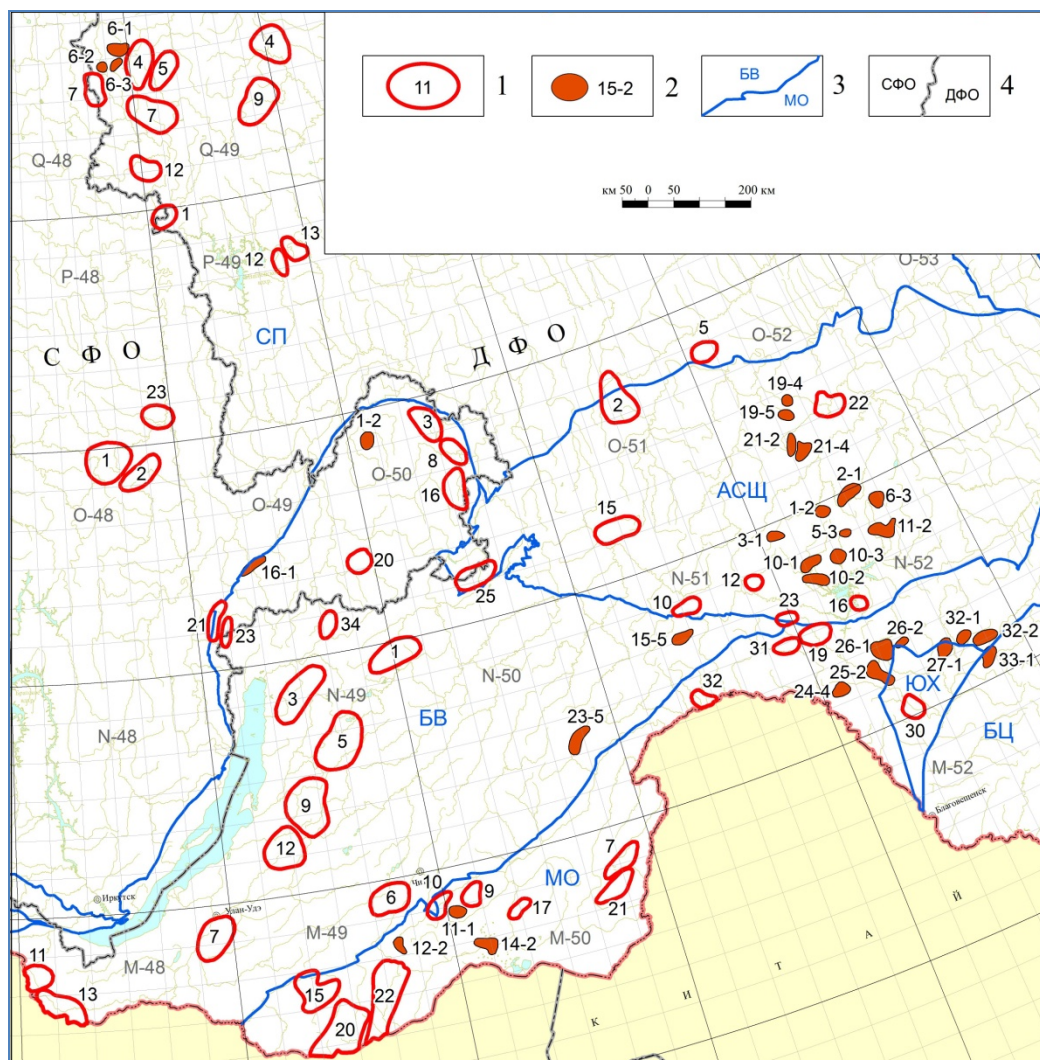


Рис. 1 - Фрагмент схемы «Рекомендации для планирования среднemasштабных геолого-съёмочных, опережающих геофизических и геохимических работ»

1 – 2: Рекомендуемые объекты: 1 – создание ГХО-200, 2 – поисковые геохимические работы масштаба 1:50 000; 3 – 4. Границы: 3 – минерагенических областей, 4 – Сибирского и Дальневосточного федеральных округов



В Сибирском ФО выделено значительно меньше АГХП перспективных на **золото** и только для одного объекта ресурсный потенциал золота оценен количественно. Это Пуштулимский (20-N-45) геохимический район, расположенный на территории Республики Хакасии и Кемеровской области на листе N-45-XXVII. Район характеризуется высоким потенциалом золота (158 т) и цинка (2,014 млн.т), средним серебра (2 000 т), меди (437 т.т) и свинца (257 т.т).

Благоприятность минерагенической позиции Пуштулимского (20-N-45) района определяется его положением в Салаирской зоне (АС I.1), Алтае-Саянской покровно-складчатой области (АС). Спектр полезных ископаемых Салаирской зоны весьма разнообразен (Au, Pt, Cu, Mo, Pb, Zn, Mn, Al, Y, U, Ba, F, Cr, Ba, Ni), одно из ведущих мест в нем занимает золото.

Высокоресурсные на **серебро** АГХП выделены только на территории Дальневосточного ФО. В Магаданской области на листах P-55-XIX, XX, XXV, XXVI расположен Нилгысычский (39-P-55) ГХР (Ag – 13000 т, Cu – 400 т.т, Mo – 40 т.т); на листе P-55XXVI – Бунский (40-P-55) ГХР (Ag – 10000 т, Sn – 27 т.т); на листах P-57-XIII, XIX – Моранайский (16-P-57) ГХР (Ag – 10000 т, Au – 42 т, Mo – 50 т.т, Cu – 150 т.т, Pb – 290 т, Zn – 500 т.т, Bi – 3 т.т, Sn – 26 т.т, Be – 9 т.т, Hg – 1,5 т.т, Sb – 4 т.т) и другие.

Их минерагеническая позиция благоприятна в отношении прогноза серебряного, золото-серебряного оруденения. Нилгысычский (39-P-55) и Бунский (40-P-55) ГХР расположены в Охотско-Чукотской активноокраинной области (ОЧ), соответственно в Кухтуйской (ОЧ I.4) зоне специализированной на Au, Ag и Челомджинской (ОЧ I.6) зоне – Au, Ag, Sb, Sn. Моранайский (16-P-57) район локализован в Колымо-Омолонской покровно-складчатой области (КО) с Сугойской зоне (КО VII.4) специализированной на Mo, Au.

С перспективой на **алмазы** выделено 15 АГХП. Они характеризуются шлиховыми ореолами алмазов и минералов-спутников, литохимическими ореолами элементов-индикаторов алмазного оруденения. Все они расположены на Сибирской платформе. Благоприятным фактором для перспективной оценки является их приуроченность к неотектоническим поднятиям и кольцевым неотектоническим структурам. Локализация потенциально алмазоносных АГХП на поднятиях позволяет прогнозировать наличие источника алмазов непосредственно в их пределах. А приуроченность АГХП кольцевым структурам указывает на аналогию их геолого-структурной позиции с крупным Айхальским (7-Q-49) районом. К сожалению, оценку ресурсного потенциала алмазов провести по геохимическим данным не представлялось возможным.

Из 15 рекомендуемых потенциальных алмазоносных АГХП в Сибирском ФО (Иркутская область) расположено шесть, в Дальневосточном ФО (Республика Саха) – семь и два АГХП на границе этих округов.

В Сибирском ФО потенциально алмазоносные АГХП расположены в Катангской минерагенической зоне (СП II.15) Тунгусской минерагенической субпровинции (СП II): в Непской зоне (СП VI.4) Непско-Ботубинской субпровинции (СП VI) и в Тасеевской зоне (СП V.1) Саяно-Енисейской субпровинции (СП V). В минерагенических зонах месторождений алмазов не известно, но в Непско-Ботубинской (СП VI) и Тунгусской (СП II) субпровинциях они известны в Мирненской (СП VI.8) и Мойеро-Верхневилуйской (СП II.12) минерагенических зонах. Это позволяет с высокой долей вероятности ожидать выявления промышленных месторождений алмазов в рекомендуемых АГХП на территории Сибирского ФО.

В Дальневосточном ФО потенциально алмазоносные АГХП расположены в Мойероканской (СП III.8), Моркокинской (СП III.14) и Верхнемунской (СП III.12) зонах Анабарской (СП III) субпровинции; в Мойеро-Верхневилуйской (СП II.12) Ахтарандинской (СП II.13) зонах Тунгусской (СП II) субпровинции и в Мирненской (СП VI.8) зоне Непско-Ботубинской (СП VI) субпровинции. Известная высокая ресурсность алмазного оруденения Мойеро-Верхневилуйской и Мирненской минерагенических зон указывает на высокую вероятность обнаружения промышленных месторождений алмазов в рекомендуемых АГХП.

На **вольфрам** выделено четыре первоочередных объекта. Ресурсный потенциал оценен только для Ариадненского (27-L-53) ГХР, расположенного в Приморском крае Дальневосточного ФО. С минерагенической точки зрения его позиция весьма благоприятна, т.к. он локализован в



высокоресурсной на вольфрам Журавлевской (СА II.3) минерагенической зоне (Сихотэ-Алинская покровно-складчатая область). По геохимическим данным район характеризуется крупным потенциалом вольфрам (150 т.т), меди (2 млн.т) и средним цинка (150 т.т). В остальных районах по геолого-геохимическим критериям так же прогнозируется крупный потенциал вольфрама, с которым ассоциируют Sn, Au, Be, Ta, U.

С высокими перспективами на **молибден** выделены 7 первоочередных АГХП, но только в одном Аякском (25-2-N-52) узле количественно оценен ресурсный потенциал молибдена и сопутствующих ему полезных ископаемых. Аякский (25-2-N-52) узел расположен в Амурской области Дальневосточного ФО. Он выделен в Гонжинско-Мамынской (МО III.2) минерагенической зоне (Монголо-Охотская покровно-складчатая область). Минерагеническая зона высокоресурсна на золото. По геохимическим данным узел высокоперспективен не только на молибден (170 т.т), но и на олово (160 т.т) и полиметаллы – Pb+Zn (3,3млн.т). В нем также прогнозируется средний потенциал серебра (2030 т), не исключено обнаружение промышленных залежей золота.

С относительно высокими перспективами на **сурьму** выделен один Альпрынтинский (12-R-60) ГХР, расположенный в Чукотском автономном округе Дальневосточного ФО. Район расположен в Пегтымельской (ОЧ III.2) минерагенической зоне высокоресурсной на Au, Ag, Sn, Hg. По геохимическим данным в нем прогнозируется высокий потенциал сурьмы (30 т.т), ртути (40 т.т), золота и серебра. Но золото и серебро количественно не оценены.

На **полиметаллы** выделено четыре первоочередных геохимических района: Дыбинский редкометалльно-полиметаллический (6-P-54), Мэлдэлгенский полиметаллическо-железорудный (12-N-49), Верхне-Уровский полиметаллически- урановый (7-M-50) и Верхне-Борзянский золото-полиметаллически-урановый (21-M-50). Все объекты расположены в Дальневосточном ФО, но Дыбинский район в Республике Саха (Якутия), Мэлдэлгенский район в Республике Бурятия, а Верхне-Уровский и Верхне-Борзянский районы в Забайкальском крае.

Ресурсный потенциал полиметаллов для рекомендуемых районов количественно не оценен, но все они локализованы в высокоресурсных на эти полезные ископаемые минерагенических зонах: Дыбинский (6-P-54) район в Центральной Южно-Верхоянской (ВК IV.2); Мэлдэлгенский (12-N-49) район в Багдаринской зоне (БВ V.5); Верхне-Уровский (7-M-50) и Верхне-Борзянский (21-M-50) районы в Аргунской (МО I.5) зоне. Это несомненно повышает вероятность обнаружения в этих районах крупных полиметаллических месторождений.

Геохимические поиски масштаба 1:50 000 рекомендуется провести на 155 АГХП рудных узлов, выделенных в результате ГХО-200. Работы могут проводиться как в полистном варианте, так и на площадях отдельных АГХП или их фрагментах. Объектами оценки являются АГХП рудных полей и месторождений.

По очередности проведения работ объекты геохимических поисков распределились следующим образом: к I очереди отнесено 125 узлов, ко II очереди – 8 узлов и к III очереди – 22 узла.

Среди объектов работ первой очереди наибольшее число (105 АГХП) специализировано на **золото и серебро**. Для пяти АГХП минерагенический потенциал не оценен. Из 105 АГХП золото доминирует доминирует в 82 АГХП, а серебро - в 23 АГХП. Для многих объектов это доминирование относительно условное, т.к. они могут характеризоваться крупным минерагеническим потенциалом и золота и серебра.

С оцененным потенциалом **золота** менее 100 т - 36 АГХП, от 100 т до 200 т. – 30 АГХП, от 200 т до 300 т – 9 АГХП, от 300 т и более выделено 7 АГХП.

Из семи узлов с ресурсным потенциалом **золота** 300 т и более. шесть расположены в Дальневосточном ФО: в Республике Саха (Якутия) – Делтулахский (19-4-О-52) и Сакынджинский (15-1-R-54) узлы; в Амурской области – Чалганынский (24-4-N-52), Имаканский (26-2-N-52), Сохатинский (27-1-N-52) в Магаданской области – Хатанджанский (48-P-55).

Делтулахский (19-4-О-52) узел локализован в Тимптоно-Учурской (АСЩ II.9) минерагенической зоне (Алдано-Становой щит). Основными полезными ископаемыми минерагенической зоны являются Fe, Ta, Nb, Au. По геохимическим данным в Делтулахском узле прогнозируется не только высокий



потенциал золота (808 т), но и нехарактерных для минерагенической зоны – серебра (20 000 т), вольфрама (311 т.т), висмута (26,74 т.т) и свинца (1,655 млн.т).

Сакынджинский (15-1-R-54) узел локализован в Селенняхской (КО I.9) зоне (Колымо-Омолонская покровно-складчатая область) специализированной на Hg, Au, Sn. Перечень полезных ископаемых прогнозируемых в узле значительно шире: Au (446 т), Ag (5079 т), Sb (19,68 т.т), Zn (1,11 млн.т), а также – Pb, Ni, Cu.

В Монголо-Охотской (МО) покровно-складчатой области расположены Чалганынский (24-4-N-52) и Имаканский (26-2-N-52) узлы. Первый в Амуро-Зейской минерагенической зоне (МО III.4), второй в Умлекано-Огонжинской зоне (МО III.3). Рудных месторождений в Амуро-Зейской зоне не известно. Умлекано-Огонжинская зона специализирована на Au, Cu, Mo. Прогнозируемый ресурсный потенциал золота Чалганынского (24-4-N-52) и Имаканского (26-2-N-52) узлов весьма высок и равен, соответственно, равен 550 т и 497 т.

Сохатинский (27-1-N-52) узел выделен в Селемджинской минерагенической зоне (Южномонгольско-Хинганская покровно-складчатая область) специализированной на Fe, Cu, Au. В узле на основе геохимических данных прогнозируется высокий потенциал золота (Au – 319 т). Возможно обнаружение промышленных скоплений Ag, Be, Sn, но их ресурсный потенциал количественно не оценен.

Хатанджанский (48-P-55) узел выделен в Челомджинской (ОЧ I.6) минерагенической зоне (Охотско-Чукотская область активноокраинная область) специализированной на Au, Ag, Sb, Sn. В узле по геохимическим данным прогнозируется высокий потенциал золота (300 т) и средний серебра (2000 т).

В Сибирском ФО в Иркутской области выделен только один узел с ресурсами **золота** 300т – Кевактинский (1-2-O-50). Он расположен на территории Большепатовской (БВ I.6) и Тонодской (БВ I.8) минерагенических зон (Байкало-Витимская покровно-складчатая область). Обе зоны специализированы на золото, но Большепатовская еще и на железо, а Тонодская на уран. В Кевактинском (1-2-O-50) узле кроме золота прогнозируются ртуть и сурьма, но их потенциал количественно не оценен.

Значительная часть первоочередных объектов на **золото** характеризуется высоким ресурсным потенциалом полезных ископаемых второй и третьей групп очередности. Среди них следует отметить: Калгынский (16-1-R-54) ГХУ (Au – 179 т, Zn – 2, 6 млн. т, Ag – 660 т, Pb, Cu, Sb, Co, Ni); Кедонский (19-1-Q-57) ГХУ (Au – 142 т, Ag – 3600 т, Mo – 90,3 т.т, Pb – 350 т. т); Лево-Погынденский (10-1-R-58) ГХУ (Au – 120 т, Be – 37000 т, Sn – 40000 т, W – 8000т); Ирбитейский (12-1-M-46) ГХУ (Au – 140 т, Zn – 1, 2 млн. т, Cu – 270 т.т, Pb – 160 т.т, Mo – 25 т.т, Ag – 660 т); Наглейнгинеаамский (8-1-R-59) ГХУ (Au – 100 т, Sn – 200 т.т, W – 35 т.т); Чалбанский (10-6-Q-53) ГХУ (Au – 90 т, Ag – 3990 т, Sn – 549 т.т, Mo – 64 т.т, Pb – 200 т.т, Sb) и другие.

С потенциалом **серебра** от 3000 т до 10 000 т выделено 14 АГХП, от 10 000 т до 20 000 т – 7 АГХП, более 20 000 т – 4 АГХП. Естественно, что наибольший интерес представляют АГХП с ресурсным потенциалом серебра более 20 000: Наяханоканский (13-1-P-57) узел (Ag – 35000 т, Mo – 67 т.т, Cu – 200 т.т, Pb – 600 т.т, Zn – 180 т.т, Bi – 2 т.т, Au, Sn, W); Бульгинский (8-2-N-54) узел (Ag – 28790 т, Au – 113 т, Hg – 787 т); Чаятынский (9-2-M-54) узел (Ag – 28200 т, Au – 113 т, Hg); Нэкучанский (17-1-P-57) узел (Ag – 25000 т, Au – 5 т, Mo – 32 т.т, Cu – 400 т.т, Pb – 450 т.т, Zn – 900 т.т, Bi – 1,5 т.т).

Наяханоканский (13-1-P-57) и Нэкучанский (17-1-P-57) узлы расположены в Магаданской области, в Наяханской (ОЧ II.5) минерагенической зоне (Охотско-Чукотская активноокраинная область) специализированной на Mo, Cu, Sn, Au, Ag.

По геохимическим данным в Наяханоканском (13-1-P-57) узле прогнозируется крупный потенциал **серебра** (35 000 т), средний молибдена (67 т.т), меди (200 т.т), свинца (600 т.т), цинка (180 т.т) и висмута (2 т.т). Поисковый интерес могут также представлять Au, Sn и W, но их потенциал количественно не оценен.



В Нэкучанском (17-1-P-57) узле прогнозируется практически тот же перечень полезных ископаемых с близкими величинами ресурсного потенциала (Ag – 25000 т, Au – 5 т, Mo – 32 т.т, Cu – 400 т.т, Pb – 450 т.т, Zn – 900 т.т, Bi – 1,5 т.т).

Бульгинский (8-2-N-54) узел расположен в Хабаровском крае, в Усть-Амурской (СА III.3) минерагенической зоне (Сихотэ-Алиньская покровно-складчатая область). Минерагеническая зона специализирована на золото-серебряное оруденение. По геохимическим данным в узле прогнозируется крупный потенциал серебра (28790 т) и золота (113 т) и срединный ртути (787 т).

Также выделен ряд геохимических узлов с крупным потенциалом **серебра** и других полезных ископаемых: Снегуровский (36-4-L-53) узел (Ag – 16 000 т, Au – 71 т, Sn – 269 т.т, Mo – 35 т.т, W – 24 т.т, Pb – 1, 05 млн.т, Zn – 630 т.т, Cu – 400 т.т); Февральский (33-1-N-52) узел (Ag – 13 300 т, Pb+Zn – 3,8 млн.т, Au, Sn); Люпвиев-Янрамкываамский (4-4-R-58) узел (Ag – 8850 т, Au – 47 т, Cu – 1,2 млн.т, Zn – 1,05 млн.т, Pb, Mo); Гайский (7-P-56) узел (Ag – 7530 т, Sn – 173 т.т, Hg – 688 т); Осинковский (36-1-L-53) узел (Ag – 5000 т, Y – 134 т.т).

Поисковые работы на **алмазы** рекомендуется провести в трех высокоперспективных узлах: Нижне-Томбинском (6-1-Q-48), Верхне-Томбинском (6-2-Q-48) и Нинимском (6-3-Q-48). Но ресурсный потенциал алмазов в них не оценен.

Нижне-Томбинский (6-1-Q-48) и Нинимский (6-3-Q-48) узлы расположены на территории Республики Саха (Якутия), а Верхне-Томбинский (6-2-Q-48) узел в Красноярском крае. Но минерагеническая позиция их идентична. Они локализованы в Мойероканской (СП III.8) минерагенической зоне (Сибирская древняя платформенная провинция) специализированной на алмазы.

Поисковые работы на **полиметаллическое** оруденение рекомендуется провести в четырех геохимических узлах. Наиболее перспективным из них является Снежный (19-1-L-53) узел, расположенный в Приморском крае (Дальневосточный ФО). Минерагеническая позиция узла двойственна, т.к. он располагается на территориях Самаркинской (СА II.2) и Журавлевской (СА II.3) минерагенических зон (Сихотэ-Алиньская покровно-складчатая область). Минерагенические зоны специализированы на Au, Sn, W, Be. По геохимическим данным основную ценность узла должно представлять полиметаллическое оруденение (Cu – 1,36 млн.т, Pb – 1,86 млн.т, Zn – 2,0 млн.т, Ag – 4500 т, Au – 19 т). Но, как видно, узел кроме полиметаллов обладает значительным потенциалом серебра и золота.

Как высокоперспективные на **молибденовое, медно-молибденовое** оруденение выделены пять геохимических узлов. В трех из них ресурсный потенциал оценен количественно. Наиболее крупным потенциалом **молибдена** характеризуется Студеный (14-1-Q-58) узел, расположенный в Чукотском АО (Дальневосточный ФО). По геохимическим данным в нем прогнозируется весьма крупный потенциал молибдена (942 т.т) и малый меди (61 т.т). Узел имеет также перспективы обнаружения промышленных залежей Au, Ag и Pb, но их ресурсный потенциал не оценен. Минерагеническая позиция узла благоприятна, он локализован в Яблонской (ОЧ III.1) минерагенической зоне (Охотско-Чукотская активноокраинная область) специализированной на Au, Cu, Mo.

Также в Дальневосточном ФО, но в Амурской области расположен Иличенский (15-5-N-51) узел. Минерагеническая позиция узла благоприятна. Он локализован в Дарасун-Могочинской (БВ VI.5) минерагенической зоне (Байкало-Витимская покровно-складчатая область). Минерагеническая зона специализирована на Au, Sb, Ti, Mo. По геохимическим данным в узле прогнозируется крупный потенциал молибдена (100 т.т) и полиметаллов (Zn+Pb – 2,177 млн.т), средний серебра (1225 т). В узле также не исключено выявление промышленных залежей W, Au и Bi, но их ресурсный потенциал количественно не оценен.

В Сибирском ФО в Республика Хакасия для поисковых работ рекомендуется высокоресурсный медно-молибденовый Ужунжуйский (11-2-N-46) узел. По геохимическим данным в нем прогнозируется высокий потенциал меди (9,083 млн.т) и молибдена (288 т.т). Узел приурочен к Батеневской (АС III.9)



минерагенической зоне (Алтае-Саянская покровно-складчатая область) специализированной на широкий круг полезных ископаемых, в том числе на медь и молибден.

Поисковые работы на **вольфрам** рекомендуется провести в четырех геохимических узлах. В трех из них минерагенический потенциал вольфрама оценен количественно. Два из них Чукенский (3-3-L-53) и Нептинский (2-2-L-53) расположены в Дальневосточном ФО (Хабаровский край), в Самаркинской (СА II.2) минерагенической зоне со специализацией на W, Sn и Be.

По геохимическим данным в Чукенском узле прогнозируется крупный потенциал **вольфрама** (300 т.т) и **олова** (100 т.т), имеются перспективы Cu и Pb оруденения. В Нептинском (2-2-L-53) узел по тем же данным прогнозируются: W – 135 т.т, Mo – 79,6 т.т, Cu – 325 т.т, Pb – 130 т.т, Ag – 685 т.

Таланнахский (13-2-R-53) узел расположен в Республика Саха (Дальневосточный ФО). в Центрально-Полоусненской (КО I.4) минерагенической зоне (Колымо-Омолонская покровно-складчатая область), специализированной на Sn и Au. Узел, по геохимическим данным, при крупном потенциале олова и золота характеризуется большим набором полезных ископаемых: W – 134 т.т, Sn – 213 т.т, Au – 79 т, Ag – 1025 т, Cu – 940 т.т, Pb – 206 т.т, Zn – 680 т.т.

Выводы

Создание прогнозно-геохимической карты территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000 позволило на территории Сибирского и Дальневосточного ФО выделить более 2500 аномальных геохимических площадей (АГХП) в ранге районов и узлов. Надежность их выделения и оценки подтверждена апробацией геохимической карты путем ее сравнения с прогнозно-минерагенической картой Российской Федерации и ее континентального шельфа масштаба 1:2 500 000.

Создан поисковый задел для повышения минерально-сырьевого потенциала Сибирского и Дальневосточного ФО. Он включает перечень из 272 новых геохимических районов и узлов, высокоперспективных на высоколиквидные, дефицитные и другие виды полезных ископаемых. Для каждого объекта составлен индивидуальный паспорт учета.

С целью системного изучения высокоперспективных объектов даны рекомендации по очередности по созданию ГХО-200 и проведению геохимических поисков масштаба 1:50 000.

Среди высокоперспективных объектов следует отметить АГХП с особо крупным потенциалом: на золото и другие ПИ – Гаринский (26-1-N-52) узел (Au – 1383 т); Октябрьский (26-4-N-52) узел (Au – 1053 т, Hg – 226 т.т); Делтулахский (19-4-O-52) узел (Au – 808 т, Ag – 20 000 т, W – 311 т.т, Bi – 26,74 т.т, Pb – 1,665 млн.т); на серебро – Наяханоканский (13-1-P-57) узел (Ag – 35000 т), Чаятынский (8-2-N-54) узел (Ag – 28790 т, Au – 113 т); на медь и никель – Пашкинский (7-Q-45) район (Cu – 8,2 млн.т, Ni – 6,2 млн.т); на уран – Садылгинский (19-2-M-52) узел (U – 102,5 т.т, Th – 25,8 т.т); Ачитканский (21-O-49) район (U – 100 т.т); на олово – Чалбанский (6-2-Q-53) узел (Sn – 549 т.т); на редкие земли – Кайбалакский (20-1-M-52) узел (La – 1,2 млн.т, Ce – 415 000), Деш-Алиньский (8-1-M-53) узел (La – 900 т.т, Y – 114 т.т, Sc – 52,8 т.т); Утурук-Курумканский (8-2-M-53) узел (La – 434 т.т, Y – 62 т.т); Белгатинский (8-3-M-53) узел (La – 2,88 млн.т, Ce – 1,523 млн.т, Y – 54 т.т); на алмазы – Нижне-Томбинский (6-1-Q-48), Верхне-Томбинский (6-2-Q-48), Нинимский (6-3-Q-48) и геохимические районы: Средне-Вилуйканский (7-Q-48), Магдынский (4-Q-49), Куондский (5-Q-49), Мойперский (7-Q-49), Мархараханский (9-Q-49), Майыкта-Сенеский (12-Q-49), Верхнемарханский (4-Q-50) и др.

Изучение и оценка отмеченных и других высокоперспективных АГХП составленного перечня позволит в относительно короткий промежуток времени восполнить и значительно расширить минерально-сырьевую базу Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Литература

- [1] Баранов, Э.Н., Голод, А. И., Лазарев, В. Н., Пурик, И. А., Рыфтин, В. М. 1972. Основные результаты разработки методики литохимических поисков скрытых колчеданных месторождений. В: Литогеохимические методы при поисках скрытого оруденения. М., ИМГРЭ. 115 с.



- [2] Баранов, Э. Н., Головин, А. А., Пак, Г. Ф. 1976. К методике определения глубины залегания скрытого колчеданного оруденения по эндогенным геохимическим ореолам. В: Некоторые примеры использования геохимических методов при прогнозировании и поисках скрытого оруденения. М., ИМГРЭ. 140 с.
- [3] Головин, А. А., Пак, Г. Ф. 1976. Опыт применения геохимических методов для выделения перспективных участков при крупномасштабных прогнозных работах. В: Некоторые примеры использования геохимических методов при прогнозировании и поисках скрытого оруденения. М., ИМГРЭ, 140 с.
- [4] Головин, А. А., Криночкин, Л. А., Чепкасова Т. В., Беляев, Г. М. 2007. Геохимическое картографирование территории России: состояние, сравнительный анализ с зарубежными странами.– Разведка и охрана недр, 2-3, 46-52.
- [5] Головин, А. А., Гусев, Г. С., Килипко, В. А., Криночкин, Л. А. 2008. Критерии локализации перспективных площадей при мелко – среднемасштабных геохимических работах. –Разведка и охрана недр, 4-5, 50-58.
- [6] Головин, А. А., Криночкин, Л. А. 2009. Геохимические признаки крупных и уникальных рудных месторождений.–Геохімі та рудотворення, НАН України, 27, 113-116.
- [7] Головин, А. А., Гусев, Г. С., Криночкин, Л. А., Килипко, В. А., Межеловский, Н. В. и др. 2010. Геохимическая карта России масштаба 1:2 500 000. –Разведка и охрана нед, 5, 14-21.
- [8] Единые требования к составу, структуре и форматам представления в НРС Роснедра комплектов цифровых материалов листов Государственных геологических карт масштабов 1:1 000 000 и 1:200 000. Версия 1.6. 2019. СПб, Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 280 с.
- [9] Карта структурно-формационных комплексов территории Российской Федерации масштаба 1:2500000 (комплект тематических карт Сводной прогнозно-геохимической карты территории Российской Федерации масштаба 1:2 500 000), 2020. ФГБУ «ИМГРЭ».
- [10] Летвиненко, В. С. 2002. Возможности минерально-сырьевого потенциала России.–Актуальные проблемы минерально-сырьевого комплекса, 11, 1-12.
- [11] Овчинников, Л. Н., Рыфтин, В. М., Головин, А. А. 1986. Первичные геохимические ореолы колчеданных месторождений и их поисковое значение. М., Недра", 251 с.
- [12] Прогнозно-минерагеническая карта Российской Федерации и континентального шельфа масштаба 1:2500000 2016. СПб, ВСЕГЕИ.



МИНЕРАЛОЖКО КАРТИРАНЕ И БЕЛЕЖКИ ВЪРХУ МИНЕРАЛНИТЕ РЕСУРСИ В ОБЯСНИТЕЛНИТЕ ЗАПИСКИ У НАС

Руслан И. Костов
Българско минералогическо дружество; rikostov@yahoo.com

MINERALOGICAL MAPPING AND COMMENTS ON MINERAL RESOURCES IN THE BULGARIAN EXPLANATORY NOTES

Ruslan I. Kostov
Bulgarian Mineralogical Society; rikostov@yahoo.com

ABSTRACT

Topomineralogy is part of mineralogy, linked mainly to the study of regional mineralogy at different levels. In Bulgaria, mineralogical studies are considered important in geological mapping. Several publications are listed, linked both to study of mineralogical zonation and mapping of minerals in placers (schlich analysis). The 4th national discovery in the country is related to the crystal-morphological evolution and zonation of minerals in different geological settings. Some comments are made on the insufficient mineralogical information in the explanatory notes of the geological maps of Bulgaria published throughout the past decades.

Топоминералогия и минераложко картиране

Топоминералогията е съвременен дял от минералогията, който изследва разпространението на минералите на различни йерархични нива в аспекта на различни геолого-минерални системи, структури и обекти. Главни направления на топоминералогичните изследвания в космогенен аспект са: сравнителна планетология (космическа минералогия); метеорити и космичен прах. Главни направления на топоминералогичните изследвания в геогенния аспект са: минералогия на планетосферите; регионална минералогия; минералогия на скални обекти (петрография, седиментология – главни, второстепенни минерали и акцесорни минерали; първични и вторични минерали); минералогия на минерални находища (рудни и нерудни находища и проявления, включително нерудни непродуктивни минерали); специални топоминералогични изследвания (кристоломорфоложки анализ; гранулометричен или морфометричен анализ; шлихов анализ). Минераложките изследвания могат да се свързват и с геохимични такива. Като минерален кадастър се обозначава пълното описание (инвентаризация) на установени минерални видове за даден район, обект или геоложко тяло.

Обекти на топоминералогията по отношения на онтогенията на минералните индивиди са: анатомия; видове вътрешни и повърхностни дефекти; изменение на морфологията във времето и пространството; типоморфизъм по морфологичен, физичен и химичен признак, включително и в комбинации. Обекти на топоминералогията по отношение на онтогенията на минерални агрегати са: видове и разновидности; агрегатни хабитусни; парагенетични съотношения; пространствени и времеви съотношения между минералите и минералните агрегати.

По отношение на своята детайлност се разграничават следните типове топоминералогични изследвания: дребномащабна топоминералогия (при мащаб под 1:200000); средномащабна топоминералогия (при мащаб 1:200000 до 1:50000), едрوماщабна топоминералогия (мащаб 1:25000) и детайлна топоминералогия (от мащаб 1:10000; при изучаване и документация на минерални тела се използват мащаби започващи от 1:500) [17]. Обектът на изследване по своя ранг може да се обозначи като: планетарен минераложки регион, минераложка област (пояс), минераложка суперпровинция, минераложка провинция, минераложка субпровинция, минераложки район, минерално находище, минерално тяло [17]



Най-често топоминералогията се отъждествява с регионалната минералогия – минералогия на отделни географски или геоложки обособени региони или райони, както и административни такива (национална минералогия; минералогия на области). Топоминераложки публикации са известни още от 18 век, но академик Александър Ферсман в началото на XX век дава определение на термина и на главните научни и методични принципи на дисциплината. Топоминералогията, на базата на установените минерали и минерални асоциации, дава основа за търсене, проучване и разработване на находища на минерални суровини, както и за перспективни прогнози и избиране при необходимост на съответни методи за по-детайлно проучване.

Топоминераложкото картиране включва познаване на видовете минераложки карти и технологията на тяхното съставяне по обект и начин на опробване (минералого-геохимични; минералогични; кристаломорфоложки; шлихово-минераложки), както и по район на изследване и в зависимост от целите на изследването (индикаторни; прогнозни; геоморфоложки; лентовидни; на подхранващи провинции; във водни басейни).

Като пример на минераложката изученост в регионален (национален) аспект може да се посочи последното монографично обобщение върху минералите в България [11]. В този труд са обобщени познанията за около 350 минерални вида и разновидности. През 2000 година се публикува опис на минералите в България със систематизирана количествената информация по отношение на известните до този момент 1264 минерални названия, включващи 758 минерални вида, 14 групи, 385 разновидности, 16 агрегата или смеси и 91 синонима по минерални класове без ревизионни забележки, а само с редакционни, номенклатурни и фонетични уточнения [16]. За всяко минерално название авторите посочват първоначалния източник на информация за даден минерал. Включени са също така някои названия със стара ортография, синоними, дискредитирани минерални видове, псевдоморфози, агрегати и смеси. Доколкото е било възможно са представени новите номенклатурни названия за минерални видове съгласно последните справочни издания, включително за редкометалните минерали. Този списък на минералите от България е актуализиран през 2013 година с опис на 760 минерални вида [15].

Публикувано е за първи път минералогично райониране на Родопите [9] и на страната [11]. В последния случай са представени 4 големи области със съответни райони: Севернобългарска (Ломски, Лудогорски, Камчийско-Варненски), Старопланинска (Западностаропланински, Централностаропланински), Средногорска (Софийски, Бургас-Ямболски, Централносредногорски, Сакар-Странджански, Горнотракийски) и Родопска (Краищиден, Осогово-Огражденски, Централнородопски, Източнородопски).

Установена е зеолитова зоналност във вулканогения комплекс между Кърджали и Асеновград в Източните Родопи [12], изучено е разпределението на зеолитовите минерали в Западното [13] и Източното Средногорие [14]. Направени са обобщения по отношение на зоналността на зеолитовите минерализации [18, 20]. Изследва се морфологичната зоналност на флуорита от находища у нас [7]. Предложено е минераложко (металогенно) зонироване на Балканите [19].

На базата на минераложката информация, през 1983 година е регистрирано 4-то за България съвместно българо-руско научно откритие [6]. Формулата на научното откритие е: Установяване на неизвестна по-рано закономерност на пространствено-времево изменение на морфологията на минералните индивиди в процесите на природно кристалообразуване, включваща формиране на намиращи се в парагенетично, морфологично и анатомично съответствие еволюционни хабитусни редове на минерали с преминаващи през максимум ретикулярна плътност на стените и проявяваща се в кристаломорфологична зоналност на природните кристали в минералните тела, находища и рудни полета.

Кристаломорфоложкият метод е поставен в основата на практиката на т.нар. търсеща кристаломорфология [10, 8]. Кристалната форма на един или друг минерал може да даде информация пряко или косвено за перспективността на съответна минерализация. Направено е обобщение върху значението на хабитусните изменения в морфологията на минералите [21].



От особено значение при минераложкото картиране е анализът на шлихова проба и подготвяне на шлихово-минераложка карта. Създадена е база данни с резултати от шлихоминераложките картировки на България за периода 1945-2000 г. в обем от 134000 проби, съдържащи информация за 72 минерални вида: тази информация е обработена и са изготвени шлихоминераложки карти на България в различни мащаби, прогнози за търсене и детайлни шлихоминераложки оценки на злато [4] и други суровини в цялата страна [1, 2, 3, 5].

Бележки върху минералните суровини в обяснителните записки

Минералогичните знания са в основата на вещественото направление на науките за Земята. Геоложкото картиране е редно да включва в своя обхват еднакво и равнопоставено веществената (геохимия, минералогия, петрография) и структурно-историческата (геотектоника, стратиграфия, палеонтология) компонента на геоинформация. В редица случаи минераложки термини директно се включват в описание на съответни скални разновидности, свити и формации, а тяхното присъствие в описанието на райони с рудна или нерудна минерализация е доминиращо.

Обект на бележки са ведомствените обяснителни записки към геоложките карти на България в мащаб 1:100000 и 1:50000, които през последните години масово се цитират в различни научни публикации. Тук са изброени само няколко коментара, които могат да се обединят тематично в две групи – с научен и с редакционен характер.

В обяснителните записки, в тяхната заключителна част се включва раздел, посветен на полезните изкопаеми, т.е. на минерални суровини. Разделът, посветен на рудните и нерудните находища и проявления е традиционно съвсем кратък, с минимално количество информация. Липсва значителен обем от цитирана научна минералогична литература. Цитираните в някои случаи минерали по данни от фондова материали не са правилно или надеждно определени. По съответни причини в миналото, информацията за радиоактивните и редкоземните минерали е била или изпускана, или изобщо не е била позната.

По отношение на номенклатурата на минералите дълги години, а някъде и до наше време продължават да се употребяват стари или неправилни названия на някои минерали, например дистен, вместо кианит, ортит вместо аланит. При последния минерал, както и при всички редкоземни минерали не се спазва задължителното изискване за включване на съответния елемент в скоба към минералния вид. Например, не може да се отбележи само минералния вид аланит, тъй като засега са известни и утвърдени от Международната минералогическа асоциация (IMA) четири минерални вида: аланит-(Ce), аланит-(La), аланит-(Nd) и аланит-(Y). Поради едностранни геоложки знания на авторите или редакторите на записките, в редица случаи визуално се описва неправилно един или друг минерален вид, а също така в текстовете се употребяват названия на минерални смеси или агрегати, вместо само на минерални видове.

Заключение

Минераложкият фактор е от особено значение при редица случаи: използване на минералогични критерии при картиране на неми стратиграфски пластове; картиране и разграничаване на седиментни скали с континентален или морски генезис; намиране на коренен източник на разпространение на типоморфни минерали в теригенни наслаги; разчленяване на метаморфни скали по степен на метаморфизъм; зонални метасоматични образowania; организиране на топоминераложки изследвания в минерални находища за определяне на евентуална зоналност и перспективност на отделните минерални тела и участъци, както и за прогнозиране на неразкрити такива; връзка на минералогичната информация с данни от геохимични и геофизични изследвания (минераложки аномалии). Отделни минерали, които трябва да бъдат правилно и логично подбрани, са в основата на изотопното датиране (абсолютна геохронология) на геоложките обекти.

В заключение трябва да се подчертае, че приложението на минералогичните методи при различни по обхват и мащаб топоминералогични, металогенни и други регионални изследвания е от



съществено значение не само от гледна точка на геоложката практика, но и с важен научен импакт. Топоминераложките изследвания са в основата на металогенните национални и регионални геоложки карти.

Литература

- [1] Витов, О. 1992. Методика за съставяне на шлихоминераложки прогнозни карти. – *Год. МГУ*, 38, 1, 159-171.
- [2] Витов, О. 1994. Методика за шлихоминераложко райониране. – *Год. МГУ*, 40, 1, 149-158.
- [3] Витов, О. 1995. Шлихоминераложка карта на България. – *Геология и минерални ресурси*, 4, 6-11.
- [4] Витов, О. 1997. Шлихоминераложка прогноза за търсене на златни орудявания в Източни Родопи. – *Геология и минерални ресурси*, 6-7, 42-46.
- [5] Витов, О. 2005. Шлихоминераложка карта на България. – В: *Юбилеен сборник 10 години Централна лаборатория по минералогия и кристалография "Академик Иван Костов"*. С., Акад. изд. "Марин Дринов", 51-58.
- [6] Григорьев, Д. П., Н. З. Евзикова, Б. Зидарова, И. Костов, С. К. Кузнецов, М. Малеев, Д. А. Минеев, В. А. Попов, Б. В. Чесноков, И. И. Шафрановский, Н. П. Юшкин. 1981. *Кристалломорфологическая эволюция минералов*. Вып. 76, Сыктывкар, 28 с.
- [7] Евзикова, Н. З. 1984. *Поисковая кристалломорфология*. М., Недра, 335 с.
- [8] Зидарова, Б., М. Малеев, И. Костов. 1978. Кристалогенезис и хабитусна зоналност на флуорита от Михалковското находище, Централни Родопи. – *Геохим., минерал. и петрол.*, 8, 3-26.
- [9] Костов, И. 1963. Минералогическо райониране на Родопите. – *Трудове върху геологията на България, сер. Геохим., минерал. и петрогр.*, 4, 7-26.
- [10] Костов, И. 1983. Кристалломорфоложко проспектиране. – *Информ. бюл. МММР, Ком. геология*, 4, 3-10.
- [11] Костов, И., В. Бресковска, Й. Минчева-Стефанова, Г. Н. Киров. 1964. *Минералите в България*. С., Изд. БАН, 540 с.
- [12] Костов, И., Б. Маврудчиев, Л. Филизова, Г. Н. Киров. 1966. Зеолитова зоналност във вулканогения комплекс между Кърджали и Асеновград. – *Тр. геол. България, сер. Геохим., минерал. и петрогр.*, 6, 143-191.
- [13] Костов, И., Б. Маврудчиев, А. Кунов. 1967. Разпределение на зеолитовите минерали в Западното Средногорие. – *Изв. Геол. инст., сер. Геохим., минерал. и петрогр.*, 16, 61-82.
- [14] Костов, И., Б. Маврудчиев, С. Ботев. 1968. Зеолитови минерализации в Източното Средногорие. – *Изв. Геол. инст., сер. Геохим., минерал. и петрогр.*, 17, 83-110.
- [15] Костов-Китин, В., Р. И. Костов, П. Иванова. 2013. Електронна библиографска база данни на минералите в България – състояние, възможности и перспективи. – *Спис. Бълг. геол. д-во*, 47, 111-130.
- [16] Минчева-Стефанова, Й., Р. И. Костов. 2000. Регистър на минералите в България. – *Спис. Бълг. геол. д-во*, 61, 1-3, 111-131.
- [17] Юшкин, Н. П. 1982. *Топоминералогия*. Л., Наука, 292 с.
- [18] Kostov, I. 1965a. Zoning and zeolite formation. – In: *Symposium Problems of Postmagmatic Ore Deposition. Vol. II*. Prague, 105-110.
- [19] Kostov, I. 1965b. Zoning in the mineralizations of the Balkans. – *Трудове върху геологията на България, сер. Геохим., минерал. и петрогр.*, 5, 21-45.
- [20] Kostov, I. 1970. Tectono-magmatic significance of zeolites in the Srednogorian Zone and the Rhodopes. – *Изв. Геол. инст., сер. Геохим., минерал. и петрогр.*, 19, 235-241.
- [21] Kostov, I., R. I. Kostov. 1999. *Crystal Habits of Minerals*. Bulgarian Academic Monographs, 1. Sofia, Co-published by Pensoft Publishers and Prof. Marin Drinov Academic Publishing House, 415 p.



СПЕЦИАЛИЗИРАНА РАДИОГЕОЛОЖКА КАРТИРОВКА

Проф. Дгмн инж. геолог **Ив. Бедринов**

Радиогеоложкото картиране по същество представлява комплексно литолого-структурно, минералого-петрографско и радиометрично картиране.

През първите десетилетия на 20 век до около 1950 година – основното внимание при оценката на резултатите от картирането е било – наличието на предпоставки за намиране на U-Th минерализации и орудявания. До към 1970 година, с развитието на технологиите за химическото извличане на U и Th от комплексните (уран съдържащи) – торий уранови - U-Th полиметални с Cu, Fe, Au, Ag и други елементи находища се разширява спектъра на комплексните ресурси. След 1970 г. и подчертано, през първите десетки години на 21ви век, благодарение на ускореното развитие на химическата и нанотехнологичната металургия и съвременното машиностроене (битово, промишлено, космическо) – бързо и рязко нарастват потребностите от широк спектър – редкоземни (TR) (леки и тежки) - често U и Th - съдържащи TR находища.

За настоящите години и близкото бъдеще - пред геоложките институции и радиогеолозите в страната ни, стои задачата да отговорят на обръщението на Комисията по природни науки при ЕС, „...за изключително важните суровини за икономиката на ЕС и страните членки на ЕС (1917 г.).“

Литолого-структурното и минералого-петрографско картиране до сега се е провеждало по общо приети методи в геоложката научна и теренна практика.

Радиометричните изследвания при радиогеоложкото картиране са непрекъснат и задължителен способ за получаване на реална теренна информация.

Радиометричният метод се базира на измерваната естествена α - β - γ – радиоактивност на голям брой (около 280 бр) природни елементи. α - β - γ – лъчите са продукт на „способността“ на ядрата на част от стабилните изотопи при радиоактивните разпади, да се превръщат в ядра на други химични елементи, при което превръщане се излъчва енергия във формата на електромагнитно трептене (лъчение). α - лъчите представляват хелиеви ядра; β - частиците са поток от електрони изпускани от ядрото на разпадащите се изотопни елементи; γ – лъчението е поток от високо енергийни електромагнитни вълни с малка дължина и изключително висока прониквателна способност „гама-кванти“.

При теренните радиогеоложки изследвания, практическо значение имат радиационните лъчения на елементите от семействата на U-Ra, Th, K-40, AcU и неголям брой други изотопни елементи.

При измерване интензивността на лъченията в практиката в Р. България, най-често се използват мерните единици: при γ – микрорентгени/час ($\mu\text{R/h}$); при β - разпад – Бекерели/квадратен метър (Bq/m^2) за измерванията на открита повърхност и Bq/l за H_2O (разтвори); при α - разпадите еман (MEV/l).

При веществената, количествена и качествена интерпретация на радиогеоложките, теренни и лабораторни данни от съществено значение са установените редица закономерности между голяма част от параметрите и природата на радиоактивностите на различните морфогенетически типове комплексни находища. Така например: при находища със съдържание на елементи от U-Ra семейство с магматогенен генезис, само около 2% от γ -лъчението се дължи на разпадането на U^{238} до J^{230} , 98% от интензитета на γ -лъчението се дължи на разпадане на дъщерните продукти от Ra до Po. При първичните хидротермални U-Ra-ви находища, радиоактивното равновесие Ra: $\text{U}^{238}=3.4 \times 10^{-7}$; 1 g Th по γ -излъчване е еквивалентен на U^{238} със съдържания от 0,43 до 0,47 g/t, а по β -излъчване, 1 g Th е еквивалентен на 5×10^{-4} g/t U^{238} .

Радиогеоложка изученост

В радиогеолошко отношение, територията на Р. България е с висока степен на



изученост. Комплексът от търсещи геолого-геофизични работи, научни изследвания, проучвания, добив и металургия включва: въздушни аеро-гама и гама-спектрометрични снимки в мащаби от 1:200000 до 1:50000 и едромасщабни наземни детализационни радиометрични снимки (1:2000 до 1х1 м.) при изучаването на контрастни радиометрични аномалии и промишлени находища на U-Th орудявания. Върху перспективните площи (най-често регистрирани аеро-радиометрични аномалии), целенасочено са провеждани хидрохимични, металометрични, минералого-петрографски и структурно-геофизични снимки в мащаби 1:5000 до 1:2000.

Системни търсещо-проучвателни работи – геоложко картиране, радиометрични снимки, специализирани металометрични снимки и други опробвания са провеждани почти непрекъснато от 1946- до 1992 год.

До 1946 година, в страната са известни две находища на уранови минерализации и орудявания – «Готенско» (връх «Готен» - СИ от гр. Бухово) и «кариера Стрелча» западно от селището Стрелча – Панагюрско. И двете находища са посещавани от западно-европейски геолози и минни специалисти. По техни проекти – рудодобивни Германски фирми, през периода 1927 – 1940 години, в посочените уран-съдържащи площи, провеждат опознавателно-търсещи и проучвателни повърхностни (кариерни, канавни) и минно-търсещи и добивни работи. Добиваната руда спешно и директно е изпращана за Германски преработвателни заводи.

От есента на 1943 г. до 1946 г. военизирана група от съветски геолози, радиометристи и минни специалисти с ръководител геолога-капитан Георгий Алексеевич Кремчуков, при съдействието на специализирани радиоеоложки групи от «Южния отряд» на ВИМС – Москва картират в М-6 1:2000 около 7 км² от ЮИ склонове на връх «Готен», възстановяват немските рудодобивни кариерни и минни изработки, прокарват нови проучвателни и минно-добивни изработки и добиват първите количества богата уранова руда, която също спешно и директно се изпраща за преработване в заводи на СССР.

Резултатите от търсещо-проучвателните и добивни работи на «Готенското» находище, както и положителните резултати (нови радиометрични аномалии и рудни U – минерализации) по опознавателните маршрути в централните и западни части на Буховско – Сеславския гранитоиден масив, са достатъчно основание междуправителствена комисия на СССР и България да учережи през 1946 год. «Съветско – Българско минно дружество» (СБГО). При създаването на СБГО, между Съветското и Българско правителство се подписва споразумение – Южния отряд на «Балканската експедиция» при «ВИМС – Москва» да проведе некондиционно, специализирано радиоеоложко картиране върху площ от 50 км², между селищата Желява, Бухово, Сеславци и Кремиковци, както и маршрутно рекогносцировъчно картиране върху част от територията на Р. България.

Изпълнението на това споразумение практически се явява и първото радиоеоложко картиране върху територията на Р. България.

На базата на положителните резултати от проведените изследователски работи при картирането – отразени в отчетния доклад на професорите Герасимовски и Нестеянова и сътрудниците им, правителството на НР България, през 1950 год. Създава при СБГО първото Българско специализирано предприятие за търсене и проучване на уранови орудявания – ОПП (Отдел перспективно търсене) по – късно реорганизирано като „Комбинат за търсене и проучване“ и Държавна фирма (ДФ „Редки метали“ - Бухово) просъществувала до 1992 год.

В района на „Бухово – Сеславското рудно поле“ – детайлни радиоеоложки изследвания – аеро-радиометрични, минералого-петрографски, металометрични. Хидрохимични, радиометрични документи и опробвания и химико-металургични способи за извличане на U от рудните концентрати, са провеждани с малки прекъсвания почти до ликвидационната 1992 година.

Придобитият опит и знания при комплексната картировка и специализираните химико-технологични изследвания при добива и извличането на урана от рудните залежи в ареала на „Бухово – Сеславското рудно поле“ до голяма степен имат еталонен характер и са ползвани широко в редица европейски и азиатски страни.

В България, първата родна търсеща група „Буховска поискова партия“, бе организирана през 1951 год. с две задачи: провеждане на радиоеоложко картиране в мащаб 1:10 000 на площ от 15 км²



върху ЮЗ склонове на връх „Готен“ и провеждане на комплексна радиометрична (α , β , γ) снимки върху достъпните участъци от площта западно от известното преди 1951 год. промишлено U-во находище „Готен“, източно от р. Борченска.

Геоложкото картиране се извършваше от няколко съветски специалисти – геолози, а радиометричните снимки - от новопостъпили и новоподготвени радиометристи (оператори). Радиометристите се ръководеха от съветските инж. геофизици В. Д. Чуркин и Е. Циганков.

До 1965 год. още няколко „Буховски“ търсеци групи, ръководени от български геолози и геофизици са картирали цялата площ на „Бухово – Сеславското рудно поле“ (110 км²).

През следващите 1952, 3, 4 ... години, търсеци групи и отряди работят под имената: „Свидненска“, „Берковска“, „Белоградчишка“, „Западно-Балканска“, „Централно-Балканска“, „Средногорска“, „Сакар- Странджанска“, „Източно родопска“, „Централно Родопска“ („Устовска“, „Смилянска“, „Доспатска“, „Местенска“, „Струмска“, „Краищидна“.

Всяка от търсеците групи работеше по годишни работни програми, включващи като основна задача радиогеоложкото изучаване и оценка на аеро- радиометричните аномалии и радиометрично изследване на рудоконтролиращите структури за други природни полезни изкопаеми в проектния ѝ район. Групите приключваха работната си година с годишни отчети включващи изготвянето на геоложки и радиометрични карти за съответния район в ползвания мащаб. Отчетните доклади със съответния своден картен и първичен материал, бе събиран и съхраняван в геофонд на ДФ „Редки метали“, който след 1992 год. бе предаден в Националния геофонд – София.

При провежданите търсецо-проучвателни и научно-изследователски радиогеоложки картировки и изследвания (през периода 1951-1992 години) върху по-голямата част от територията на Р. България е събран голям обем първична информация, както за геоложкия строеж на страната, така и за нейните металогенни възможности. Тази информация е отразена както в годишните отчетни доклади на звената към ДФ „Редки метали“, така и върху стотиците геоложки и радиометрични (α - β - γ –) карти в мащаби от 1:200000 до 1:2000.

Висока ценност представляват перспективните по радиогеоложки данни, но недостатъчно изучени и оценени територии и площи в ареалите на Балканската, Средногорската, Сакар – Странджанската, Родопската и Краищидната металогенни зони.

Особено внимание заслужават площите в доказано наличие на комплексни U-Th-TR минерализации и орудявания, както и площите с U-съдържащи медно-полиметални, Au- Ag-съдържащи разсеяни минерализации с магматогенен и хидротермален генезис.

В заключение искам да изкажа от свое име и имената на колегите си – български геолози и геофизици с които сме работили в системата на ДФ „Редки метали“ искрена благодарност към съветските геолози и геофизици допринесли със знанията и опита си за създаването и развитието на радиогеоложката наука и практика и уранодобивната промишленост в Р. България.

Сред стотиците съветски специалисти, работили в уранодобивния отрасъл на България през периода 1950-1970 години, особено ценен е приносът на професорите: Герасимовски, В.; Нестеянова, А.; Троецки, А.; Арапов, Ю., Холопешин, Ю., Пухалски, Н., Черницин. Е. и инженерите: Репринцев, М., Телятьев, Н. М., Чуркин, В., Кокорин, И., Паулушин, Н., Зиков, Е., Хохрина, Р., Смирнова, Е., Тишуков, Е., Романова, Л., Павлович, Н.

Като заключение на тази благодарност: ПОМНИМ ВИ!

От сърце благодарим за оказаната помощ на живите и ДЪЛБОК ПОКЛОН пред паметта на вече починалите!



МЕТОДИКА НА ПРОУЧВАНЕ, ИЗПОЛЗВАНА ПРИ ТЪРСЕНЕ И ПРОУЧВАНЕ НА УРАНА, ПРЕЗ ПЕРИОДА 1946-1992 г.

Т. Аладжов, Н. Кръстев, Т. Стефанов, **Ил. Божков**

УВОД

I. ПРЕГЛЕД НА ТЪРСЕЩИТЕ И ГЕОЛОГОПРОУЧВАТЕЛНИ РАБОТИ ЗА УРАН ЗА ПЕРИОДА 1946 - 1992 ГОДИНА

Република България е една от малкото страни в Европа, в която търсенето и добива на уран имат дълга история и създадени традиции. Началото е поставено с образуването на Съветско-Българско минно дружество през 1946 г. на базата на известното преди годините на Втората световна война ураново находище „Готен“ (Бухово), от което германците добиват през 1939 г. 60 т уранова руда (съдържание на U_3O_8 18-21%) от две минни изработки, разположени северно от връх Готен.

През 1951 г. се създава отдел „Перспективни проучвания“. За периода 1951 - 1957 г. половината територия на страната от Стара планина на юг е покрита с различни радиометрични методи – главно гама- и еманационни снимки в мащаб от 1:50 000 до 1:25 000. Проведена е и аеро-гама снимка върху част от страната на площ от 47 000 кв. км. В резултат на това са открити повече от 10 уранови находища и перспективни рудопроявления в Стара планина, Рила и Родопите.

През годините 1973 - 1977 се бележи нов етап в развитието на геологопроучвателните работи, заключаващи се преди всичко в търсенето и проучването на слабо проявени и "слепи" находища на уранови руди, което е свързано с използването на тежки проучвателни работи (минни и сондажни), предхождани от целенасочен комплекс геофизични (преди всичко гравиметрични и магнитометрични) работи, сондиране и целенасочен комплекс от геофизични и геохимични изследвания на етапа на търсенето.

Същевременно бяха създадени и научноизследователски структури за прогнозни оценки на площи и за съвременни технологични изследвания, както полеви, така и лабораторни, което доведе до комплексно добиване и преработка както на уран, така и на редица други елементи (около 10 на брой, като Mo, Al, Au, Ag, TR по лементно и инсталации за добив и преработка.

Преминаването към търсене на слабопроявени на повърхността и слепи "уранови находища наложи разработването на специализирана методика на прогнозно-търсещи и геолого-геофизични и радиохидрогеоложки работи, провеждани в определена последователност в зависимост от конкретната геоложка и ландшафтна обстановка.

Прогнозните работи имат за цел научно обосноваване на геоложки запаси в недрата чрез прогнозно-металогенно райониране и сравнителен анализ на базата на известни находища и рудни райони и изготвяне на прогнозно-металогенни карти в М 1:200 000 - 1:100 000.

II. МЕТОДИКА НА ТЪРСЕЩИТЕ ГЕОЛОГО-ГЕОФИЗИЧНИ РАБОТИ, ИЗПОЛЗВАНИ ПРИ ТЪРСЕНЕТО НА УРАНОВИ НАХОДИЩА В ТЕРИТОРИЯТА НА Р. БЪЛГАРИЯ

Провеждането на търсещите работи след 70-те години е сложен процес, включващ специфичен набор от геолого-геофизични и радиохидрогеоложки дейности, изпълнявани в различни мащаби с прилагане на различни методи и технически средства, в зависимост от конкретната геоложка и ландшафтна обстановка. Те се провеждат в определена последователност, за да се постигне полева качествена и прогнозно-количествена оценка с по-висока достоверност.

Методиката на геологопроучвателните работи включва два основни етапа, а именно:



I-ви етап – който ние наричаме камерален, предполеви етап, изразен основно в предпроектна и проектна подготовка, за изучаването на определена прогнозна площ, определена за полева оценка в рамките на една година.

II-ри етап – който включва провеждането на полеви, площни и детайлно търсещи работи по оценка на отделни гама-аномалии, аномални участъци и на цялата прогнозна площ за търсене.

Задачата на **Етап I – камерален** е да бъдат създадени редица специализирани геоложки и геофизични карти, които обхващат прогнозната площ. За целта се използват данни от ведомствения и от републиканския геофонд, както и от периодичния печат.

Така за целта се изготвят:

- карта на изучеността (геоложка, геофизична и др.);
- карта на фактическия материал от по-рано проведени геоложки и геофизични изследвания (картировъчни точки на разкрития, точки на опробване, канали, шурфи, сондажни и минни изработки);
- карта на гама –полета с данни за радиометричния фон на отделните литоложки разновидности;
- карта на ураноносност с нанесени и класифицирани по значимост и геоложки контрол известни аномални точки, участъци и рудопроявления;
- схема на дешифриране на аерофотоснимки и резултати от морфоструктурен анализ;
- структурни литолого-стратиграфски и фащиални карти включващи прояви на рудни минерализации и геохимични ореоли, в съответните мащаби от 1:25 000 до 1:2 000, удобни за целите на площното и детайлното търсене и оценка.

Важен момент на този работен етап е привличането на данни от предварително проведени структурно-геофизичните снимки с методите гравипроучване, магнитопроучване и електропроучване. Геофизична група на Редки метали проведе регионални полеви гравиметрични измервания в М 1:50 000 в Витошко-Гуцалската неинтрузивна зона, Горнотракийската депресия, Краищидите, и други по-малки територии, съчетани на повечето места с магнитометрични измервания в М 1:25 000 и по-едър.

Постигнатата точност на гравиметричните измервания при гъстота 4 т./кв. км позволи построяване на карти със сечение 1 мГ в планинските райони и 0,5 мГ на места в равнинните райони. Беше усъвършенствана методиката за внасяне поправка за влиянието на релефа при гравиметричните наблюдения с радиус до 200 км, прилагане на математични методи за трансформации на полето с използване на електронно-изчислителни машини. Магнитните измервания по мрежа 250x50 м при тогавашната точност на полевите магнитометри позволи построяване на карти със сечение 50 nTl.

Комплексното интерпретиране на данните от грави- и магнитопроучването позволи изучаването на геоложки особености на перспективни в ураноносно отношение закрити територии – изучаване строежа на допалеогеновия фундамент на Горнотракийската депресия, картиране на интрузивни масиви – Кап. Димитриевския плутон, Буховския масив, изучаване на Местенската грабен-синклинала, Свогенската антиклинала, Софийската падина, отделяне на площи на разпространение на вулканогенни скали и разчленяване на вулканогенни пластове по условия на формиране, картиране на вулкански апарати, вкл. с прилагане на палеомагнитния метод – Брацигово-Доспатската и Смолянската вулканогенно-седиментни депресии, изучаване на разривни нарушения под рахли образувания по зони на линейни градиенти, вериги на положителни аномалии, рязка смяна на характера на полето и др.

Чрез статистически анализ на различни векторни и скаларни параметри на гравитационното и магнитното поле е извършено прогнозиране на уранови и други ендеогенни орудявания в различни райони на страната по безаналоговата методика на Гарелов, известна още като „метод на нетипичността“. Надеждността на отделените аномалии на нетипичност се оценяват с привличане на данни от радиогеохимични, хидрогеохимични и металогенни изследвания.

Електропроучвателните работи в различни модификации се провеждат за решаване на разнообразни геоложки задачи: диполно електропрофилиране за картиране на стръмноталпащи маломощни нискоомни пластове, каквито на практика са интересувашите ни тектонски нарушения, с които обикновено се свързват ендеогенните уранови орудявания – Подгорския и Очушкия разломи в



Гуцалския плутон, Доспатския разлом в Западните Родопи, вертикално електрично сондиране (ВЕС) за определяне дебелината и литолого-стратиграфско разчленяване на разреза - в пределите на рудни находища от Горна Тракия, използване метода на предизвиканата поляризация при наличието на сулфидни минерализации с електронна проводимост за проследяване на продуктивния пермо-триаски хоризонт в условията на Западно-Балканска металогенна зона.

Геофизичните изследвания са съпроводени с изучаване на петрофизичните характеристики на изграждащите ги скали. За целта се отбират по определена методика големи количества скални проби както от повърхностни разкрития, така и от сондажи. Получените данни за плътност, магнитна възприемчивост, електрическо съпротивление и др. са основа за геоложката интерпретация на геофизичните данни.

За металогенната прогноза много важна информация дават и гама-спектрометричните изследвания. В първата половина на 70-те години разкритите територии от южната половина на страната бяха покрити със средно- и дребномащабна наземна гама-спектрометрична снимка. Направена е сравнителна радиогеохимична характеристика на различните геоложки образувания, построени са карти на съдържанията на U(Ra), Th, K, установени са радиогеохимични критерии на база съотношения на тези елементи, които позволяват отделяне на райони със специфични металогенни специализации.

Впоследствие полевите гама-спектрометрични измервания бяха насочени за детайлна оценка на аеро-гама спектрометричните аномалии, получени от аерогеофизичния отряд на Геофизичното предприятие в София.

На базата на така изработените геофизични и геоложки карти се създава т. н. прогнозна комплексна специализирана карта по урана, която е основа на съответния годишен Проект за търсене и проучване на уран в дадена площ. Тази карта отразява всички фактори, които контролират транспорта и локализацията на евентуалните уранови прояви в промишлен аспект. В обхвата на проектната прогнозна площ (в частност - геохимичен, литоложки, структурен контрол и други), както и екзогенния, ендегенния или смесен генезис. Така благодарение на извършената специализирана по уран геолого-геофизична подготовка през I-вия камерален етап на предполевата дейност, води до прогнозна оценка с висока достоверност относно промишлената стойност на урановите прояви в площта за търсене и проучване.

II –ри Етап: Площни търсещи и детайлно търсещи полеви геолого-геофизични дейности.

Геолого-геофизичният комплекс от търсещи работи, заложи за изследването на прогнозната площ, включват:

- Специализирана търсеща картировка в М 1:25 000, която покрива цялата прогнозна площ. Картировката се съпровожда с непрекъснато маршрутно радиометрично прослушване. Откритите гама-аномалии при провеждането на специализираната търсеща картировка се изучават (за физични, минераложки и др. параметри) с помощта на профилна гама-снимка в дупки - първоначално върху единичните аномалии за оценка на тяхната перспективност. Ако откритите гама-аномалии оформят аномален участък в зависимост от неговите размери се извършва оценка, чрез площна гама-снимка в дупки в М 1:10 000 до 1:5000 и 1:2000. При необходимост тези аномални участъци се покриват с гама-спектрометрия, с електро и магнитопроучване. След обработката на полевите данни и нанасянето им върху работните карти, гама-аномалиите се разканавяват и се опробват точково или браздово за геохимия, минералогия, петрография и рудни образци, придружени с подробна геоложка и радиометрична документация, а в последните десетина години се правеше и количествена прогнозна оценка, чрез използването на лека сондажна апаратура тип „Уинки“ на дълбочина 15-20 м с ядково сондиране и гама-каротаж на сондажите, придружено с опробване и подробна документация. Към вземаните проби през полевия период трябва да споменем изучаването на петрофизичните характеристики на скалите, изграждащи геоложкия разрез. За целта се отбират по определена методика големи количества скални проби от коренни разкрития, вкл. и от сондажната ядка. Получените данни за плътност,



магнитна възприемчивост, ел. съпротивление и др. са основа за геоложката интерпретация на геофизичните данни.

Взетите проби се обработват перманентно в собствената ни Централна научно-изследователска лаборатория (ЦНИЛ). Тя бе изградена, като направление към НПП (Научно-производствено предприятие) за провеждане на научноизследователска и аналитична работа, свързана с търсенето, проучването и експлоатацията на урановите находища в България.

Структурата на ЦНИЛ бе изградена от 6 вида лаборатории (групи), а именно:

- Група за физични изследвания и анализи;
- Група за радиохимични изследвания и анализи;
- Минералогопетрографска група;
- Спектрална група;
- Група за ремонт и поддръжка;
- Цех за изработка на проби.
- Група за лабораторно-технологични изследвания свързани със сондажни геотехнологични системи за отработване на уранови находища

Тези изследвания имат важно значение при проучването, усвояването, отработването и ликвидацията на участъци с прилаган сондажен геотехнологичен добив на уран.

Специфичният характер на тези изследвания се състои в това, че те следва да обхванат целия времеви период за третиране на такива находища, от една страна, а от друга те не се покриват или не дублират самоцелно, например, лабораторните изследванията (химични, петрографски, минераложки, палеонтоложки, радиохимични и т.н.) при рутинното геолошко проучване на находището.

- Проучване

Значението на тези изследвания по време на проучване на находището се изразява в това, че дава възможност доказването на геоложките запаси да е обвързано с подходяща технология за тяхното отработване. Тези изследвания имат значение и дават възможност за пълноценно и икономически ефективно отработване на находището или участък от него, включително и отказ от разработване на конкретно находище, поради проблеми от различен характер – рудна минерализация, състав на вместващите скали, количество на запасите, конюнктура на ценовия пазар на суровини, земи, законодателни и нормативни ограничения, обществени настройки.

Вметвайки думата „отказ“, това може и да значи, че находището е неподходящо за прилагане на метода на сондажните геотехнологични системи, но да е подходящо за отработване по класически способ чрез заводска преработка на добитата руда.

„Технологжката“ част от изследванията включва и полеви полупромишлени изследвания за „напасване“ на резултатите от лабораторните изследвания в реалните природни условия, доколкото в лабораторни условия трудно могат да се възпроизведат естествените.

Тези изследвания следва да определят и първоначалното химично състояние на водите от продуктивния хоризонт, както и тези от съседните на него водоносни хоризонти, като база за последващо определяне на въздействието от експлоатацията на находището.

- Усвояване и отработка

Значението на лабораторно технологичните изследвания през тези етапи се състои в това, на база конкретни резултати от провежданото извличане да се оптимизира процеса на отработка, например – чрез коригиране концентрацията на извличащия реагент, подобряване работата на сорбционния комплекс, чрез корекции на вида на сорбента или режима на регенерацията му, коригиране на разтворобоюта, реверсиране, промяна в конструкцията на добиващите сондажи, схемата им на разположение и т.н.

В резултат на по-подробни (пълни) анализи на работните разтвори могат да се идентифицират съпътстващи извличането на основния компонент елементи, които могат да се окажат допълнителен полезен търговски продукт. Респективно такива изследвания могат да определят и извличането на „тровеци“ сорбента елементи.



Тези изследвания имат и важно значение при определяне на последващото третиране на добивните участъци чрез подходяща преработка на остатъчните технологични разтвори с оглед минимизиране на негативното въздействие върху подземните води, респективно върху околната среда като цяло.

- Ликвидация

През този етап лабораторно технологичните изследвания са необходими, както за контрол на ефективността на прилаганата технология за третиране на отпадъчните разтвори, а същевременно и разработване на мониторинговата мрежа за следене състоянието на подземните води, и по-конкретно оптимизирането на тази мрежа. През този етап има възможност за оценка на въздействието върху подземните води – обеми, пространствен обхват, препоръки пред компетентния орган за определяне на охранителни зони около находищата след тяхното ликвидиране с оглед недопускане прокарване на сондажи и експлоатация на водите от отработвания хоризонт.

След приключването на полевия работен период, който започваше на 15 –ти април и завършваше в края на ноември или началото на декември (около 8 месеца), до края на м. март-следващата година се изготвяше отчетен доклад за получените полеви резултати. На тази база се изготвяха съответните препоръки- да се премине в етап проучване, чрез сондажни и минни работи по проект на търсещата група, или площта на търсене да се отбракува, като неперспективна на този етап.

ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

№ 3970:

- Доклади от производствено–методологични семинар, проведен от 13 до 18 март 1978 год. в „Редки метали“.



КАРТТЕ В НЕФТЕНАТА ГЕОЛОГИЯ – РЕТРОСПЕКЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВИ В БЪЛГАРИЯ

Н. Ботушаров
СУ „Св. Кл. Охридски“, ГГФ, botnd@gea.uni-sofia.bg

MAPS IN PETROLEUM GEOLOGY – SHORT OVERVIEW AND PERSPECTIVES IN BULGARIA

N. Botoucharov
Sofia University “St. Kl. Ohridski”, GGF, botnd@gea.uni-sofia.bg

ABSTRACT

The middle-scale geological and geomorphological mapping and accompanying activities are established as the main approach in field research in Bulgaria. The character of mapping is determined by the complex study of geological and economically important structures, assessment of known and newly discovered oil and gas fields, anomalies and identification of promising areas for detailed investigations.

The information on the preparation of maps for the petroleum geology, prospecting and exploration of oil and gas is extremely diverse, including the results of the whole complex of geological, geophysical, geochemical and drilling works in the study area.

The complex analyses of all geological factors and available maps show that the petroleum potential in the the Cental North Bulgaria is perspective for future exploration of fossil fuels. Part of the prospects are associated with mainly Triassic carbonate reservoirs and structural traps in areas with completely or partly preserved Old Cimmerian folds. Lateral and vertical migration took place along permeable pathways and conductive faults from thick Lower-Middle Jurassic generative pod to Triassic reservoirs.

The petroleum system maps aim to analyze in detail the successive processes of generation, migration and accumulation of hydrocarbons and to present all geological preconditions in the regional and local plan.

Modern approaches to mapping and future perspectives are related to the use of methods for seismic and structural interpretation, basin analysis and computer generation of specialized 3D geological models. The process of reservoir modeling and the characteristics of the discovered deposits is a reliable reflection of the geological settings, which has changed constantly and dynamically up to date.

Въведение

Геоложките методи и картирането са част от голям комплекс методи за изучаване на земната кора с цел търсене и проучване на полезни изкопаеми, в това число нефт и газ. Площното средномащабно геоложко и геоморфоложко картиране и съпътстващите ги дейности в България се утвърдиха като основен подход при провеждането на полевите изследователски работи [1]. Комплексният характер на събраната информация и съставянето на карти се предопределят от главните задачи свързани с изучаване на геоложкия строеж, търсене и качествена оценка на изкопаемите горива, прогнозна оценка на известни и новооткрити акумулации, характеристика на критериите за нефтогазоносност, очертаване на аномалии и определяне на перспективни площи за детайлни проучвания. Локализацията на находищата и повърхностните им проявления, тяхното изучаване и характеристика са важни не само за определяне на техния произход, анализ на взаимосвързаните процеси на генерация-миграция-акумулация, но и за бъдеща им експлоатация. Екологичната безопасност свързана с разграждане на нефтопродукти в замърсени почви и рекултивация на околната среда след подземен добив на полезни изкопаеми заемат също важна част от съвременните дейности при проучванията [4, 8].

Геоложки методи и съставяне на карти за търсене и проучване на изкопаеми горива в земната кора - ретроспекция

Геоложките методи са най-използваните от началото на целенасоченото търсене и проучване за нефт и природни битуми от втората половина на 19 век. Те се провеждат и до наши дни основно за



съставяне на геоложки карти и отбелязване на въглеродородни проявления на повърхността. Информацията за геоложките построения идва от картирането на повърхностните скални разкрития, а с развитието на сондажните работи и от дълбоките сондажи. Това позволява да се определят литологията, стратиграфията, съвременния геоложки строеж и местоположенията на изкопаемите горива. Наблюдаваните литотипове ни подсказват кои от тях са подходящи за въглеродородо-генериращи скали, кои за колектори или покривки, като търсим сходство на разкритията с техни дълбочинни аналози в седиментния басейн. Ограниченият характер и неравномерното пространствено разпространение на скалните разкрития, поради ерозията, съвременното строителство и наличието на покриващ почвен слой налага разширяване на сондажните работи и други специализирани изследвания при съставянето на карти.

В началото на 20 век се утвърждава антиклиналната теория, според която нефт и газ се натрупват в издигнатите части на позитивните структури и природните резервоари. Това са различни по своята големина и дълбочина на залягане сводове, куполи и валове. Традиционно, в първия етап на търсещо-проучвателните работи полевите геолози картират земната повърхност, проследяват зоните с повторение на структурните планове в дълбочина, търсят аналогии в геоложкия строеж и набелязват погребани антиклинали, представляващи перспективни подземни капани. Пространственото развитие на скалните пластове и тяхната разкритост показва свързаността им с различни структурни форми под повърхността. Разположението на седиментите може да бъде концентрично, изометрично или елипсовидно, като при значителна ерозия в централната част на позитивните структури на повърхността се разкриват най-старите погребани пластове. Така геоложките методи и картирането се утвърждават като необходимост при полевите работи за търсене на изкопаеми горива и дават ясна индикация за структурното поведение на скалите на повърхността и в дълбочина.

Методите за търсене на изкопаеми горива и подходите за съставяне на карти се разширяват и универсализират, за да могат да характеризират в детайли главните геоложки фактори и предпоставки за образуването им. Съвременните технологии и съпътстващите геоложки, геофизични и геохимични методи са важна основа, върху която стъпва търсещо-проучвателния процес за нефт и газ, картирането и очертаването на перспективни площи с преки и косвени признаци за въглеродороди.

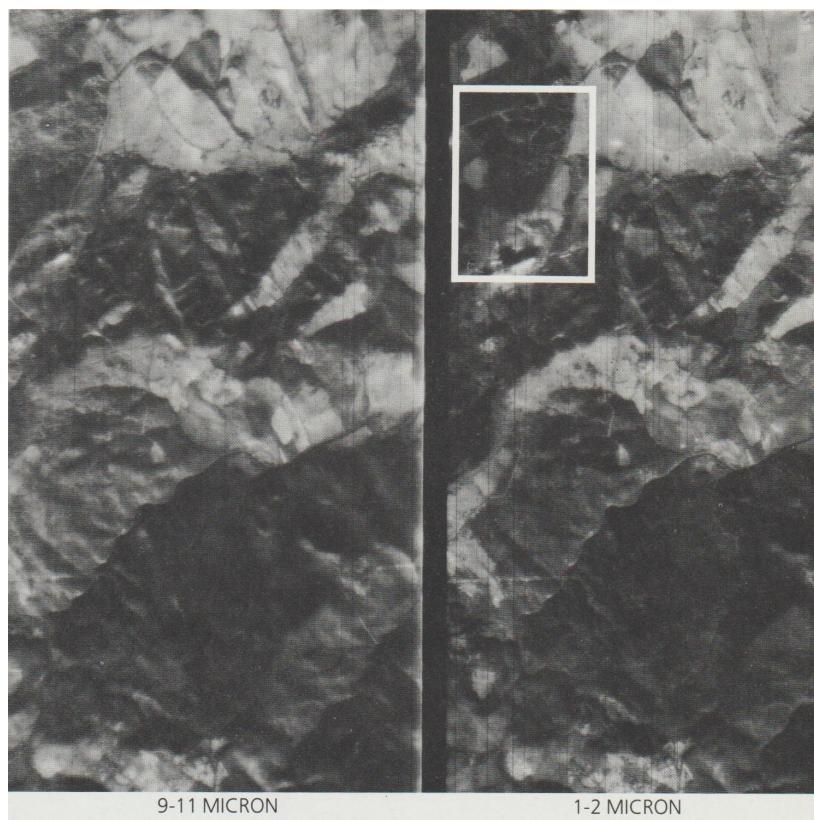
Карти, изображения и графични построения в нефтената геология

Информацията за изготвянето на карти за целите на нефтената геология и търсещо-проучвателния процес е изключително разнородна, включваща резултатите от целия комплекс геолого-геофизични, геохимични и сондажни работи в изследвания район. С тяхна помощ може да се анализират процесите на генерация, миграция и акумулация на нефт и газ, както и да се характеризират основните критерии за нефтогазоносност. Традиционно се започва с изпреварващи геофизични и дистанционни методи в зависимост от поставените цели и задачи. Гравиметричните, магнитометричните, електрометричните и сеизмичните изследвания с техните карти в съчетание с аерофото, сателитни и радарни изображения се използват повсеместно, особено в труднодостъпни, отдалечени и сложни в геоложко отношение райони. Те са отлично допълнение на повърхностните геоложки методи при оконтурване на разкрития и геоложко картиране. Дистанционните методи позволяват да се проследят границите на разпространение на литостратиграфските комплекси на повърхността, гънковите структури, разломите, вулканските проявления, интрузиите, тектонската напуканост и дори температурно диференцирани зони за геотермални проучвания (Фиг. 1). Те се използват предимно за топографско и геоложко картиране, но са полезни и при търсенето и проучването за нефт и газ. Дистанционните методи са универсални, като могат да се прилагат в комбинация с останалите видове геоложки, геофизични, геоморфоложки и геохимични методи.

Аерофото снимките се използват при изучаване на естуарната динамика и морските акватории при търсене на нефт и газ. Може да се изяснят морфоложките и структурно-геоложките особености на морското дъно, като се отделят благоприятни участъци за провеждане на детайлни проучвания. При аерофото снимките, обаче, се заснема отразената от земната повърхност слънчева светлина, поради което е невъзможно заснемането нощем и в облачно време.

Радарните и сателитните изображения записват отразената от земната повърхност микровълнова радиация и електромагнитно лъчение, постоянно без да зависи от метеорологичните

условия. Тези дистанционни техники решават множество важни задачи от геологията в това число и такива свързани с очертаване на перспективни зони за проучване и геотемпературни изследвания (Фиг. 1). След 1970 г. се използват мултиспектрални сканиращи изображения. Те измерват и показват няколко различни параметри едновременно. Най-често това са излъчената термична енергия от земната повърхност или отразени вълни в инфрачервения или ултравиолетовия диапазон на светлината. Данните от сателитите се предават автоматично до приемниците на Земята чрез радиовълни, а дигиталната информация се записва и обработва за геолого-геофизични цели.



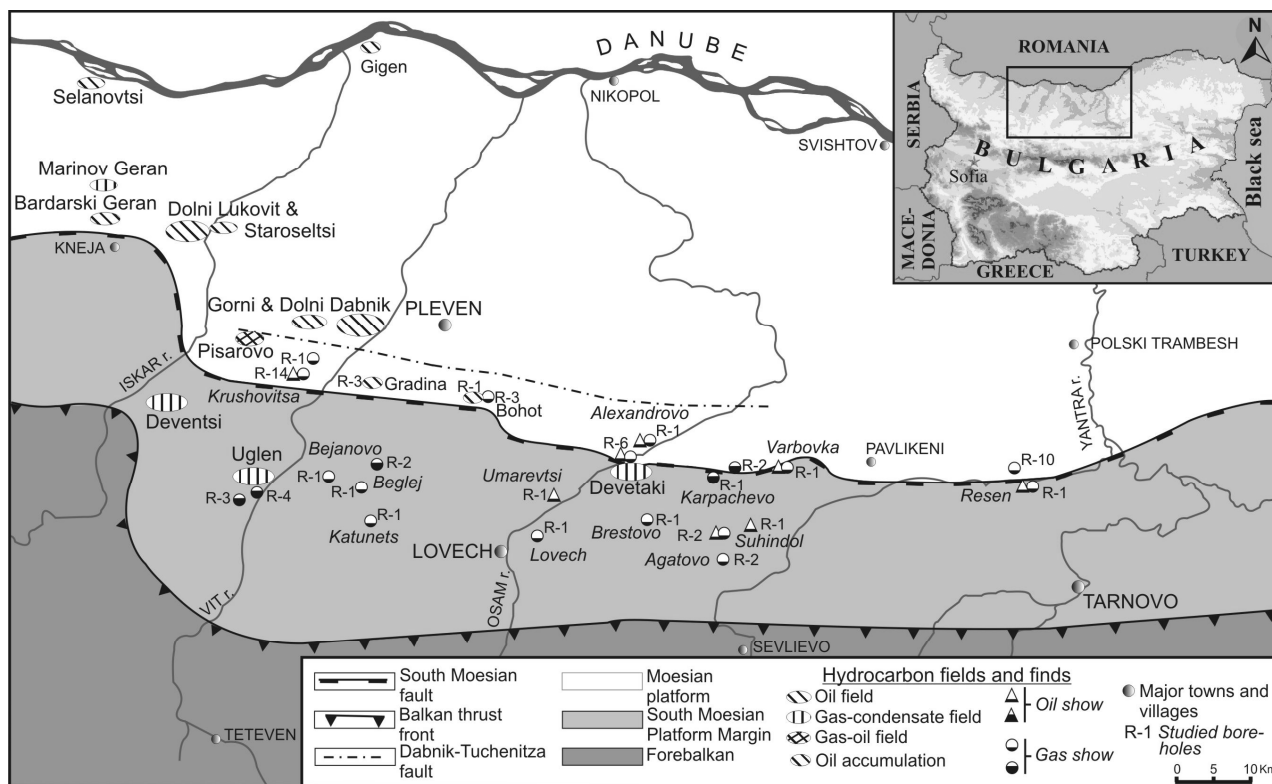
Фиг. 1. Снимка на геотермалната аномалия при Травале, Италия [11].

Сондажните работи за търсене на нефт и газ, както и за проучване на земната кора са изключително важни, защото освен възможността за директен контакт със скалите дават възможност да се провеждат съпътстващи каротажни изследвания и съставяне на карти и профили с висока степен на достоверност. В съчетание със сеизмичните дейности и сеизмостратиграфските интерпретации те позволяват изучаване на геоложкия разрез, тектонските структури, веществения състав и физическите свойства на скалите, откриване и проследяване на преки и косвени търсещи признаци, въглеводородни проявление и оценка на перспективността на отделни участъци.

Приложението на всички карти за изследване критериите за нефтогазоносност не винаги е възможно и целесъобразно. Това не е и цел на настоящата ретроспекция. Съставянето и използването на конкретен набор от графични приложения в план и разрез зависи предимно от поставените задачи и големината на изследвания район. Комплектът от карти необходими за оценка на нефтогазоносната перспективност включва геоложки, геофизични, тектонски, структурни, пластови, литоложки, литолого-фациални, корелационни, сеизмични, хидрогеоложки, геохимични, карти на нефтогазопроявите, колекторите, покривките и природните резервоари. Всеки един от изброените видове карти характеризира различен аспект от познанието за земната кора и полезните изкопаеми, но тяхната комплексна интерпретация е това, което ги прави незаменими при търсенето и проучването за нефт и газ.

Откритите находища, нефтогазопроявите на повърхността и в сондажните разрези са важен индикатор за нефтогазоносността на изучаваната територия. Картите на въглеводородните акумулации

и проявления демонстрират основно местоположението, типът и мащабът им, както е например илюстрирано това за централната част на Мизийската платформа (Фиг. 2).



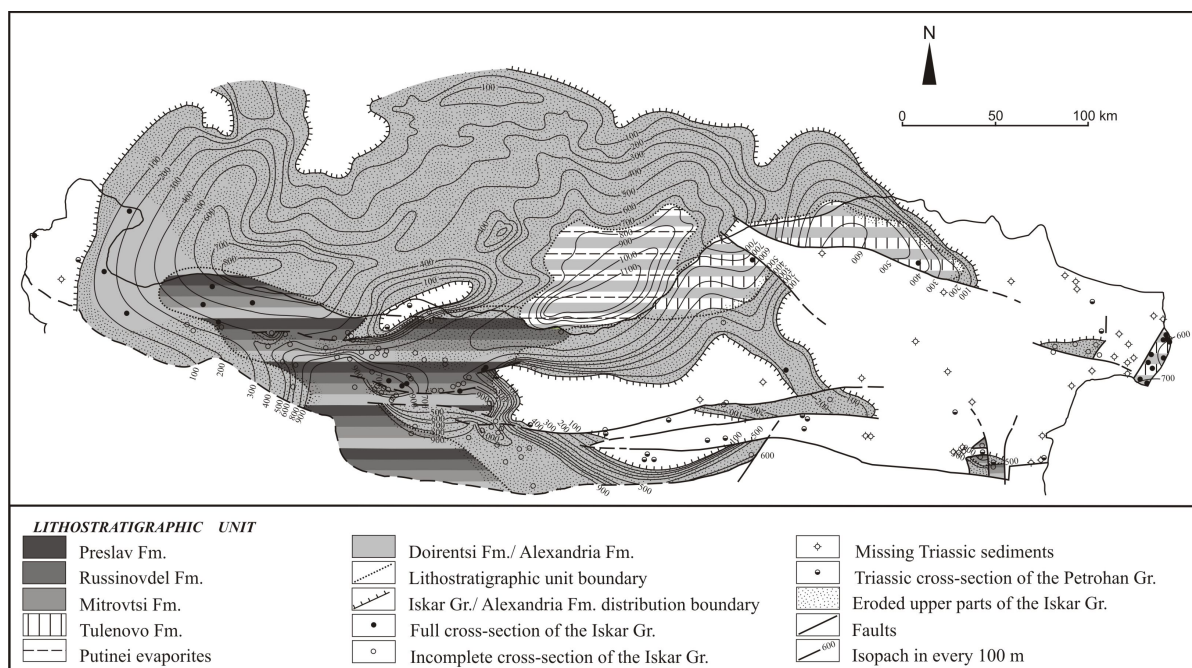
Фиг. 2. Тектонска карта на Централна Северна България с местоположението на въглеводородните находища и проявления [13].

Показват се площите на установените промишлени, полупромишлени и непромишлени акумулации, които са предпоставка за разгръщане на търсещо-проучвателната дейност. Картирането подпомага изучаването на нефтогазоносността на различни по големина територии, като се подхожда последователно от регионалните особености към отделните структури, които се явяват капани за нефт и газ. Това позволява да се насочи търсещо-проучвателния процес към най-перспективните зони и обекти. Картите осигуряват висока информативност, което засилва ефективността при подготовката на териториите за търсещо сондиране.

В нефтената геология често се използват палеоструктурни и палеотектонски карти и профили, които представят структурния план и дебелините на определен стратиграфски комплекс или комплекси. По данни от сондажите в дадена площ се картират дебелините на анализирания комплекс, а изходното построение е обикновена изопакитна карта. При анализа на изопакитните карти може да се съди за участъци с различна степен на басейново потъване, ерозия и дебелина на седиментите. Те отразяват характера на тектонските движения и може да се обвържат с регионалния геоложки строеж и нефтогазоносната перспективност в изучаваната територия.

Искърската карбонатна група [9] дълго време представлява интерес за нефтогазоносността на България, тъй като в обхвата ѝ са включени среднетриаските колектори от Дойренска свита и покривки от Митровска свита и плътните карбонатни и глинесто-карбонатни скали над тях. Такова развитие на природния резервоар се наблюдава в някои от нефтените и газови находища, както и в различни поранг акумулации и проявления в Централна Северна България. По тази причина през годините Искърската група и отделните свити в нея са били обект на задълбочени проучвания и съставяне на различни карти [15]. Изградена е предимно от сиви карбонатни седименти, които в отделни интервали са подходящи за акумулиране на въглеводороди. Групата е широко разпространена в Мизийската платформа, като на румънска територия има характеристика подобна на Дойренска свита у нас, а в

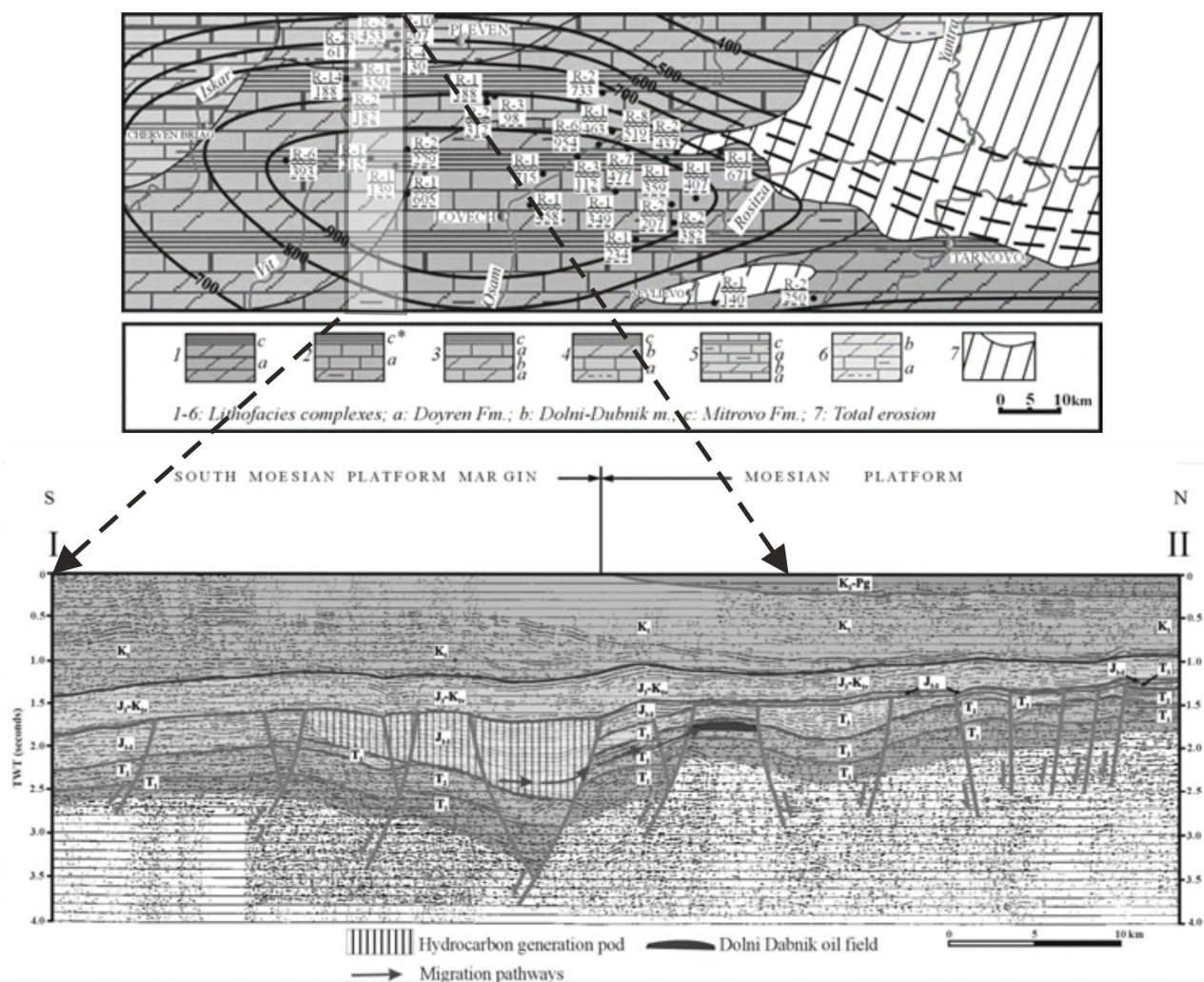
малки площи на североизток е по-плиководна по своя характер с участие на карбонатни и евапоритови литофациеси (Фиг. 3).



Фиг. 3. Изопахитна карта на триаските карбонатни скали от Искърската група в Мизийската платформа, България и Румъния [15].

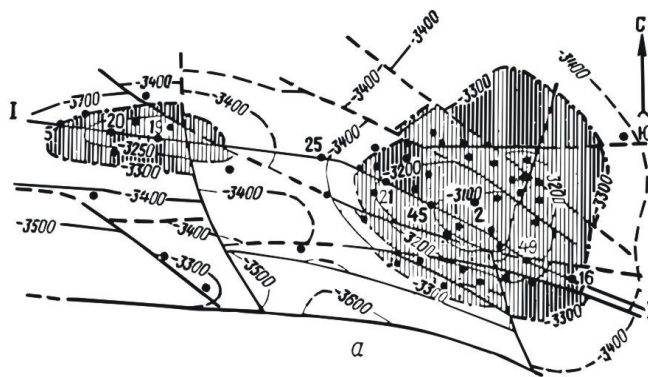
През средния триас морската седиментация заема обширен ареал в Мизийската платформа. В плитък епиконтинентален басейн през по-голяма част от аниза се установяват благоприятни условия за отлагане на дебели карбонатни разрези, представени от Дойренска свита [2]. Нещо повече, в етапа на ранната диагенеза част от варовиците отложени във високоенергетични условия са подложени на интензивна доломитизация, което подобрява резервоарните им качества в района на Долни и Горни Дъбник. Така на територията на Централна Северна България е отделен т. нар. Долнодъбнишки член [10], който представлява едно добре обособено литоложко тяло изградено от масивни кремави, разнотърнести и кавернозни доломити. Дебелината на анизките скали, както и на цялата среднотриаска последователност варира в широки граници (Фиг. 4). Пълнен среден триас е преминат само в района на селата Долни Дъбник и Одръне. Непълни дебелини поради размив отгоре наблюдаваме на няколко места, като седиментите са представени основно от Дойренска и отчасти Митровска свити. Дебелината на средния триас в централната част на Южномизийската периплатформена област варира, а точната преценка за пълния разрез се затруднява от различните дълбочина на предюрския размив в Централна Северна България. В регионален план тенденцията е за увеличение на дебелините в южна и югоизточна посока. В тази връзка най-интензивно потъване се е осъществило в Ловешкия район, а разпределението на дебелините показва присъствието на плосък склон от голяма депресионна област в направление северозапад-югоизток или запад-северозапад – изток-югоизток [2]. Вероятната дебелина на аниза и ладина за Централна Северна България се колебае от 300 м в североизточната част до над 900 м в централната зона. Това предполага развитие на перспективен природен резервоар със съчетание на колектор-покривка в зоните с пълнен среднотриаски разрез и в участъците с разпространение на плътни долно-средноюрски скали над ерозионната граница с Дойренска свита.

Концепцията за петролните системи в България е разработена в края на 20 век с обвързване на майчините за нефт и газ скали с доказани и прогнозни сценарии за въглеводородната акумулация [3]. Главните въглеводородо-генериращи седименти са развити в дебели долно-средноюрски разрези богати на органично вещество. След генерацията на нефт от долно-средноюрските хоризонти се е осъществила сравнително кратка латерална и по разломи вертикална миграция по протежение на проникваеми пластове към триаските природни резервоари (Фиг. 4).



Фиг. 4. Изопакитна и литофациална карта на среднотриаските карбонатни скали в Централна Северна България (горе); сеизмостратиграфска интерпретация и модел на долно-средноюрската петролна система и антиклинален сценарий за нефтено находище Долни Дъбник (долу), [модифицирана по 3, 12, 14].

Един от сценариите, доказан с нефтени находища Долни и Горни Дъбник, е свързан с анизките карбонати на Дойренска свита и антиклинален тип капани (Фиг. 5). В резултат на старокимерската компресия са се формирали структури, които са се запазили незасегнати от последвалите ерозионни процеси.

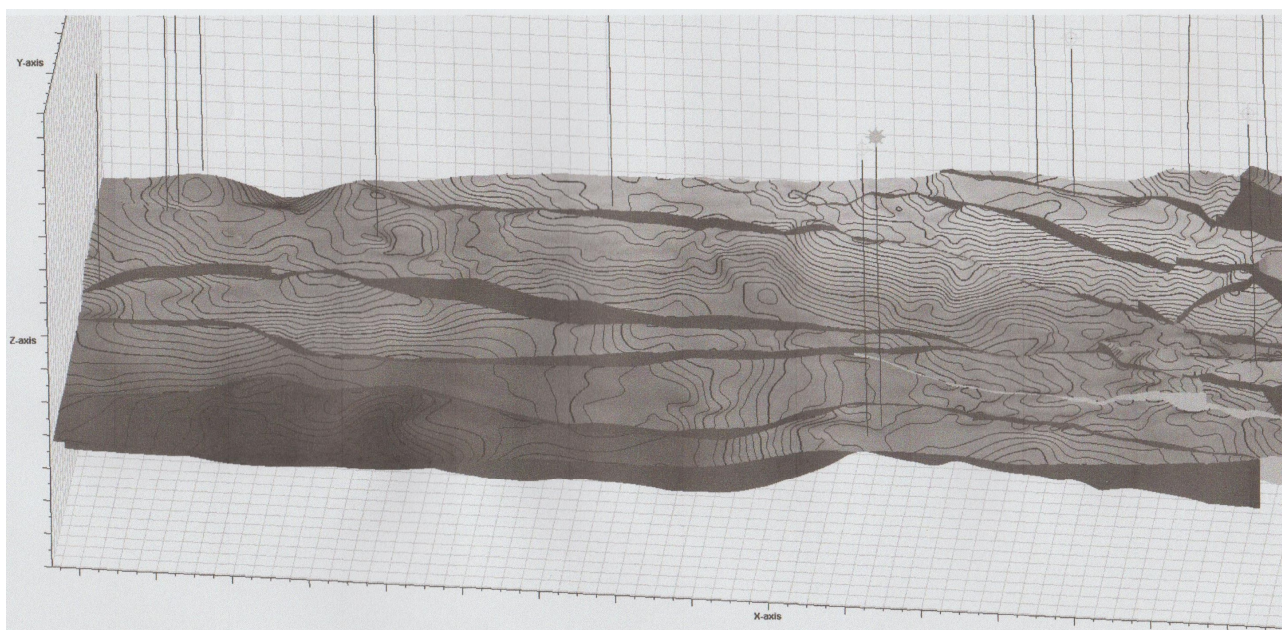


Фиг. 5. Структурна карта по горнището на Дойренска свита за нефтени находища Долни и Горни Дъбник [6].

Съвременно състояние и перспективи

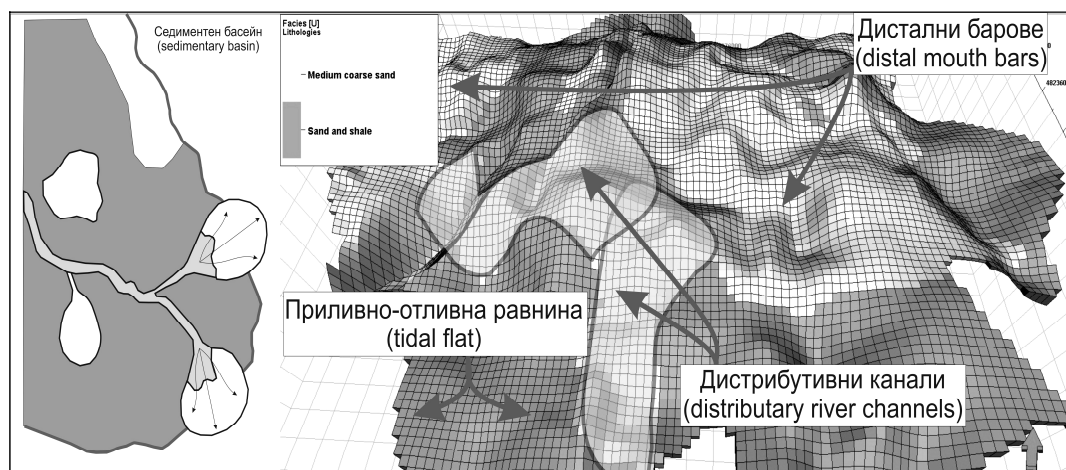
Съвременните подходи за съставяне на карти, като основа на проучванията за изкопаемите горива и изучаването на земната кора, значително се подобриха и усъвършенстваха. Картите в нефтената геология имат за цел да анализират в детайли последователните процеси на генерация, миграция и акумулация на въглеводородите и да представят геоложките критерии за нефтогазоносност в регионален и локален план. Продължава да се прилага в България петролно-системния анализ, който позволява реалистично графично представяне на елементите на петролната система и тяхната връзка с геодинамичните събития във времето и пространството [5]. Правилната интерпретация на геолого-геофизичната информация и картирането на географския и стратиграфския обхват на петролните системи благоприятства постигането на по-висока ефективност на търсещите работи за нефт и газ. Този подход е предпоставка за оптимизиране и калибриране на данните, заложи при моделирането на геоисторичното развитие на седиментния басейн и характеристиката на възникналите в него въглеводородни находища.

Неконвенционалните методи, без директен контакт на геолозите с изследваните обекти, се използват все по-често, а данните от сеизмичните и сондажни работи се адаптират в 3D дигитални модели (Фиг. 6). Цялостно се ревизира и ре-интерпретира тектонския модел на площи в Мизийската платформа с оглед на съвременните концепции. Посредством процеса на структурно моделиране е генериран 3D разломен модел, върху който са изградени 3D хоризонти, еквивалентни на 2D структурните построения [7]. Създаването и реализацията на подобни изследвания се осъществяват чрез използването на специализирани софтуерни платформи на примера на Petrel E&P.



Фиг. 6. 3D структурен модел на изследвана площ от Централна Северна България по триаско-юрското несъгласие на базата на скоростно моделиране [7].

Геоложките модели се базират на предшестващи 2D структурни карти за определен стратиграфски интервал, предварително обособен за целите на процеса на моделиране [16]. Структурните карти и литофациалните модели се генерират компютърно след детайлна литолого-стратиграфска корелация между наличните сондажно-геофизични разрези и извършената интерпретация на сеизмични профили в обхвата на дадено находище (Фиг. 7).



Фиг. 7. Литофациален 3D модел на продуктивен резервоар, базиран на данни от лабораторни анализи и сондажно-геофизична интерпретация за находище от ЦСБ [16].

Всяка клетка от 3D блока се задава предварително или се изчислява в хода на изследването чрез процеса на петрофизично моделиране, базиран изцяло на геостатистически методи и алгоритми. Концептуалният литофациален модел е изключително важен за очертаването на различни части от седиментния басейн и характеризиране на природния резервоар. Параметрите на резервоара се калибрират към мрежата от клетки, а размерът ѝ се определя от големината на находището и вариациите в петрофизичните параметри на скалите. На тази база може да се надгражда модела с добавяне на числови стойности за параметрите на резервоара като порестост, проницаемост, коефициент на нефтонаситена дебелина, общ обем на клетките, водонаситеност и др.

Заключение

Геоложките методи са част от голям комплекс изследвания за изучаване на земната кора и проучване на полезните изкопаеми. Средномащабното картиране и съпътстващите ги дейности се утвърдиха като основен подход при провеждането на полевите изследователски работи и основа за графичното представяне на геоложкия строеж.

Картите за оценка на нефтогазоносната перспективност включват комплект от геоложки, геофизични, тектонски, литоложки, сеизмични, хидрогеоложки, геохимични и др. графични построения. Те характеризират различни аспекти от геоложкото познание, а тяхната комплексна интерпретация ги прави изключително важни при търсенето и проучването за нефт и газ.

Картирането и интерпретацията на елементите на петролните системи и техните възможни сценарии улесняват постигането на висока ефективност на търсещите работи в България. Ревизирането и ре-интерпретацията на наличната геолого-геофизична информация са съществена предпоставка за оптимизиране на базата данни за седиментните басейни и анализа на процесите на генерация, миграция и акумулация на въглеводороди.

Съвременните подходи за съставяне на карти и бъдещите перспективи са свързани с използването на методики за сеизмична и структурна интерпретация, басейнов анализ и генериране на специализирани 3D геоложки модели. Процесът на резервоарно моделиране и характеристиката на откритите находища е достоверно отражение на геоложката обстановка, която се е изменяла непрекъснато и динамично до наши дни.

Литература

- [1] Бояджиев, Ст., Хр. Чемберски (ред.). 1995. *Методически изисквания за провеждане на геолошко картиране в М 1:25 000, геоморфолошко картиране в М 1:50 000 и съпътстващото ги търсене на полезни изкопаеми*. С., Комитет по геология и минералните ресурси, 155 с.



- [2] Вапцарова, А., Хр. Чемберски. 1983. Литолого-фаціальна характеристика. Триаски период. - В: *Геология и нефтогазоносна перспективност на Мизийската платформа в Централна Северна България.* (ред. А. Атанасов и П. Боков). С., Техника, 45-55.
- [3] Георгиев, Г., Хр. Дабовски. 1997. Алпийски строеж и Петролна Геология на България. – *Геология и минерални ресурси*, 8-9, 3-7.
- [4] Драганов, Л., П. Павлов. 2000. Ефикасен метод за фиксиране и разграждане на нефтопродукти в замърсени почви и възможности за тяхното използване. - *Минно дело и геология*, 9, 14-18.
- [5] Йорданов, Й., Хр. Димитров, Н. Ботушаров. 2013. *Теоретични основи и методични указания за решаване на практически задачи от петролната геология.* Издателска къща „Св. Иван Рилски“, С., 232 с.
- [6] Калинко, М. К. (ред.). 1976. *Геология и нефтогазоносност Северной Болгарий.* Недра, М., 243 с.
- [7] Мариновска, Е. 2019. 3D структурно моделиране и възможни нефтогазоносни сценарии в района на Добролево-Бяла Слатина-Кнежа. - *Геология и минерални ресурси*, 4-5, 11-15.
- [8] Павлов, П., М. Банов. 2014. Нарушения на околната среда, предизвикани от подземен добив на полезни изкопаеми. - *Минно дело и геология*, 7-8, 48-51.
- [9] Тронков, Д. 1981. Стратиграфия триасовой системы в части Западного Средногорья (Западная Болгария). - *Geol. Balc.*, 11, 1, 3-20.
- [10] Чемберски, Хр., А. Вапцарова. 1975. Триаските седименти в Северна България, разкрити по сондажен път и техните стратиграфски отношения. – *Сп. Бълг. геол. д-во*, 36, 2, 191-200.
- [11] Bolzan, G., P. A. Brivio, E. Zilioli. 1984. Thermal Prospecting in Geothermal Exploration. – *Daedalus Scanner Applications...Worldwide, 1984 Compendium*, 22-23.
- [12] Botoucharov, N. 2008. Oil and gas perspectives of the Triassic sediments in Central South Moesian Platform Margin. – In: *8th International Scientific Conference of Modern Management of Mine Producing, Geology and Environmental Protection, SGEM 2008, 16-20 June, Albena, Bulgaria, Volume I, Section II "Oil and Gas Exploration"*, II-4, 581-588.
- [13] Botoucharov, N. 2012. Hydrocarbon non-economic accumulations and shows in the southern part of Central North Bulgaria. – In: *12th International Multidisciplinary Scientific GeoConference, SGEM 2012, 17-23 June, Albena, Bulgaria, Conference Proceedings, Volume II, Section "Oil and Gas Exploration"*, 4, 457-462.
- [14] Botoucharov, N., G. Georgiev. 2006. Lithofacies and reservoir features of Triassic sediments in South Moesian Platform Central Margin. - In: *EAGE 68th Conference and Exhibition, 12-15 June 2006, Vienna, Austria, Extended Abstracts, Session Petroleum Systems, P081*, 1-5.
- [15] Chamberski, H. I., N. D. Botoucharov. 2013. Triassic Lithostratigraphic Correlation in the Moesian Platform (Bulgaria-Romania). - *Stratigraphy and Geological Correlation*, 21, 6, 609-627.
- [16] Marinovska, E., A. Ilieva. 2017. 3D Reservoir Modeling and Simulation: Application and Advantages in Oil and Gas E&P. – In: *V International Scientific and Technical Conference "Geology and Hydrocarbon Potential of the Balkan-Black Sea Region" Varna, Bulgaria*, 187-194.



ГЕОЛОГОПРОУЧВАТЕЛНИТЕ ДЕЙНОСТИ И ЗАКОНА ЗА ПОДЗЕМНИТЕ БОГАТСТВА

Инж. Стефан Григоров

Много пъти съм писал и говорил по ЗПБ, че той в този си вид вече силно затормозява, както предоставянето на площи за търсене и проучване на подземни богатства, така и на площи за концесии за добив. Затова по долу ще се спра предимно на ГПД и по точно как те са представени в Закона, кой и как ги изпълнява и кой може или би трябвало да ги изпълнява.

Какво е положението с тези дейности в момента. Считаю, че за момента нещата се движат по инерция вече повече от 30 години. В началото на прехода все още имаше останки от старите структури и инерцията все още можеше да запазва някаква посока. Имаше съхранени и съответни кадри (специалисти) и подзаконови нормативни документи. Сега вече нещата са неконтролируеми.

Да започнем с картирането. Прави ли се някаква картировка сега? Не. Може би вече повече от 20 години не е направена никаква картировка по каноните на геоложките науки. Въпреки, че във всеки договор за предоставена площ за търсене и проучване има записана клауза за извършване картировка в определен мащаб. В повечето случаи се прави само един обход на предоставената площ, а в повечето случаи дори и това не се прави, копира се някаква карта от старо проучване в района и се представя като карта в съответен мащаб за предоставената площ.

Както повечето от тук присъстващите знаят, че една специализирана картировка на площ от порядъка на 5 - 10 или повече км² струва доста пари, които няма кой да ги даде. Трудно можеш да убедиш някого (особено титуляр на предоставена площ), че трябва да похарчи няколко хиляди лева за нещо, за което той е убеден, че не му е необходимо. За какво му е например карта в М 1:25 000 или 1:5000 за площи, за които вече има изготвени такива.

Има много случаи, когато се предоставят площи за **търсене** и проучване за определено подземно богатство, където то вече е детайлно проучено и има заведени запаси в Националния баланс на запасите и ресурсите на Р България. Смятате ли, че дори и да се състави някава карта, тя ще бъде по точна, по достоверна и ще послужи на някого, като се има предвид кой я е съставил? Та сега кои са проучвателите, още по малко проучвателите извършвали подобна дейност? С тази дейност се нагърбват всякакви специалисти - строители, миньори, маркшайдери и още какви ли не. Но за държавния орган, това няма никакво значение, защото и там е същото положение със специалистите. Да не говорим за мащабните специализирани картировки извършвани в миналото у нас. Кой ги ползва сега и за какво. Нито някой се сеща за такива, нито има кой да ги извърши, нито има кой да отпусне средства, пък считам че и трудно някога ще се сформира съвет за приемане на такава картировка. Къде са или кои са експертите.

Няма вече или много малко останаха геолозите, които работеха в тази област на геоложките науки. Не познавам завършили геолози през последните години СУ, но познавам такива завършили МГУ - те не стават за такава работа. Може би думите са силни, но ще минат още някоя и друга година и ще усетим, че ни липсва цяло поколение специалисти в някои облсти на геоложките науки. Ще бъде късно.

Специалността „Геология и проучване на минерални и енергийни ресурси“ във МГИ е основна за подготовката на кадри с висше инженерно образование, способни да извършват приложни и фундаментални изследвания в областта на науките за Земята и особено в направлението по геология и проучване на минерални и енергийни ресурси. В Република България тя се придобива единствено в МГУ „Св.Иван Рилски“, София. Дипломираните по тази специалност „инженер - геологопроучвател“ и „магистър - инженер“) са с широка и високо качествена фундаментална, общоспециална и специална теоретична подготовка, съчетана със съвременни практически знания, умения и комуникационни възможности. Това ги прави способни за бързо адаптиране към различните конкретни условия на професионалната им дейност. Те се подготвят за ефективна и творческа инженерна работа, като проучвателите, проектантите, изследователите и технолозите в сферата на геологията на минералните и



енергийни ресурси. Бакалаврите от тази специалност получават комплексни знания за решаване на различни практически проблеми и провеждане на научни изследвания в областта на геологията, прогнозирането, търсенето, проучването и експлоатацията на различни минерални ресурси, като метални суровини, индустриални минерали и скали, въглища, нефт и газ. Освен това те добиват специализирани знания и по проблемите на технологията за преработка на минералните суровини, приложната минералогия (вкл. нови материали), геоложките условия на жизнената среда и т.н.

И веднага питам - къде са практиките, кой ще ги научи тези студенти как се случват тези неща на терена, на полето, в балкана, в рудника или кариерата.

В магистърската степен е предвидено обучение по четири специалности:

- Икономическа геология;
- Петролна геология;
- Икономика на изкопаемите горива;
- Приложна минералогия.

А вече говорим, че изкопаемите горива трябва да излязат от употреба!

Учебните планове и програми за специалността, разработени с водещи специалисти от сродни европейски университети, отговарят на съвременните европейски изисквания в областта на минералните ресурси, а обновената и модернизирани лабораторна база в профилиращата катедра дава възможност за практическа подготовка на студентите по време на обучението. Включването на специалността в рамките на общоевропейската образователна програма „ERASMUS+“ предоставя на студентите възможност за провеждане на част от обучението им в редица водещи европейски университети. Традиционните контакти в областта на геологията с редица международни институции и компании е гаранция за по-добри възможности за реализация на бъдещите специалисти не само в български, но и в редица престижни чуждестранни фирми, опериращи на територията настраната и в други страни по света.

Така е записано на страницата на МГУ в интернетa, но вярно ли е това - силно се съмнявам.

Как смятате държавата печели или губи от такъв фарс. И защо държавния орган допуска това - от неразбиране на проблема, от незнание на служителите, от некадърност или от какво. Къде са експертите, служители в държавния орган, които би трябвало да познават добре геоложкия строеж на страната, да знаят за извършените и извършвани ГПР и различните картировъчни работи, да познават в най-общи линии проучените находища на ПБ и т.н.? Няма ги.

Защо е такова състоянието според мен?

На първо място бих посочил от неясното разписване на проблема в закона. На следващо място бих посочил проблема с назначаването на необходимите специалисти водещи проблема. Този проблем, както е известно важи за всички държавни сужби - назначават се наши хора, а не експерти - специалисти, специалисти с натрупан опит геоложката практика и добива на подземните богатства. До кога ще се правят корекции в закона от правно и икономическо естество, а истинските проблеми ще се натрупват и заобикалят, ще продължават да пречат и да затрудняват дейността по добива и проучването на подземни богатства, един крайно важен отрасъл за страната, изтъкван вече десетки, да некажа стотици пъти на подобни форуми. Като правителствена програма беше заложено разработването на изцяло нов закон за подземните богатства с идването на новото правителство през 2011 г. Но уви!!!

Считам, че е наложително в проучвателните и добивните фирми да фигурират съответните минни и геоложки специалисти.

Заклучение

На първо място за постигане на устойчиво развитие на минната индустрия в България трябва да се изработи и приеме от Народното събрание **нов Закон за полезните изкопаеми**, а защо не и **Кодекс**.



Нормално ли е да се извършва съгласуване на определена процедура по два или три пъти с дадена институция (най-често това е МОСВ, МК, МТС). Това означава, че или институцията не си е на мястото или нейните експерти не знаят за какво стоят в нея.

На следващо място за да стане **Единният орган за управление на минералните ресурси действителен орган за управление**, той трябва да бъде наситен с експерти, които имат знанията и опита, както в проучването на полезни изкопаеми, така и в добива им, та дори и в преработката им. Не на последно място за да има име и тежест този орган следва да бъде ръководен от заместник министър, който да не бъде политическо лице, а да познава отрасъла из основи.

Крайно време е нашите браншовеци, имам предвид всички специалисти работещи в минния отрасъл и научни работници занимаващи се с проблемите му, обединени под ръководството на НТС по МДГМ и БМГК да изготвят нов Закон за полезните изкопаеми, които да отговаря на съвременното ниво на познания и развитие на отрасъла.

Реализирането на гореказаното ще доведе до:

- стабилна ръководна структура на отрасъла;
- създаване на нормална инвестиционна среда за отрасъла;
- Създаване на нормални условия за проучване, добив и преработка на подземните богатства;
- Ефективна система за контрол на дейностите по проучване, добив и преработка на подземните богатства;
- Превенция на незаконния добив;
- Ефективно обслужване и регулиране на дейностите в отрасъла от добре обучен и ресурсно осигурен персонал.

Литература

1. Коняров Г., 1953 г., Принос към историята на рударството и металургията в България, изд. БАН
2. Коен Ел. и др., 1946 г. Основи на геологията на България, ГДГМП
3. Национална стратегия за развитие на минната индустрия, 2011 г.
4. Национална стратегия за развитие на минната индустрия, 2015

