

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Книга 1 – ГЕОЛОГИЯ
Том 102

ANNUAIRE DE L'UNIVERSITE DE SOFIA "ST. KLIMENT OHRIDSKI"
FACULTE DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE
Livre 1 – GEOLOGIE
Tome 102

ОБОБЩАВАНЕ НА СРЕДНОМАЩАБНИТЕ
ГЕОХИМИЧНИ ДАННИ ОТ РАЙОНА НА ИЗТОЧНИ РОДОПИ
И ЧАСТ ОТ САКАР

СТЕФАН БОЯДЖИЕВ¹, ВЛАДИМИР ГЕОРГИЕВ², ИЛИАНА ГЕОРГИЕВА³

¹ СУ „Св. Климент Охридски“, e-mail: boyadjiev@abv.bg

² Геологически Институт – БАН, e-mail: vladob9geo@yahoo.com

³ НИИ „Геология и геофизика“ АД, e-mail: iliana_geo@abv.bg

Stefan Boyadjiev, Vladimir Georgiev, Iliana Georgieva. GENERALIZATION OF MEDIUM-SCALE GEOCHEMICAL DATA IN EASTERN RHODOPE AND PART OF SAKAR AREA

For the purpose of metallogenic analysis and quantitative forecast in the geochemical practice small-scale generalization of geochemical data from wide areas is made. Method of drawing up geochemical maps of the relative potential of root mineralization by removing the alluvial-delluvial and the alluvial deposits is used.

Based on the results from medium-scale lithochemical surveys of an area of 13 866 km² in Eastern Rhodopes and part of Sakar region a small-scale generalization at scale M 1:100 000 and M 1:200 000 has been compiled, based on secondary dissipation aureoles. Using GIS technologies, forecast-geochemical maps of 15 typomorphous elements has been compiled. The regional distribution of anomalous geochemical fields has been highlighted, which in most cases confirms the known metallogenic specialization of the metallogenic objects of different rank in the studied area providing in some cases greater details concerning their geochemical specialization. The suggested resource of the latter has been calculated for the metallogenic objects of different rank, based on geochemical data. Geology-geochemical models are built for some of them. The performed generalization of the prospecting geochemical data reveals the undepleted ore potential of this part of the country, whose prospects relate to particular forecast sections and areas.

Key words: small-scale generalization, lithochemical surveys, metallogenic objects, erosion section, forecast-geochemical maps, root mineralization, ore potential.

ВЪВЕДЕНИЕ

През 2008 г. авторски колектив* с участието на преподаватели от СУ „Св. Кл. Охридски“ завърши обобщаващо изследване върху наличната средномащабна геохимична информация в страната с оглед използването ѝ за металогенен анализ и количествено прогнозиране. Последователно бяха изследвани (фиг. 1) шестте рудни региона в страната: Източни Родопи, Западен Балкан, Краище, Западни и Централни Родопи, Същинска Средна гора и Централна Стара планина, Източно Средногорие и Странджа. Последните са дефинирани не като геоложки единици, а в рамките на определени картни листа в М 1:100 000 (фиг. 1). Във всеки един от тях бе събрана наличната геохимична информация основно от средномащабните литохимични снимки (М 1:25 000, М 1: 50 000), отчасти и в М 1:10 000 и организирана в единно структурирана база данни на Access. Обобщаването ѝ се извърши по приета технология за построяване на аномалното геохимично поле на обширни територии, включващи следните главни моменти, съдържанието на които е коментирано вече (Бояджиев, 2007):

- структуриране на геохимичната информация;
- съставяне на ландшафтно-геохимични карти по условията за провеждане на геохимични работи;
- определяне на типоморфните елементи, параметрите на местния (регионалният) геохимичен фон и коефициентите на остатъчна продуктивност на основните рудни елементи във вторичните ореоли на разсейване;
- съставяне на моноелементни (полиелементни) карти и на прогнозно-геохимични карти;
- прогнозна оценка за коренната минерализация в изследваната територия;
- разработване на геолого-геохимични модели на разнорангови металогенни (рудни) обекти.

* Ст. Бояджиев, Вл. Георгиев, Г. Желев, 2002. Доклад по геоложка задача: „Реинтерпретация на резултатите от вторичните ореоли на разсейване и съставяне на карти в М 1:100 000 на територията на България – Краище. Национален Геофонд, 249 с.

* Ст. Бояджиев, Вл. Георгиев, Б. Кольковски, Г. Желев, Н. Влахова. 2005. Определяне на аномалното геохимично поле на България в М 1:100 000 – Западни и Централни Родопи. Национален Геофонд, 167 с.

* Ст. Бояджиев, Н. Обретенов, Г. Желев, Н. Влахова. 2006. Определяне на аномалното геохимично поле на България в М 1:100 000 – Същинска Средна гора и Централна Стара планина. Национален Геофонд, 325 с.

* Ст. Бояджиев, Н. Обретенов, Г. Желев, Н. Влахова. 2007. Определяне на аномалното геохимично поле на България в М 1:100 000 – Източно Средногорие и Странджа. Национален Геофонд, 335 с.

* Ст. Бояджиев, Вл. Георгиев, Н. Обретенов, Б. Каменов, Б. Маврудчиев, Д. Йосифов, Г. Желев, И. Георгиева, Н. Влахова. 2008. Окончателен доклад по геоложка задача: „Определяне на аномалното геохимично поле на България в М 1:100 000 – част II. Актуализиране на аномалното геохимично поле в Източни Родопи, Западен Балкан и Краище в М 1:100 000. Разномащабно определяне на аномалното геохимично поле на България. Национален Геофонд, т. I – Източни Родопи, Западен Балкан, Краище 315 с.; т. II – Източни Родопи, 95 с.; т. III – Западен Балкан, 102 с.; т. IV – Краище 75 с.

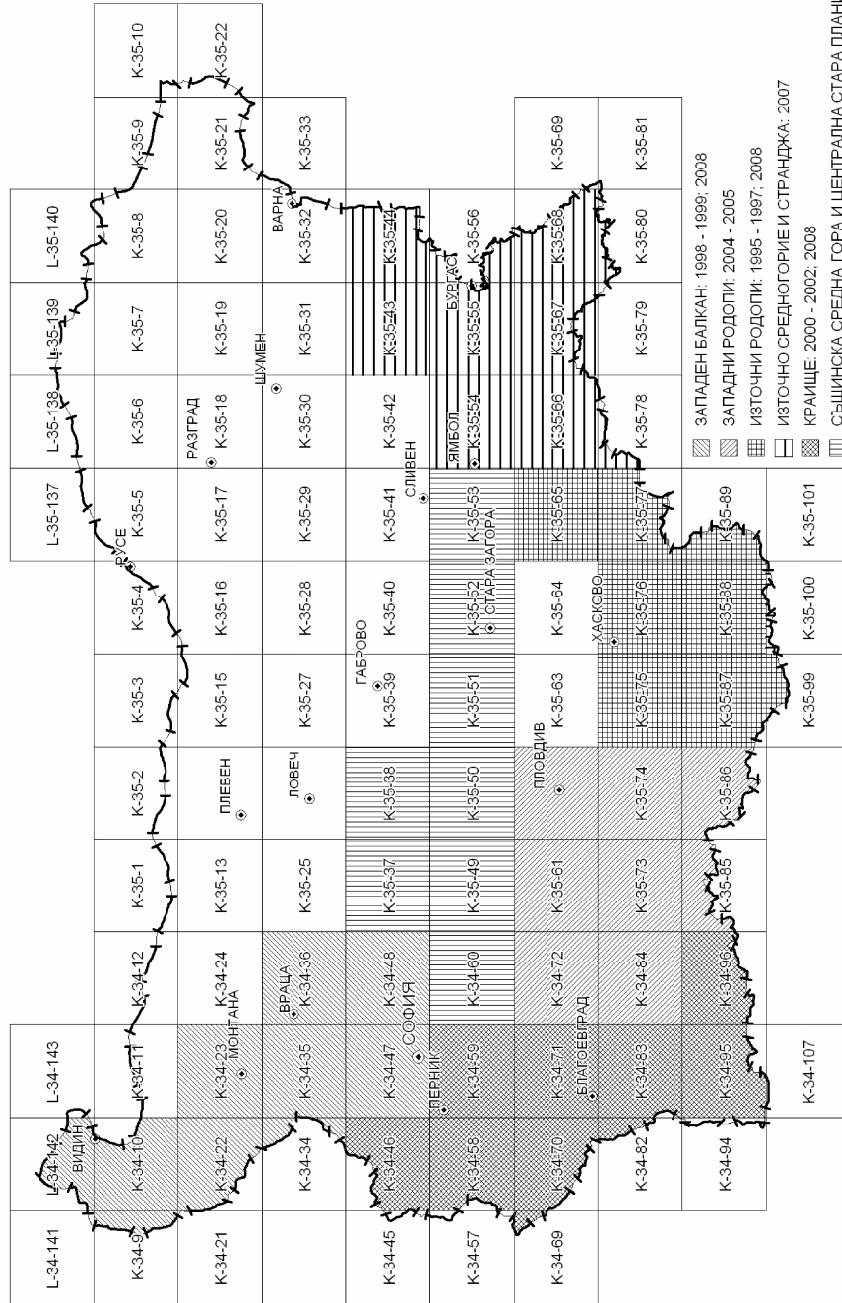
За определяне на параметрите на геохимичното поле са използвани общоприетите правила (Справочник по... ,1990; Юфа, Гурвич, 1964). За дребномащабното обобщаване на металометричната информация и съставянето на различните видове карти бе използван предложеният от А. П. Соловов (Соловов и др.,) и доразвит от неговите ученици (Матвеев и др., 2000) метод за анализ на резултатите от търсещите литохимични снимки при прогнозно-металогенните изследвания. Общата и специалната обработка на геохимичната информация е извършена с програмните пакети STATISTIKA, MS Excel, SPSS, Gold-Геохимик (Boiadjiev, S. at all, 2002). При съставянето на геолого-геохимичните модели на ранноранговите металогенни обекти тяхната ендегенна зоналност бе изследвана с помощта на програмата Ню-2 (Соловов, 1985). За изобразяване на резултатите от обработката на съдържанията на елементите във вторичните ореоли на разсейване са използвани възможностите на географските информационни системи – ArcGIS (ArcMap – v 9.2). Използваните геоложки карти в М 1:100 000 са трансформирани от MapInfo в ArcGIS формат. Картният материал (54 карти в М 1:200 000 и 209 карти в М 1:100 000) е организиран в геобаза данни.

КРАТЪК ПРЕГЛЕД НА ГЕОХИМИЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В РЕГИОН ИЗТОЧНИ РОДОПИ

Известно е, че геохимичното картиране в М 1:200 000 на Южна България бе извършено през периода 1980–1990 г. и за целите на металогенния анализ бе съставена прогнозно-геохимична карта на Южна България в М 1:200 000, както и карти на геохимичната специализация и диференциация на скалните комплекси (без неогенските и кватернерните) в Родопския масив, Средногорската структурно-металогенна зона, Стара планина, Краището, Осогово, Огражденската и Малешевската планина. В геохимичната история на тези земи бяха отделени 4 геохимични епохи, а територията им, според геохимичния си облик, бе районирана общо на 24 геохимични структури (блокове и зони), за всяка от които бяха изказани съображения за „потенциалната“ им металоносност и дадени конкретни препоръки за бъдещи търсещи и проучвателни работи (IV-341* 1980; IV-389, 1990).

Прогнозно-геохимичната карта в М 1:200 000 бе съставена по резултатите от емисионно-спектралния анализ на 30 типоморфни елемента, за 10 от които на практика чувствителността на анализа не бе достатъчна. През 1993–1994 г. бе изучена геохимичната диференциация и специализация на скалите от Берковския, Белоградчишкия, Годечкия, Влахинския, Осоговския и Краищидния геохимичен блок по отношение на Au, бяха отделени потенциално перспективните за Au геоложки формации: офиолитова, гранит-мигматитова, флишоподобна, карбонатна и моласова – в Западния Балкан; Струмска-диоритова и спилит-кратофировата – в Краището, и препоръчани за детайлно геохимично търсене контурените по първичен геохимичен ореол аномални площи около с. Раковица,

* Доклади в Националния Геофонд на МОСВ.



Фиг. 1. Схема на дребномащабното обобщаване на литохимичната информация в Република България
 Fig. 1. Scheme of small-scale generalization of lithochemical information in Bulgaria

с. Стакевци и Белоградчик – в Западна Стара планина, както и тези в района на р. Драговищица и р. Струма – с. Невестино – в Краището (I-1185, 1994).

Районът на изследване частично или изцяло попада в Севернородопската геохимична зона и в Източнородопския, Централнородопския, Източносредногорския, Странджанскоелховския геохимичен блок.

Анализирайки връзката между геофизичните и геохимичните полета в Родопския масив и Средногорието, Панайотов и Йосифов (1985) отбелязват, че отделените по геофизични данни 5 геоблока с различна плътност на земната кора се отличават и по геохимичната си специализация на рудните елементи, продукт на развитата в тях разнообразна минерализация. Последната е представена от близки по възраст и по основни рудни елементи находища: оловноцинкови – в Родопския масив, и медни – в Средногорието. По-нискоранговите геоблокове се характеризират с по-ясна и по-тъсна геохимична специализация на орудяването, с развитие на предимно еднотипни находища.

В района на изследване има значителна по обем информация по потоци на разсейване и по вторични литохимични ореоли на разсейване от проведените през продължителен период дребномащабни (M1:50 000, M1:25 000) и едромасщабни (M1:10 000, M1:25 000) литохимични 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. Салавьев, Л. Афанасиева и др.). По-обемните металометрични картировки в района са извършени от геоложките картировъчни бригади/отряди на бившето Предприятие за геолошко картиране и геофизични проучвания, впоследствие „Геология и геофизика“ АД, както и от Геоложкото предприятие в Асеновград. Значителен брой металометрични картировки, съпровождащи геофизичните проучвания, включително и в M1:25 000, 1:10 000 и по-едър, са проведени и от специализираната комплексна експедиция за търсене „Родопи“ – Асеновград.

Площта на Източни Родопи е „най-геохимичната“ откъм налични литохимични изследвания по основните самостоятелни търсещи геохимични методи: потоци на разсейване, вторични ореоли на разсейване, първични геохимични ореоли. Извършени са значителен брой изследвания по потоци на разсейване в M1:25 000 основно от Б. Яковлев, Г. Шиляфов, Е. Динков, Н. Кацков, Й. Шабатов, И. Боянов, Н. Стефанов, Л. Афанасиева, Н. Салавьев, В. Вълков и др., същите изследователи са и основните автори на разномащабните металометрични снимки. През 1970–1978 г. екипи на ПГП и ГК провеждат средномащабни литохимични снимки, мрежата на които е равномерна – 250×100 m (1970–1972) и 500×50 (1974–1978). Ориентацията на профилите е север-юг, металометричните проби са вземани на дълбочина 0,1–0,3 m в зависимост от дебелината на почвено-елувиалната покривка. Пробите през 1974–1978 г. са анализирани на ПЕСА на 13 елемента: Ва, Sb, As, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Ni, Co, Mo, Sn, W, сред които липсва Au. 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 през 1977–1978 (IV-366). По-ранните металометрични снимки на Е. Динков (1966) и на Г. Шиляфов (1969, 1970, 1971, 1972) са с ограничен набор на изследвани елементи, по-ниска чувствителност на ПЕСА и отличаваща се скала на измервания (IV-206, IV-242, IV-263, IV-264).

От 1993 г. в Източни Родопи картировъчни отряди на ПГП и ГК с ръководители С. Саров, В. Георгиев и Б. Йорданов извършват специализирана ауриметрия на значителни площи в М 1:50 000 (500×50) и М 1:25 000 (250×50). Мрежите на опробване са равномерни, в пограничните райони опробването е маршрутно. Ориентировката на профилите е север-юг или изток-запад и е определена от геолого-структурната обстановка на района. Опробвани са елувиално-делувиалните отложения под хумусния слой на дълбочина около 0,2 m, пробите са анализирани само за злато с редки изключения (IV-455, 1998). Участъците, на които дотогава е било провеждано детайлно търсене с литохимично опробване, са изключвани от регионалното опробване. Много рядко в участъци с перспективни литохимични аномалии на злато е провеждано опробване по съгъстващи профили. Резултатите от тези изследвания са отчетени с доклади в Националния Геофонд (IV-415, 1994; IV-426, 1995; IV-427, 1995; IV-431, 1995; IV-427, 1995; IV-431, 1995; IV-436, 1996; IV-438, 1996; IV-446, 1997; IV-455, 1998; IV-456, 1998; IV-461, 1999; IV-462, 1999; IV-471, 2000; IV-484, 2003 – обобщаващ).

С наличната информация от средномащабните металометрични снимки в Източните Родопи (196 703 проби за оценка на полиметалната минерализация и около 97 000 проби – за оценка на благородната минерализация) започна дребномащабното обобщаване на литохимичната информация в страната по метод, целящ ползването ѝ за нуждите на металогенния анализ и количественото ѝ прогнозиране (IV-442, 1996; IV-452, 1997).

В Източните Родопи са извършени най-много изследвания в нашата страна върху състава, строежа и ендегенната зоналност на първичните геохимични ореоли в различни типове находища (Панайотов, 1980, 1984). Изследвания са извършени 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 е построен и спрегнат геохимичен модел по резултатите от първичните геохимични ореоли и вторичните ореоли на разсейване (Първанов, Морозов, 1990).

В цифровия вариант на шлихоминераложката карта на България в М 1:25 000 е направено обобщение на многобройните шлихоминераложки опробвания в Източните Родопи, които обикновено в миналото са съпровождали геоложките и геоморфоложките картирания на страната (Витов, 1997). В последните картировки на Източни Родопи (1993–2004 г.) паралелно с кондиционното геоложко картиране и златометрията е проведено и шлихоминераложко опробване в неопробваните в миналото площи (през 250 m е опробвана речната мрежа с течащи води със средна плътност на опробване 1–2 пр./km²), при което шлиховите ореоли на злато, сребро, галенит, вторично олово и по-рядко на други рудни минерали са използвани за прогнозни цели (IV-484, 2003).

Територията на Източни Родопи е влязла като част от общата територия в първите металогенно-прогнозни карти на страната по цветни и благородни метали в М 1:500 000 (Йовчев*, 1961), на Родопския масив в М 1:100 000 (Димитров*,

* Доклади в Националния Геофонд на МОСВ.

1979), в прогнозно-геохимичната карта на Южна България в М 1:200 000 (Панайотов*, 1979) и на металогенно-прогнозната карта на България в М 1:200 000 (Нафтали и др.*, 1991). Геохимичните изследвания в Източните Родопи са използвани при изготвянето на рационален комплекс (геоложки, геохимични, геофизични работи) за търсене на оловно-цинкови орудявания (Гергелчев и др.*, 1977) и в завършените през 1985 г. първи кондиционни едромасщабни и детайлни металогенно-прогнозни карти за изследване основните закономерности в разпределението и образуването на рудните находища в района, съставени от колектив под ръководството на В. Гергелчев, Д. Йосифов, А. Панайотов.

В района на изследване има значителна по обем информация по потоци на разсейване и по вторични ореоли на разсейване от проведените през продължителен период средномасщабни (М 1:50 000, М1:25 000) и едромасщабни (М1:10 000, М1:5000, М1:2000) литохимични снимки. По правило по-обемните металометрични картировки са извършени от геоложките картировъчни формирания на бившето Предприятие за геоложко картиране и геофизични проучвания, впоследствие „Геология и геофизика“ АД, както и от геоложките предприятия в градовете Ямбол и Асеновград. Немалко металометрични картировки, включително и в М1:10 000 и 1:25 000, са проведени и от създадената в недалечното минало специализирана комплексна експедиция за търсене „Родопи“ – Асеновград. Анализът на извършените геохимични изследвания и на първичния материал води до следните констатации за геохимичната информация в района на Източните Родопи:

1. Литохимичното поле на разсейване в изучаваната територия е изследвано продължително време от различни изследователи. Основният мащаб на средномасщабните литохимични снимки по вторични ореоли на разсейване е 1:25 000. Металометричните картировки са извършвани по анизотропни и предимно равномерни мрежи, като 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. Основната ориентация на мрежите е напречна на геоложките структури. Опробването е съгласно методичните изисквания за дълбочина на пробовземане (най-често 0,1–0,3 m от подпочвения елувиално-делувиален слой), начално тегло на взетите проби (обикновено 200–300 g), почвена фракция на опробване (преобладаващата е 0,3–0,4 mm, т. е. дребната пясъчливо-глинеста), подготовка на пробите за анализ и т. н. Последният е традиционен за геохимичните проби – ПЕСА, и е извършван в ГПЛИ (най-вече), Ямбол, Асеновград.

2. Литохимичното опробване по потоци на разсейване не е извършвано като систематична геохимична снимка в съответен мащаб, а е съпровождало геоложкото картиране поради исторически сложилите се обстоятелства при използването на този основен по-регионален търсещ геохимичен метод в страната ни. Пробите са взимани най-вече от пелитната фракция на алувиалните отложения, като не са спазвани методичните изисквания за начина на опробване на водотоци от различен порядък. Подготовката на пробите за анализ е правилна, последният (ПЕСА) е извършван паралелно с металометричните проби (в лаборатория, анализирани елементи и т. н.).

* Доклади в Националния Геофонд на МОСВ.

3. При провеждане на металометричните картировки са се отчитали ландшафтно-геохимичните особености на изследваните територии в посока за вземане на решение, че в ландшафтно-геохимичната им обстановка 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. В повечето случаи не са съставяни и ландшафтно-геохимични карти по условията за провеждане на търсещи геохимични работи, които биха показали „правомерността“ на приетия от изследователите на геохимичното поле тип на развитите елувиално- и алувиално-делувиални ореоли в площта на картираните територии.

4. Вземите геохимични проби (металометрични и по потоци на разсейване) са подлагани основно на традиционния за времето си ПЕСА и на химико-спектрален анализ на Au. Наличните данни за анализирания набор от елементи показват, че:

- разширяването на броя на анализирани елементи с времето (от 5–8 до 9–14) обикновено е свързано с металогенната специализация на изследваните територии, но практически избраните измежду тях са общоприетите за типоморфни елементи в хидротермалните ни находища, които участват и в общия им зонален ред;

- чувствителността на аналитичните определения в редица случаи е била недостатъчна, особено за елементите Sb, As, Ag, Bi, W, още повече за съдържанията им в литохимичните потоци на разсейване;

- обработката на геохимичната информация от определено качествена (описателна) в началото, става с течение на времето с количествени елементи, особено при използването на автоматизираната система АСОД-ГЕО. В повечето случаи тя се свежда до построяване на моноелементни и полиелементни карти (в адитивен и мултипликативен вариант) на елементите във вторичните ореоли на разсейване; определяне на типоморфните елементи по данни на факторния анализ и на корелационните им връзки; пресмятане на зонални коефициенти, без да се отчита хипергенната среда и без те да се картират; построяване на прогнозно геохимични карти. Количествена интерпретация на потоците на разсейване по същество не е правена, в повечето случаи те са интерпретирани по подобие на вторични ореоли на разсейване или на шлихови ореоли;

- съхранената литохимична информация е получавана, обработвана и анализирана в дълъг период от време от различни лаборатории, между които е имало (Ямбол и София) значителни систематични различия. Тези обстоятелства са отчетени при обработка ѝ. Известно е, че чувствителността на аналитичните определения на най-често анализирани 13 елемента в геохимичните ореоли на ПЕСА в тези лаборатории в миналото са били (в $n \cdot 10^{-3}\%$) София (I-1071, I-1076): Ba, As – 10; Sb, Zn – 3; W – 1; Pb – 0,2; Ni, Cu, Co, Sn, Bi – 0,1; Ag – 0,02, Ямбол (XV-1004): Ba, As – 10; W – 1; Sb, Zn – 3; Pb – 0,2; Ni, Cu, Co, Mo, Sn, Bi – 0,1; Ag – 0,02.

5. На територията на Източни Родопи геохимичните картировки са преимушествено в обсега на к. л. в М 1:100 000: К-35-88 (Крумовград), К-35-76 (Хасково), К-35-75 (Искра), К-35-87 (Кърджали) и К-35-65 (Тополовград).

ГЕОЛОЖКИ СТРОЕЖ

Разглежданият район обхваща части от Родопския масив и Странджанско-Сакарската зона. Границата между тях се бележи по Златоустовската дислокация.

РОДОПСКИ МАСИВ

В геоложкия строеж на Родопския масив традиционно се отделят допалеогенски метаморфен фундамент и седиментно-вулканогенни комплекси. Метаморфният фундамент се разкрива в куполите, а палеогенските седиментно-вулканогенни комплекси – в наложените депресии.

Високометаморфният фундамент е изграден от скали, метаморфозирани в амфиболитов или еклогитов фации. На територията на България в него традиционно се отделят два етажа – долен (Прародопска надгрупа) и горен (Родопска надгрупа; Вергилов и др., 1963; Кожухаров, 1984). Възрастта на протолитите и на метаморфизма е твърде дискуссионна. В последните години се натрупаха много данни, че последният етап на метаморфизма е с къснокредно-еоценска възраст. Най-разпространена е концепцията, че през палеогена, в резултат на предшестващо удебеляване на земната кора, възникват процеси на екстензия и се формират метаморфни ядрени комплекси или куполи (Ivanov, 2000). Те имат синхронно развитие и аналогичен строеж. В ядрата на куполите (долна пластична кора, мигматитов комплекс) се установяват метаморфити, засегнати от силна мигматизация и анатексис (метагранити, мигматити, мигматизирани гнайси, еклогити). В мантията на куполите (горна крехка кора, „пъстър“ комплекс) се разкриват разнообразни гнайси, амфиболити, мрамори и серпентинизирани ултрабазити. В общия случай Прародопската надгрупа отговаря на мигматитовия комплекс, а Родопската надгрупа – на „пъстрия“ комплекс.

В разглеждания район се формират няколко ядрени комплекса (Ivanov, 2000) – Маданско-Давидковски, Белоречки и Кесибиришки. Кесибиришкият купол (Бонев, 2002) е с ограничени размери и може да се разглежда като паразитна (второразрядна) структура на Белоречкия купол, като двата са обединени в Източно-родопски комплексен купол (Georgiev, 2006). Маданско-Давидковският купол е първоразрядна структура в Централнородопския комплексен купол.

В Източните Родопи се разкриват зеленошистни метаморфни скали (Боянов и др., 1990 и др.) обединени в единицата Мандрица-Марки (Dabovski et al., 2002). Тази зона се описва като късноюрски – среднокреден навлак над родопските високостепенни метаморфити, по-късно реактивиран като терциерен детачмънт (Bonev, Stampfli, 2003).

Между отделните куполи и по периферията им се формират наложени депресии (Georgiev, 2005). Тяхното формиране започва още през палеоцена. Между

Маданско-Давидковския купол и Източнородопски комплексен купол се разполага Момчилградската депресия, между Централнородопския комплексен купол и Харманлийския блок – Североизточнородопската депресия, а между Белоречкия купол и Харманлийския блок – Златоустовската депресия (Georgiev, 2005). Трите депресии се обединяват в Кърджалийския регион и заедно формират Източнородопското палеогенско понижение (Иванов, 1960).

В основата на Източнородопското понижение се отлагат предимно теригенни седименти, проследявани от рифови варовици (палеоцен – еоцен). Над тях се разполагат множество среднокисели и кисели вулкански постройкики с възраст късен еоцен – олигоцен.

Процесите на екстензия се съпровождат с интензивен магматизъм. Отделят се два типа магматизъм (Georgiev, 2004, 2005).

Интрузивният магматизъм от ранния екстензионен етап се бележи от внедряването на син- и посттектонски плутони в горната крехка кора на метаморфните ядрени комплекси. По химичен състав те се определят като гранодиорити, гранити, левкократни гранити от калциевоалкалната и висококалиево–калциевоалкалната серия.

За Чучулигинския и Розинския гранит в Белоречкия купол се определя възраст от 69–68 Ма (Marchev et al., 2006). Припекският гранит в източната периферия на Маданско-Давидковския купол се датира на 53–52 Ма (Овчарова, 2005).

Магматизмът на късния екстензионен етап е предимно във вулкански фазиес (Иванов, 1960). Той е съсредоточени в Момчилградската, Златоустовската и Североизточнородопската депресия. Във всяка от тях са локализирано множество среднокисели вулкански постройкики (андезитобазалти, андезити, латити, шошонити), в някои от които последните фази са с кисел състав (трахидацити, трахириодацити, трахириолити). В най-големите вулкански постройкики са внедрени комагматични монзонитоидни интрузии. В някои райони се установяват изключително кисели вулкански продукти – Златоустовска депресия, Кърджалийски регион, Боровишка калдера.

Последните фази на магматизма са представени от кисели и среднокисели до базични субвулкански тела и дайки, както и кисели екструзии, локализиранни в дайкови снопове предимно със ЗСЗ посока. Те са внедрени както в понижението, така и в метаморфната му рамка.

Според съдържанието на K_2O магмените скали в Източнородопското понижение се отнасят към висококалиево-калциевоалкалната и шошонитовата серии (Harkovska et al., 1989; Dabovski et al., 1991; Yanev et al., 1998; Georgiev, Milovanov, 2003, 2004, 2006).

За късноекстензионния магматизъм по K-Ar метод се определя възрастов диапазон 40–28 Ма (Lilov et al., 1987; Yanev, Pecska, 1997; Georgiev et al., 2003; Milovanov et al., 2005). Датировките по $^{40}Ar/^{39}Ar$ метод са спорадични и вероятно не характеризират целия възрастов интервал на магматизма. Публикуваните данни са в интервала 33–31,5 Ма (Marchev, Singer, 1999, 2002) и бележат максимум на интензивността на магматизма.

Началните стронциеви отношения ($^{87}Sr/^{86}Sr$)₀ варират в границите 0,7045–0,7087 за среднокиселите и 0,7027–0,7082 за киселите магмени скали (Marchev et al., 2002; Milovanov et al., 2003; Georgiev et al., 2008). Тези данни предполагат, че магматизмът от втория етап на екстензионния стадий има предимно мантиен произход.

СТРАНДЖАНСКО-САКАРСКА ЗОНА

В южната част на тази зона се разкриват високометаморфни скали, възприемани като докамбрийски. В тях са внедрени палеозойски „южнобългарски“ гранити, от които най-крупен представител е т. нар. Сакарски батолит (Кожухаров и др., 1994, 1995).

Над тях трансгресивно се разполагат скалите на Тополовградската група с триаска възраст – Палеокастренска, Устренска и Стремска свита. Всички те са метаморфозирани в зеленошистен фацис.

Къснокредните вулкански скали са представени ограничено в най-североизточните части на изследвания район. Представени са от андезити и техните пирокластити. По-обилно са представени къснокредни плутонични тела, чийто състав варира от монзонити и диорити до гранити. Те изграждат Манастирския, Владимировския и Гранитово-Черноземския плутон и редица по-малки тела.

По-нагоре в разреза се устанивяват палеогенски седиментни. Те изпълват Южносакарското и частично Елховското понижение.

Всички те се покриват от неогенски и кватернерни отложения.

ГЕОЛОЖКИ КОМПЛЕКСИ

За целите на геоложката основа на металогенната карта в изследвания район са отделени геоложки комплекси. В тях са обединявани литостратиграфски единици с близка възраст и единна тектонска обстановка на образуване, подобен състав на скалите и сходно отношение към металогенните процеси.

В *Родопския масив* се отделят следните геоложки комплекси: мигматитов метаморфен, пъстър метаморфен, базичен метаморфен, мезозойски вулканогенен, къснокреден интрузивен, палеогенски теригенен, комплекс на палеогенските среднокисели вулканити: комплекс на палеогенските кисели вулканити, палеогенски късноекстензионен интрузивен, палеогенски дайков, палеоген – неогенски теригенен, кватернерен теригенен.

В *Сакарския блок* се обособяват следните комплекси: сакарски метаморфен, базичен метаморфен, палеозойски, палеозойски гранитоиден, мезозойски, къснокреден вулкански, къснокреден дайков, къснокреден интрузивен, палеогенски теригенен, палеоген-неогенски, неоген-кватернерен, кватернерен.

МЕТАЛОГЕНИЯ

Разглежданият район включва площи от две основни металогенни провинции на България – Родопска и Средногорска. Странджанско-Сакарската зона влиза в пределите на Средногорската металогенна провинция. В него са отделени следните 22 промишлено-генетични типове орудявания: Au разсипен, Au хидротермален, Au-полиметален хидротермален, Cr магматичен, Cr-Ni метаморфен, Cr-Ni-Co (Fe, Ti) хидротермален, Cu скарнов, Cu хидротермален, Cu-Mo хидротермален, Fe (\pm Cu) хидротермален, Fe (\pm Mn) метаморфен, Fe магматичен, Fe скарнов, Fe-Mn (\pm Ni) изветрителен, Ge-V скарнов, Mn вулканогенно-седиментогенен, Pb-Zn хидротермален, Sb хидротермален, Ti метаморфен, Ti разсипен, W грайзенен, W скарнов.

МЕТАЛОГЕННИ ЕПОХИ И ПРОМИШЛЕНО-ГЕНЕТИЧНИ ТИПОВЕ ОРУДЯВАНИЯ

РОДОПСКА МЕТАЛОГЕННА ПРОВИНЦИЯ

Металогенният облик на Източните Родопи, както и на цялата Родопска металогенна провинция, се формира през късноалпийската епоха, когато се образуват основните промишлени находища на полезни изкопаеми. По-ранните етапи имат силно подчинено значение.

В разглежданата площ влиза почти изцяло Източнородопският руден район и частично Централнородопският руден район. Първият е доминиран от златно-полиметални орудявания, а вторият – от оловно-цинкови. Тези орудявания са генетично или парагенетично свързани с късноекстензионния магматизъм.

В настоящата работа са разгледани само металните полезни изкопаеми, тъй като те намират отражение във вторичните геохимични ореоли.

Докъснокредна епоха

С тази епоха са свързани всички метаморфни и метаморфозирани промишлено-генетични типове. Те асоциират предимно с пъстрия метаморфен комплекс.

Cr (Ni, Co) магматични и хидротермални находища и проявления (Добромирци, Черничево и др.) са свързани с ултрабазитите (дунити и харцбургити) от базичния метаморфен комплекс (Смирнов и др., 1986).

Fe (\pm Mn, Ti) метаморфни проявленията. Типичен представител са железоносните кварцити (джеспелити), които се разполагат в т. нар. пъстри свити (Канурков, 1988).

Късноалпийска металогенна епоха

Къснокредно-еоценски металогенен етап

Fe скарнови и хидротермални находища и проявления. Те са проявени спорадично в района на Ардино. Предполага се парагенетична връзка с ранния екстензионен магматизъм. Рудните тела са с неправилна форма и са локализиращи в пъстрия метаморфен комплекс. Скарните са калциеви или магнезиеви, придружени с магнетит и сулфиди, главно пиротин и петландит (Канурков, 1988).

Олигоценски металогенен етап

Au хидротермални орудявания. Епитермални нискосулфидни кварц-злато-адуларови находища и проявления са локализиращи сред палеоценските и еоценските седименти, подстилащи депресиите. Рудните минерали са представени от пирит, марказит, халкопирит, арсенопирит, пиротин, сфалерит, галенит, тетраедрит, електрум и Au-Ag телуриди (Кунов и др., 2001; Marchev et al, 2003). Рудните тела са линейни щокверки или пластообразни в разломи на отделяне (*detachment*) и благоприятни за заместване пластовете (дребно-

късови конгломерати). Най-значително е насищането с такива орудявания в Момчилградската депресия, предимно в района около Крумовград (Крумовградско рудно поле).

Сред метаморфитите по североизточната периферия на Белоречкия ядрен комплекс, също са локализирани епитермални златни орудявания – Камилски дол (Nakov et al., 2001).

Cu-Mo хидротермални проявления. В Спахиевското рудно поле се установява ранна шокверкова медно-молибденова минерализация, локализирана в Сърнишката монцонитоидна интрузия или в нейната непосредствена рамка – проявление Рамаданска чука (Georgiev, 1993). Те нямат съществено икономическо значение.

Pb-Zn скарнови и хидротермални орудявания. Представени са в Централнородопския руден район (Централнородопски комплексен купол). Те се състоят от минерализирани зони и жили, които секат както метаморфния фундамент, така и вулканогенно-седиментните комплекси. Когато рудовместващите разломи пресичат мрамори или варовици, се установяват и пластообразни метасоматични тела. Главни рудни минерали са галенит, сфалерит и халкопирит, второстепенни – тетраедрит-тенантит, пирит, хематит, спекуларит, а нерудни – кварц, калцит, доломит, барит (Димитров, 1988).

Au-полиметални хидротермални орудявания. Имат основно промишлено значение в Източнородопския руден район (Източнородопско понижение и Източнородопски комплексен купол). Представени са двата типа рудни тела – Pb-Zn и Au-полиметални. В отделните рудни полета те са резултат на единни хидротермални системи. При това Au-полиметалните минерализации се налагат телескопирано на по-ранните Pb-Zn минерализации в по-високите или периферните части на рудните полета. По този начин се очертава куполна зоналност в тяхното разпределение. Рудните тела са предимно от жили или жилково-впръснат тип.

Минерализационният процес в злато-полиметалните рудни полета има много общи черти (Бресковска, Гергелчев, 1988а, б, в, г; Breskovska, 1997; Младенова, 1989, 1998; Mladenova, 2000; Georgiev et al., 2002). В началото се отлагат кварц-хематит-спекуларитова (Попско, Маджарово, Спахиево), кварц-пирит-халкопиритова (Попско, Маджарово, Спахиево) или пиротин-арсенопиритова (Седефче) парагенези. На тях се налага кварц-сулфидната парагенеза, главен носител на полиметалната минерализация (Попско, Звездел-Пчелоядско, Маджарово, Спахиево). Основен носител на злато и сребро е кварц-халцедон-сулфосолната (Попско, Звездел-Пчелоядско, Маджарово) или кварц-халцедон-пиритовата (Спахиево) парагенеза. Последни се отлагат калцитовата и/или баритовата парагенеза.

Sb хидротермални находища и проявления. В някои находища е наложена и кварц-стибнитова минерализация с калцит, реалгар и пиротин. Тя е най-добре представена в Черничевското рудно поле с типичен представител едноименното находище (Mladenova, 2000).

Cu хидротермални и Fe (\pm Cu) хидротермални проявления. Те имат ограничено разпространение. Счита се, че са елемент от Pb-Zn орудявания и нямат самостоятелно промишлено значение.

Mn вулканогенно-хидротермални проявления. Типичен представител е проявление Кочаш в източната периферия на Маджаровския вулкан. Пиролузит-

псиломелановите рудни тела са вместили сред среднокисели пирокластични потоци. Нямаат икономическо значение.

Неоген-кватернерен металожен етап

Au разсипни проявления. Имат широко разпространение в района, което е закономерно следствие на наличието на множеството коренни Au орудявания.

Fe-Mn ($\pm Ni$) изветрителни находища и проявления. Типичен представител е находище Пожарите в района на Еньовче, вместили в метаморфни скали. Разглежда се като манганова шапка на метасоматични Pb-Zn руди.

Fe-Ti разсипни проявления. Установени са само две такива в района на Момчилград, без промишлено значение.

СРЕДНОГОРСКА МЕТАЛОЖЕННА ЗОНА

От Средногорската металоженна провинция в изследвания район влиза част от Странджанско-Сакарски руден район, който се покрива с едноименната тектонска зона. Тук доминират железните и оловно-цинковите орудявания, които са свързани с излявите на средногорския къснокреден островнодъгов магматизъм в района.

Докъснокредна металоженна епоха

Проявленията от *Fe ($\pm Mn, Ti$) метаморфния промишлено-генетичен тип* образуват лещи сред пъстрите метаморфни свити. Основни рудни минерали са магнетит и хематит. В Сакарския блок типичен представител е находище Хлябово (Канурков, 1988).

Къснокредна металоженна епоха

Fe магматични, скарнови и хидротермални находища и проявления. Тук се обединяват различни като тип, но с единен генезис минерализации, свързани със средногорския къснокреден магматизъм в Сакарския блок. Всички тези находища имат много близък минерален състав (главен минерал – магнетит, второстепенни – хематит, спекуларит и спорадично проявени сулфиди). Всички те са продукт на единен рудообразователен процес. Основен представител на този тип са находищата от Крумовското рудно поле, свързано с Манастирския плутон.

Pb-Zn хидротермални находища и проявления са представени главно в Устремското рудно поле. Районът е изграден от разнообразни гнайси и метакварцити от метаморфния фундамент, триаски метаседименти и мрамори и къснокредни (?) гранити и аплити, покрити от плиоценски и кватернерни отложения. Рудните тела са предимно жилни и жилково-впръснати. В находищата Планиново и Цвятковец минерализациите са стратиформни. Основната минерализация е представена от галенит, сфалерит, пирит и халкопирит. Приемат се за къснокредни (Димитров, Замфирова, 1988).

W скарнови и хидротермални проявления са представени в района на Полски Градец. Основни минерали са шеелит и волфрамит. Рудните тела

са неправилни или удължени лещи. Вместващите скали са гранити и гра-
нодиорити.

Си скарнови и хидротермални проявления. Имат относително самостоя-
телно развитие. Минерализациите в района на Планиново са представени от
пирит, пиротин, халкопирит, магнетит, малахит и барит. Предполага се пара-
генетична връзка с къснокредния средногорски магматизъм.

Аи-полиметалните находища и проявления са съсредоточени в района на
Устрем. Рудните тела са жилни или жилообразни. Главните рудни минерали са
представени от галенит, сфалерит, пирит, халкопирит, пиротин, тенантит,
магнетит и арсенопирит, а нерудните – от кварц и манганокалцит.

Късноалтйиска металогенна епоха

Палеоценски етап

Sb хидротермални проявления. В района се установяват антимоновитови
пооявления, локализиращи частично в плиоценските седименти.

МЕТАЛОГЕННО РАЙОНИРАНЕ

РОДОПСКА МЕТАЛОГЕННА ПРОВИНЦИЯ

Източнородопски руден район

Тук водещо значение имат Аи-полиметалните хидротермални орудявания.

В пределите на Източнородопското понижение основните рудни полета от
този тип се разполагат сред най-големите среднокисели вулcano-плутонични
постройки в съответните депресии. Със Звезделския вулкан в Момчилград-
ската депресия асоциира *Звездел-Пчелоядското рудно поле*. Сред Маджаров-
ския вулкан в Златоустовската депресия се разполага *Маджаровското рудно
поле*. В Драгойновския вулкан в Североизточнородопската депресия е лока-
лизирано *Спахиевското рудно поле*. С риолитовите Лозенски и Светамарин-
ски вулкан, локализиращи около Златоустовската дислокация, са свързани по-
лиметалните *Лозенско рудно поле и находище Света Марина*.

За Белоречкия ядрен комплекс също са характерни Pb-Zn и златно-поли-
металния тип. Тук са локализиращи *Попско-Белополското и Черничевското
рудно поле*.

Крумовеградското рудно поле включва Аи хидротермалното находище Хан
Крум (Ада тепе) и редица проявления, локализиращи сред палеоценските и
еоценските седименти, подстилащи Момчилградската депресия.

Южнородопски руден субрайон

Обхваща докредните, предимно метаморфни или метаморфозирани нахо-
дища, локализиращи сред метаморфните скали на Източнородопския ком-
плексен купол. Той включва *Добромирско, Костуринско – Яковишко и Голямо
Каменане – Авренско рудно поле (Cr, Fe, Ni)*, локализиращи в серпентинизира-
ни ултрабазити сред Въчанската и Чепеларската свита (Смирнов и др., 1986).

Като генетичен тип са разграничени късмамагматични, ранномагматични и ликвационни руди, като рязко преобладават първите.

Централнородопски руден район

Основно икономическо значение имат Pb-Zn скарнови и хидротермални орудявания, представени в *Маданското, Давидковското, Лъкинското, Ардинското и Бялизворското рудно поле*.

СРЕДНОГОРСКА МЕТАЛОГЕННА ЗОНА

Странджанско-Сакарски руден район

Металогенният облик на района е доминиран от Fe магматични, скарнови и хидротермални находища и проявления (*Манастирско рудно поле*) и Pb-Zn хидротермални находища и проявления (*Устремско рудно поле*), свързани с къснокредният магматизъм.

ФАКТОЛОГИЧНА ОСНОВА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Изследваната територия заема площта на 9 к. л. в М 1:100 000 и е 13 866 km². Опробваната част е 6299 km² и съставлява 65,60% от общата площ на региона. Разположена е в част от 9588-те km² на 18 геоложки комплекса в региона, които заемат 69,15% от общата площ на 9-те к. л. в М 1:100 000. Средната плътност на опробване в изследваната територия е 77,48 пр./km². В Източни Родопи са известни 570 рудни обекта (находища, рудопроявления, индикации), отнесени към 22 промишлено-генетични типове коренна минерализация от общо 37-те за страната.

Ползваната геохимична информация е за съдържанията на 19 неравномерно анализирани елемента: Ni, Co, Ba, Bi, Cu, Zn, As, Mo, Ag, Sn, Sb, W, Cd, Ge, Ga, Cr, Pb, Au, Mn във вторичните ореоли на разсейване от 36 геохимични картировки в площите на разноранговите металогенни единици (таксони), изграждащи изследвания регион (табл. 1). Измежду 2-те първостепенни металогенни единици (металогенните зони) в площта на Родопската металогенна провинция (S = 7140 km²) са взети 421 377 металометрични проби, съставляващи 87% от общо взетите проби в региона, с гъстота на опробване 59 пр./km². В Средногорската металогенна зона (S = 2453 km²) взетите 65 669 бр. металометрични проби, с гъстота на опробване 27 пр./km², представляват 13% от всичките. Рудните обекти в тези металогенни единици са съответно: 481 – в Родопската провинция и 89 – в Средногорската зона. От площите на рудните райони най-много проби са взети в Източнородопския руден район (263 423 бр. пр., S=6485 km², средна гъстота на опробване 41 пр./km²). В сред рудните полета най-опробвано е Манастирското (в площта му – 224 km², са взети 20 143 проби със средна гъстота на пробовземане 90 пр./km²), а най-гъсто с литохимични снимки е покрита територията (20 km²) на Лозенското рудно поле (средната гъстота на пробовземане там е 175 пр./km²). От перспективните пло-

Таблица 1
Table 1

Йерархичен ред на металогенните единици в Източни Родопи и част от Сакар
Hierarchical order of the metallogenic units in Eastern Rhodopes and a part of Sakar region

№	Металогенна зона	№	Рудни райони	№	Рудни полета
1	Родопска металогенна провинция Mo (Pb, Zn)	3	Южнородопски руден район Ст (Тк, Аз, Fe, Ti)	11	Попско-Белополско рудно поле Pb, Zn, Ag (Au)
				4	Добромирско рудно поле Ст
				6	Костуренско-Яковичко рудно поле Ст (Аз, Тк)
		2	Централнородопски руден район Pb, Zn (Ag, Cu, Cd)	15	рудно поле Голямо Каменяне Ст (Тк, Аз, Ti, Fe)
				16	Крумовградско рудно поле Au, Pb, Zn, Cu (Ag)
				1	Ардинско рудно поле Pb, Zn (Cu, Ag)
				8	Маданско рудно поле Pb, Zn (Ag, Cd)
				3	Давидковско рудно поле Pb, Zn (Ag, Cu, Mo)
				2	Близворско рудно поле Pb, Zn (Cd, Ag)
				5	Звездел-Пчелоядско рудно поле Pb, Zn (Au, Ag)
4	Източнородопски руден район Au, Pb, Zn (Ag, Cu, Cr, Ni, Fe, Sb, Mn)	9	Маджаровско рудно поле Pb, Zn, Ag (Au)		
		13	Спахевско рудно поле Pb, Zn (Cu, Au, Ag)		
		7	Лозенско рудно поле Pb, Zn, Ag, Cu (Au)		
2	Средногорска металогенна зона Cu, Au, Mo, Ag, Pb, Zn, Fe, Ti, Mn	1	12	Светилийско рудно поле Cu (Fe, Au)	
			10	Манастирско рудно поле Fe (V, Cu)	
			14	Устремско рудно поле Pb, Zn (Ag, Ba)	

Забележка: Източнородопският руден район включва Южнородопския руден район. Номерата на металогенните обекти съответстват на тези на картите.

щи най-голям обем металометрични проби (16 568 бр.) са взети от територията (68 km²) на перспективна площ Света Марина със средна гъстота на опробване 242 пр./km². Най-гъсто измежду всичките рудоносни площи е опробвана тази на Тинтявската перспективна площ – литохимичните снимки на територията ѝ (26 km²), са в обем 10 300 проби със средна плътност на опробване 389 пр./km².

Пробите са анализирани основно на ПЕСА, Au е анализирано чрез ХСА, ползвани са и високочувствителни анализи на ИСР. Аналитичните определения са с недостатъчна чувствителност за елементите Ag, Au, Sb, Bi, W, As, което е отчетено при обработката им. Информацията е организирана в база данни с подходяща структура за статистическа и чрез модули на ГИС продукти обработка на многомерно координатно привързани данни.

Типоморфни елементи във вторичните ореоли на разсейване са основните рудни елементи в рудообразователния процес: Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mo, Sn, за такива са приети и елементите с недостатъчна чувствителност на аналитичните си определения: Ag, Au, Sb, Bi, W, As. На тези елементи основно е изследвано аномалното геохимично поле в площта на изследване.

В ландшафтно-геохимичните условия на територията на изследвания регион преимуществено развитие имат механичните остатъчни открити вторични ореоли на разсейване, за които е характерно нормалното (логнормално) разпределение на съдържанията им в нормалното (фоново) геохимично поле. За типоморфните им елементи са пресметнати стойностите на коефициентите на остатъчна продуктивност на елементите $k \cdot \varepsilon^{\pm 1}$, които не противоречат на общопознатите стойности в райони със сходна ландшафтно-геохимична обстановка. Стойностите на k за различните елементи се изменят в диапазона 1,19–1,65, а техните вариации, изразени чрез величината на стандартния множител $\varepsilon^{\pm 1}$, са в границите 1,20–1,45.

Дребномащабното обобщаване на металометричната информация е извършено по методиката на А. П. Соловов чрез сваляне на рахлите наслаги, при което се отчитат ландшафтно-геохимичните условия за формиране на вторичните литохимични ореоли на разсейване, закритостта на територията и типа на развите в нея ореоли, в резултат на което картите на относителната продуктивност със свалена рахла покривка Δq (в t/m/km²) отразяват наличната и очакваната коренна минерализация в района на изследване. Размерите на елементарната площадка са 2,5×2,5 km, площта ѝ е 6,25 km².

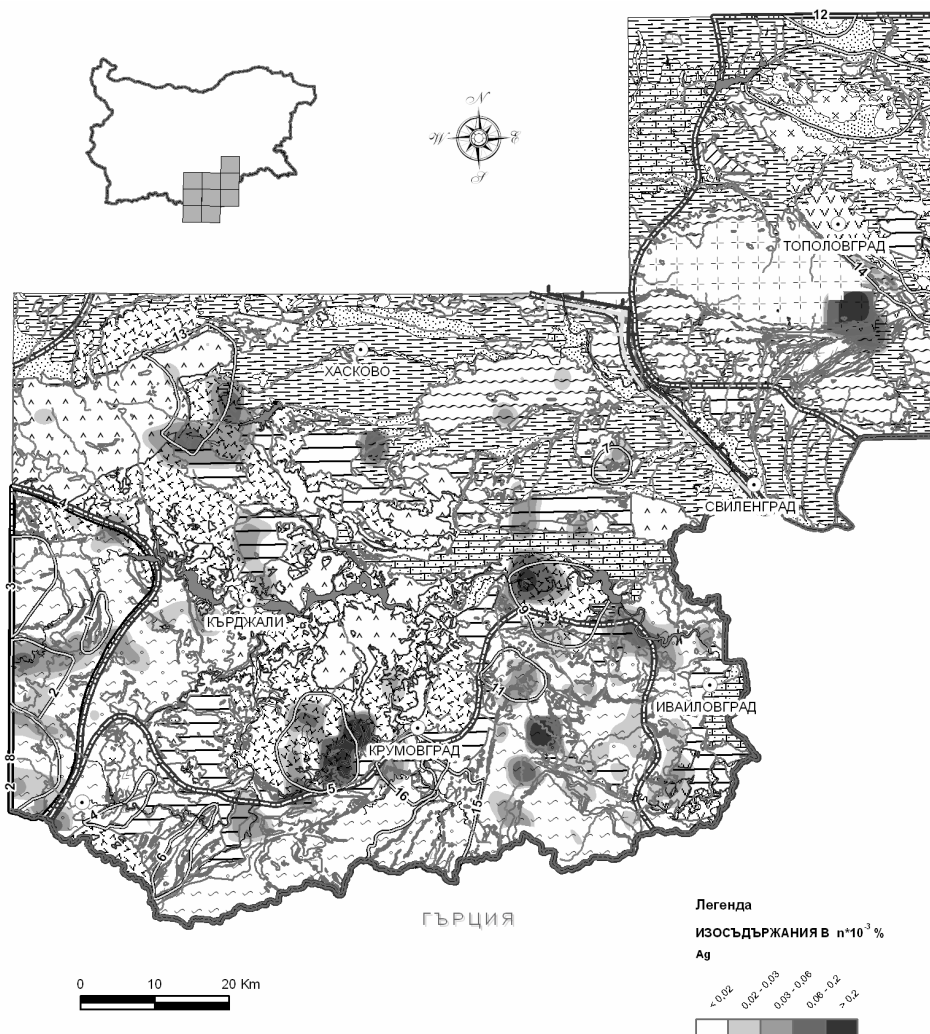
РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

РЕГИОНАЛНО РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА АНОМАЛНИТЕ ГЕОХИМИЧНИ ПОЛЕТА В ПЛОЩТА НА ИЗСЛЕДВАНЕ И ПРИСЪСТВИЕТО ИМ В МЕТАЛОГЕННИТЕ ОБЕКТИ

Геохимичното поле в регион Източните Родопи е изявено чрез моноелементните и производните им аномални ореоли. Моноелементните полета и коренната минерализация имат следното площно присъствие.

Сребро (Ag) (фиг. 2). В регионалното присъствие на моноелементните ореоли на Ag се откроява същественото му разпространение в площта на изследване. В Източнородопския руден район значителни по размери аномални по-



















лета с външен контур $0,06 \cdot 10^{-3}\%$ се установяват в районите на всички рудни полета. В повечето случаи те са „нецентрирани“. В Спахийевското рудно поле те са в югоизточната му част, в Маджаровското рудно поле – съответно в северо-западната му периферия, а в Звездел-Пчелоядското рудно поле – в източния му фланг. Подобни полета се наблюдават и извън пределите на рудните полета – в местата с разкритие на фрагмента от Харманлийския блок в района на с. Книжовник, южно от Попско-Белополското рудно поле, района на Камилски дол и някои други петна. В района на Сакарския блок подобни ореоли се уста-





Фиг. 2. Литохимична карта на Ag във вторичните ореоли на разсейване
 Fig. 2. Lithochemical map of Ag in the secondary dissipation aureoles

Легенда към фигури 2+12





Геоложки комплекси Geological complexes

- | | |
|---|---|
|  | 1. Кватернерен комплекс aQ _n
1. Quaternary complex aQ _n |
|  | 2. Неоген-кватернерен комплекс N _{1,2}
2. Neogene-Quaternary complex N _{1,2} |
|  | 3. Палеоген-неогенски комплекс Pg ₃ -N ₁
3. Paleogene-neogene complex Pg ₃ -N ₁ |
|  | 4. Палеогенски дайков комплекс Pg ₃
4. Paleogene dike complex Pg ₃ |
|  | 5. Палеогенски късноекстензионен интрузивен комплекс Pg _{2,3}
5. Paleogene late extensional intrusive complex Pg _{2,3} |
|  | 6. Комплекс на палеогенски кисели вулканити Pg _{2,3}
6. Complex of paleogene acid volcanites Pg _{2,3} |
|  | 7. Комплекс на палеогенски среднокисели вулканити Pg _{2,3}
7. Complex of paleogene medium-acid volcanites Pg _{2,3} |
|  | 8. Палеогенски теригенен комплекс Pg _{2,3}
8. Paleogene terrigenous complex Pg _{2,3} |
|  | 9. Къснокреден интрузивен комплекс K ₂
9. Late cretaceous intrusive complex K ₂ |
|  | 10. Къснокреден дайков комплекс K ₂
10. Late cretaceous dike complex K ₂ |
|  | 11. Къснокреден вулкански комплекс K ₂
11. Late cretaceous volcanic complex K ₂ |
|  | 12. Мезозойски комплекс Mz-T ₂
12. Mesozoic complex Mz-T ₂ |
|  | 13. Палеозойски гранитоиден комплекс Pz
13. Palaeozoic granitoid complex Pz |
|  | 14. Палеозойски комплекс Pz
14. Palaeozoic complex Pz |
|  | 15. Базичен метаморфен комплекс
15. Basic metamorphic complex |
|  | 16. Пъстър метаморфен комплекс
16. "Variegated" metamorphic complex |
|  | 17. Мигматитов метаморфен комплекс
17. Migmathic metamorphic complex |
|  | 18. Сакарски метаморфен комплекс
18. Sakar metamorphic complex |

















Металогенни зони Metallogenic zones

- | | |
|---|---|
|  | 1. Родопска металогенна провинция Mo (Pb, Zn) |
|  | 2. Средногорска металогенна зона Cu, Au, Mo, Ag, Pb, Zn, Fe, Ti, Mn |

Рудни райони (типоморфни елементи) Ore regions (typomorphous elements)

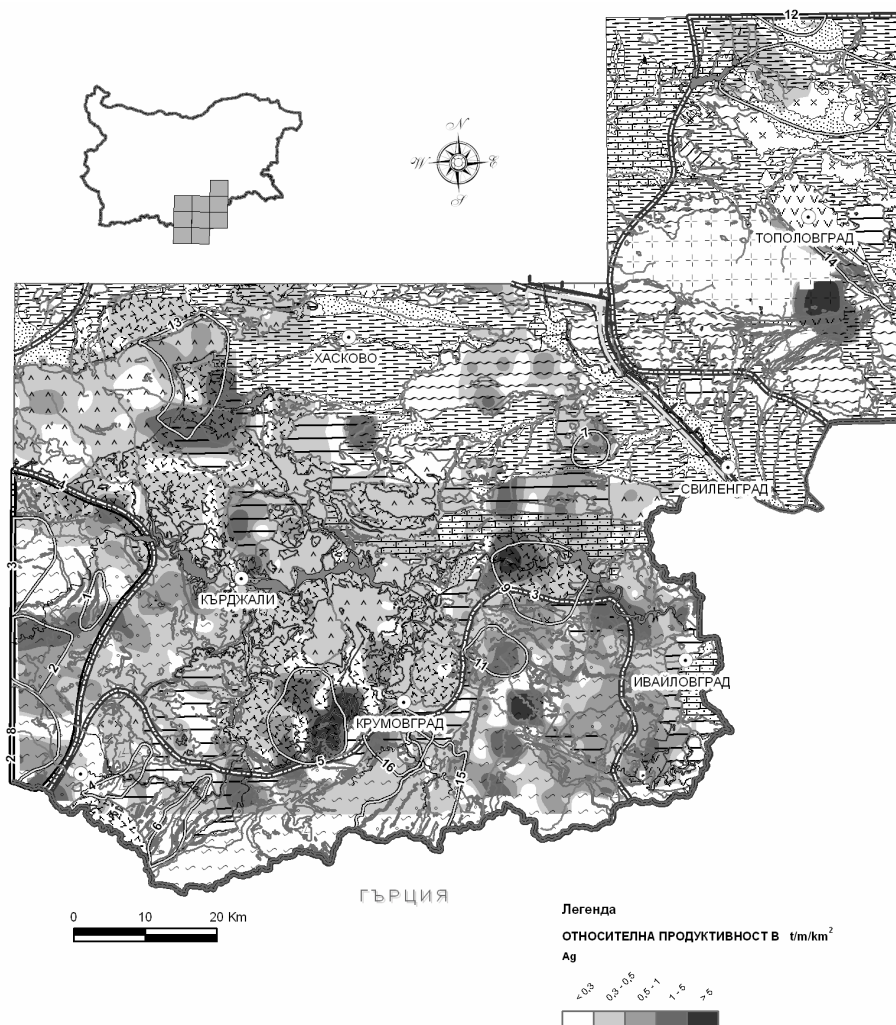
- | | |
|---|--|
|  | 1. Странджанско-Сакарски Cu, Fe, Pb, Zn, Ba (V, Ag, Au) |
|  | 2. Централнородопски Pb, Zn (Ag, Cu, Cd) |
|  | 3. Южнородопски Cr (Tk, As, Fe, Ti) |
|  | 4. Източнородопски Au, Pb, Zn (Ag, Cu, Cr, Ni, Fe, Sb, Mn) |

Рудни полета (типоморфни елементи) Ore fields (typomorphous elements)

- | | |
|---|---|
|  | 1. Ардинско Pb, Zn (Cu, Ag) |
|  | 2. Бялизворско Pb, Zn (Cd, Ag) |
|  | 3. Давидковско Pb, Zn (Ag, Cu, Mo) |
|  | 4. Добромирско Cr |
|  | 5. Звездел-Пчелоядско Pb, Zn (Au, Ag) |
|  | 6. Костуренско-Яковишко Cr (As, Tk) |
|  | 7. Лозенско Pb, Zn, Ag, Cu (Au) |
|  | 8. Маданско Pb, Zn (Ag, Cd) |
|  | 9. Маджаровско Pb, Zn, Ag (Au) |
|  | 10. Манастирско Fe (V, Cu) |
|  | 11. Попско-Белополско Pb, Zn, Ag (Au) |
|  | 12. Светиилийско Cu (Fe, Au) |
|  | 13. Спахиевско Pb, Zn (Cu, Au, Ag) |
|  | 14. Устремско Pb, Zn (Ag, Ba) |
|  | 15. Голямо Каменяне Cr (Tk, As, Ti, Fe) |
|  | 16. Крумовградско Au, Pb, Zn, Cu (Ag) |

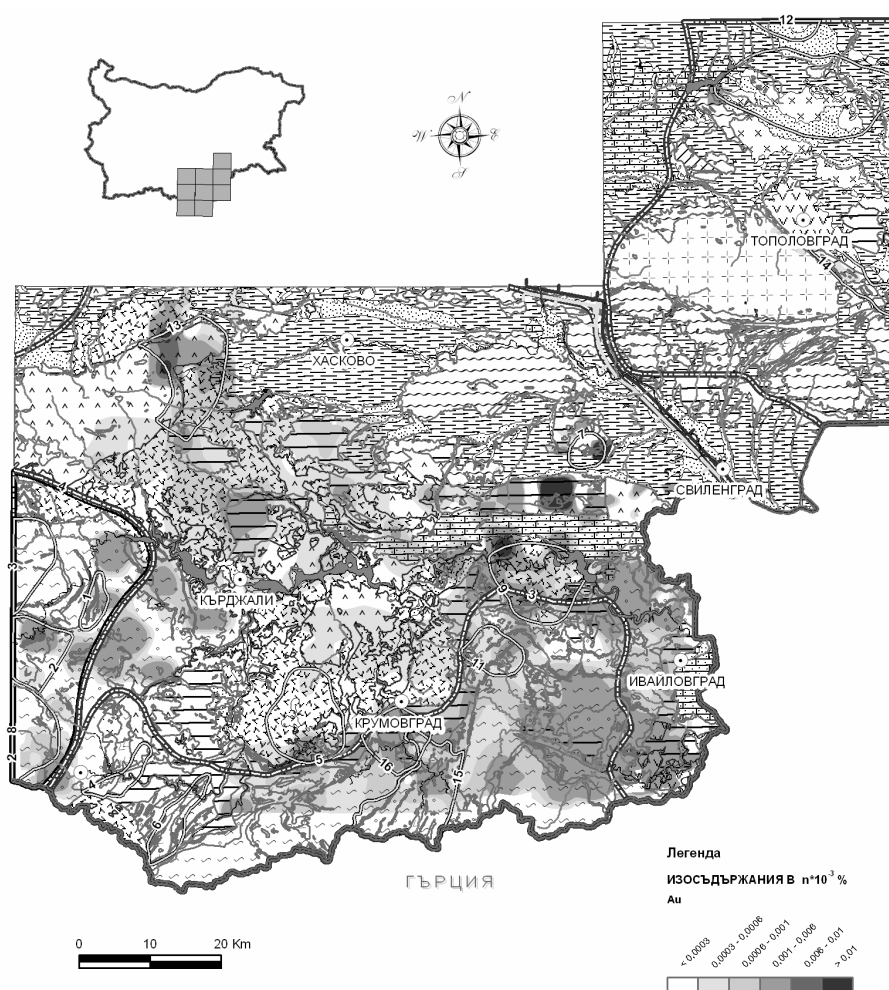
новяват в площта на Устремското рудно поле. В Централнородопския руден район се очертава линейно изтеглена аномалия с изток-североизточна посока от района на Давидковското рудно поле до към района на Кърджали. Тя се разполага изключително в пределите на метаморфния фундамент.

Подобно разпространение има и коренната минерализация (фиг. 3), представена чрез картата на относителната продуктивност Δq ($t/m/km^2$). Тук Δq се изменя в диапазона $0,3 t/m/km^2$ (външен контур) $-5 t/m/km^2$ (вътрешен контур).



Фиг. 3. Карта на относителната продуктивност на Ag
Fig. 3. Map of the relative potential of Ag

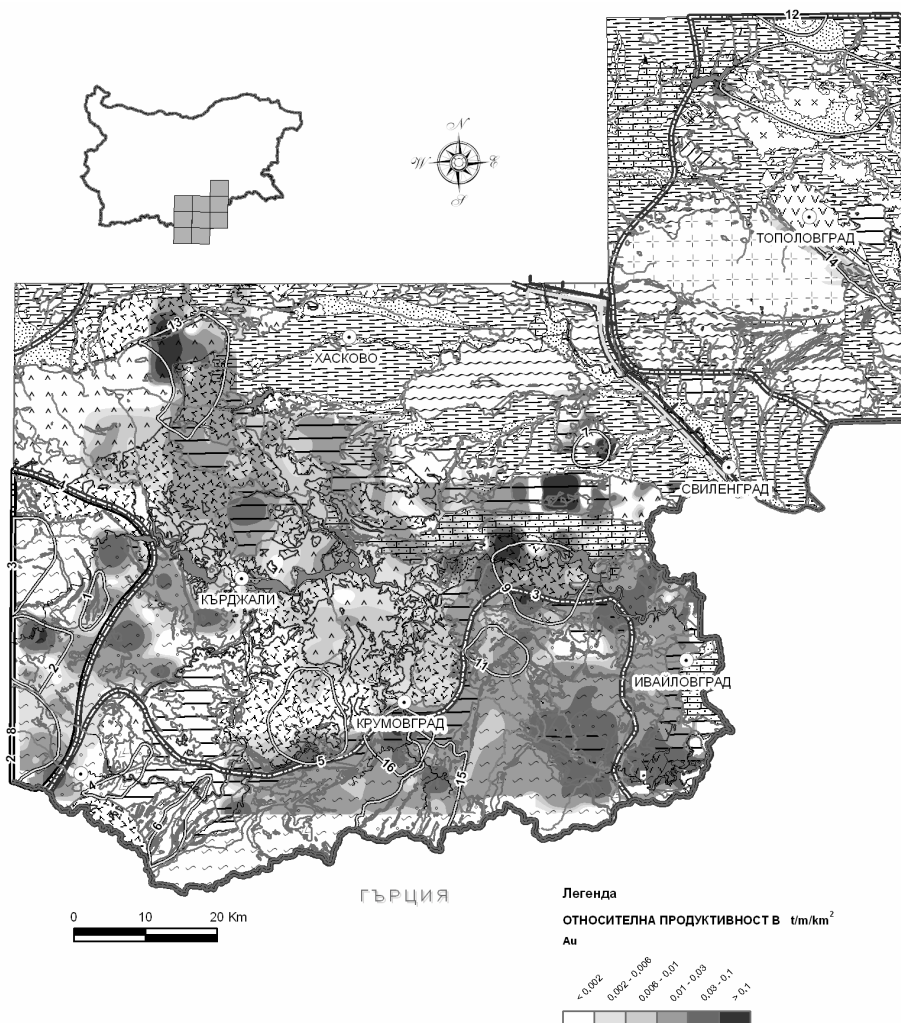
Злато (Au) (фиг. 4). Моноелементните ореоли на златото ($\geq 0,0006 \cdot 10^{-3}\%$) също имат обширно разпространение в Източнородопския руден район и се установяват във всички рудни полета, често също „нецентрирани“ в тях. В Спахийевското и Маджаровското рудно поле те са локализирани по периферните части, като най-значимите за Спахийевското поле са в северните му части (Рамаданска чука, Брястово), а за Маджаровското рудно поле – в североизточните му части. В района на Звездел-Пчелоядското рудно поле подобни ореоли се установяват само в южната му част. Най-значим ореол на златото, със стойности на аномалното поле $\geq 0,01 \cdot 10^{-3}\%$, се разполага в западната периферия



Фиг. 4. Литохимична карта на Au във вторичните ореоли на разсейване
 Fig. 4. Lithochemical map of Au in the secondary dissipation aureoles

на нах. Св. Марина. Прави впечатление повсеместната и почти непрекъсната заразеност на южните периферии на Момчилградската и Златоустовската депресия, на района около Авренския разлом, както и обширният ореол около проявление Камилски дол. Наблюдава се съществено разпространение на ореолите на златото и в Централнородопския руден район. В Сакарския блок практически не се установяват ореоли на златото.

Разпространението на коренната минерализация на златото (фиг. 5), представена чрез картата на относителната продуктивност Δq (t/m/km²), се характеризира със сходно поведение. Правят впечатление постоянно срещашите се



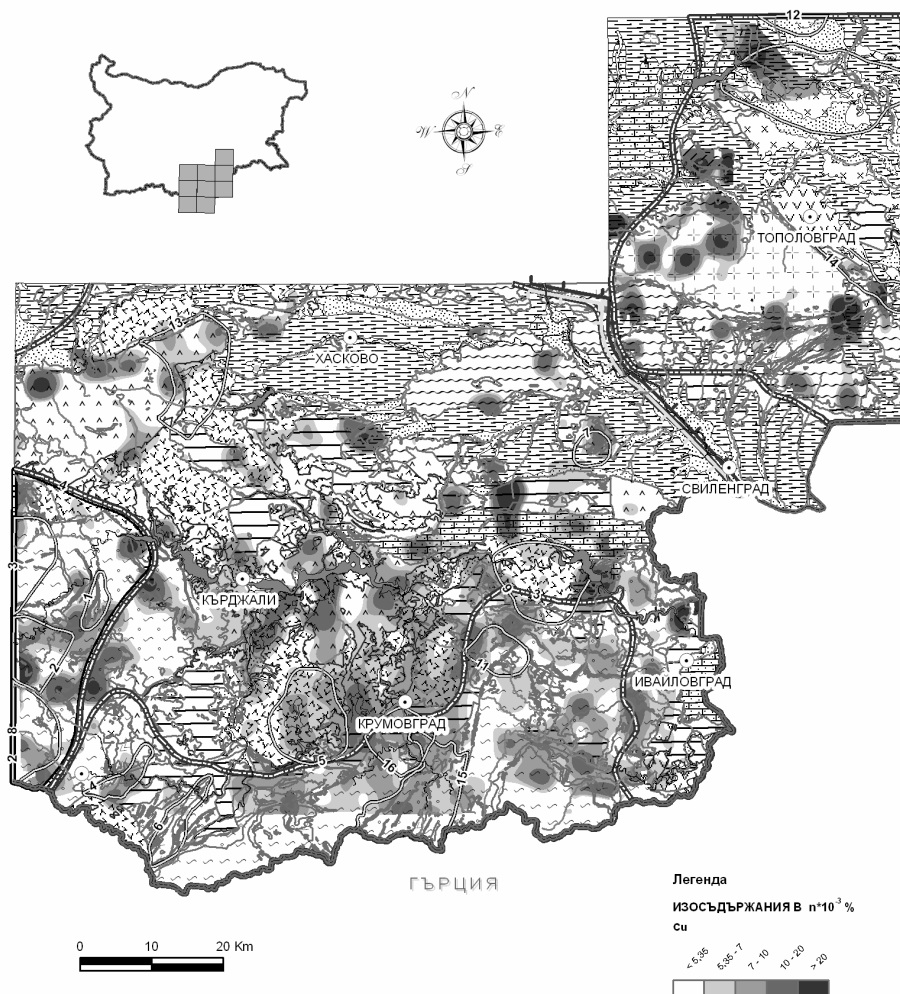
Фиг. 5. Карта на относителната продуктивност на Au

Fig. 5. Map of the relative potential of Au

високи стойности на Δq ($\geq 0,3 \text{ t/m}^2$) в Кърджалийския регион, за който не са известни златни и златно-полиметални орудявания (с изключение на проявление Стремци).

За отбелязване е, че ареалите на повечето златни и златно-полиметални находища (Чала, Маджарово и др.) не се характеризират с най-високи стойности на златните геохимични полета.

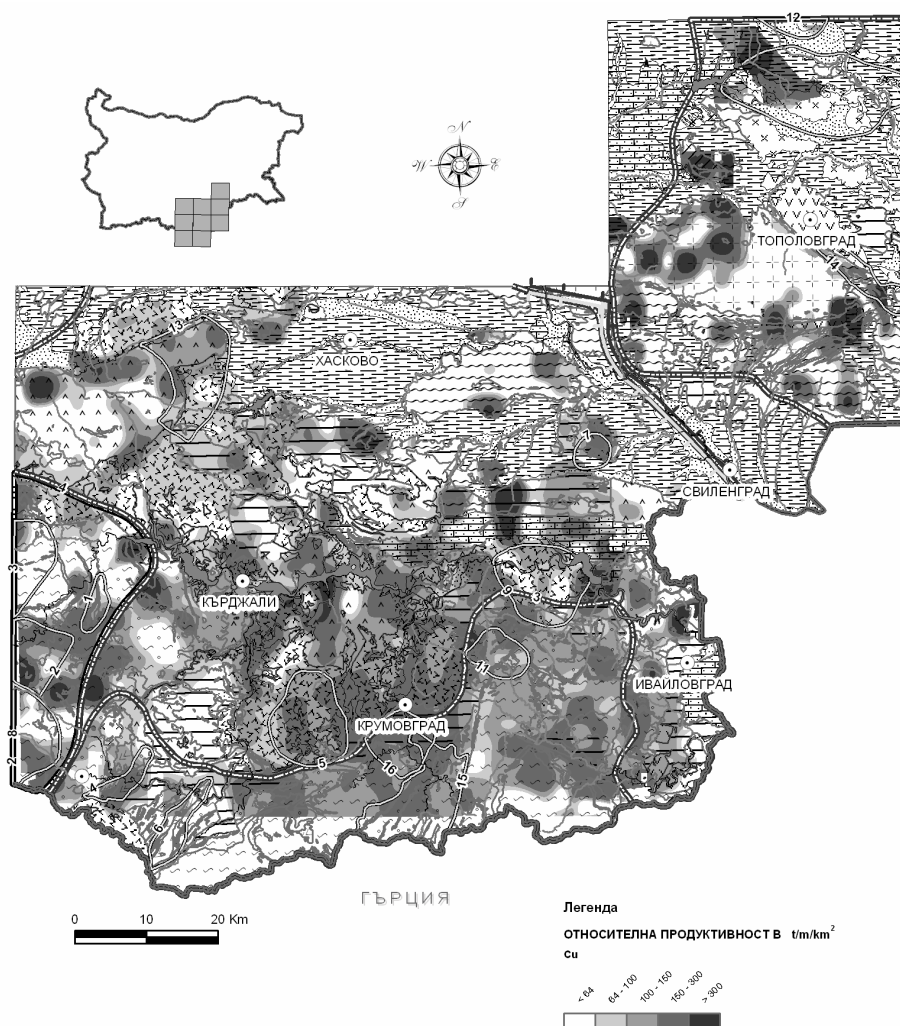
Мед (Cu) (фиг. 6). Моноелементните полета на медта имат широко разпространение (с външен контур $7 \cdot 10^{-3}\%$), но са с локална изява и с неголеми площи. В рамките на Източнородопския руден район, в Спахийевското и Лозенското рудно поле те заемат вътрешните им части, докато в Маджаровското и



Фиг. 6. Литохимична карта на Cu във вторичните ореоли на разсейване
 Fig. 6. Lithochemical map of Cu in the secondary dissipation aureoles

Звездел-Пчелоядското – периферните им участъци. За отбелязване са огърлицата, която те оформят около Боровишката калдера, високите им стойности в района източно от селата Тънково и Златоустово ($7.10^{-3}\%$, Ибреджекски хорст), повишените им стойности по южните периферии на Момчилградската и Златоустовската депресия, както и около Авренския разлом. Тези ореоли имат съществено разпространение и в Централнородопския и в Странджанско-Сакарския руден район, но също са с локална изява в тях.

Разпределението на коренната минерализация на медта се характеризира със сходни закономерности (фиг. 7). Тук обаче завишени стойности на относи-

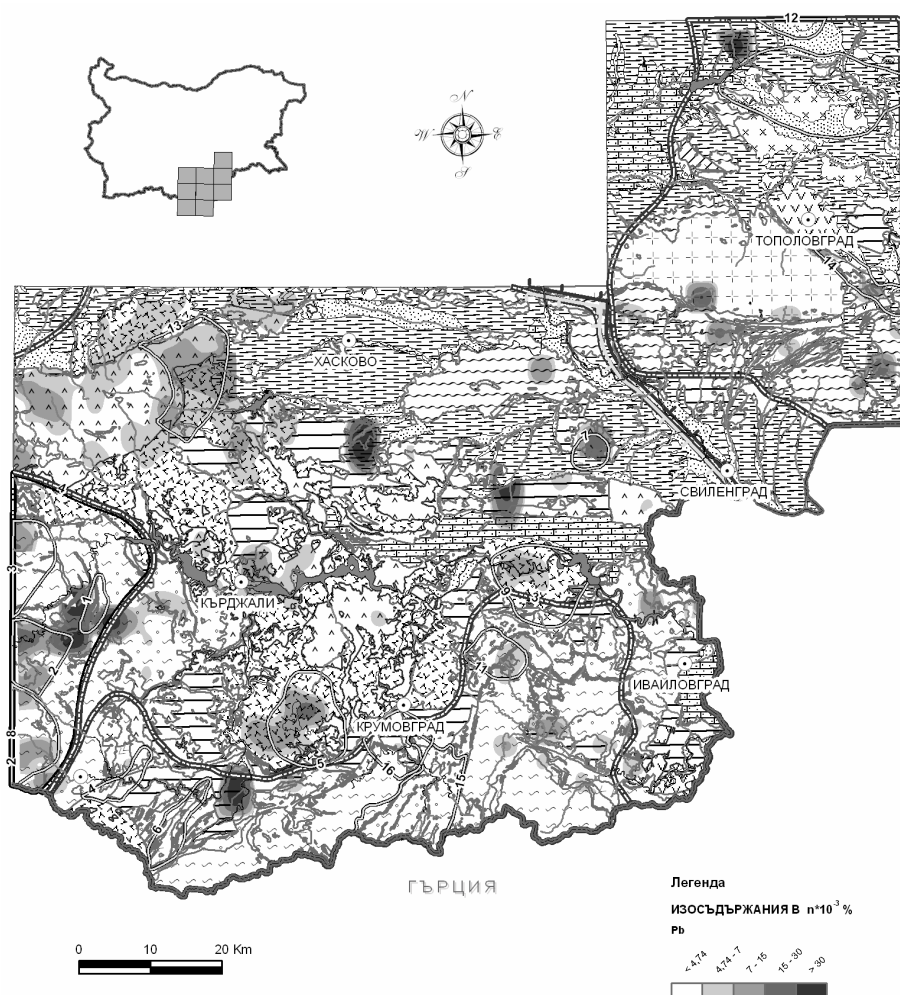


Фиг. 7. Карта на относителната продуктивност на Cu

Fig. 7. Map of the relative potential of Cu

телната продуктивност Δq (t/m/km²) се наблюдават и в Кърджалийския регион, както и в района на Белоречкия купол.

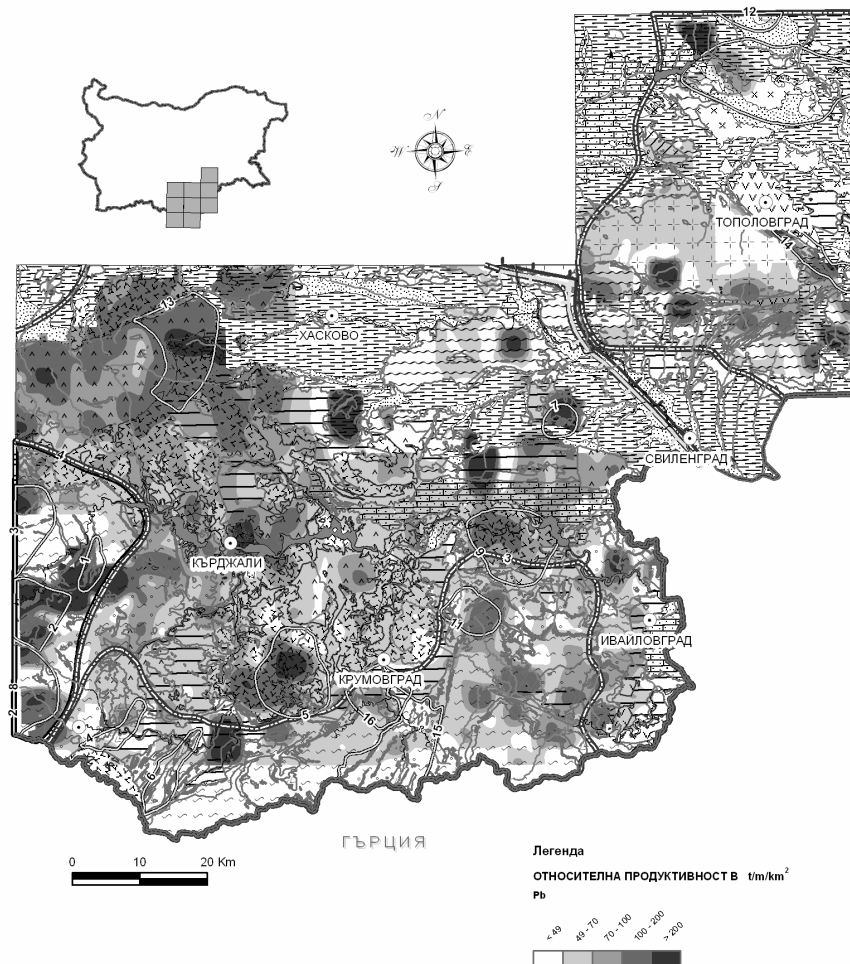
Олово (Pb) (фиг. 8). Моноелементните ореоли на оловото логично заемат обикновено централните части на рудните полета в Източнородопския руден район – Спахийевско, Лозенско, Звездел-Пчелоядско, Попско ($\geq 7 \cdot 10^{-3}\%$). Изключение прави Маджаровското рудно поле, където те са локализирани в северозападната му част. Тези ореоли също оформят огърлица около Боровишката калдера. Значителни по размери и интензитет ореоли ($\geq 30 \cdot 10^{-3}\%$) се установяват в района на фрагмента от Харманлийския блок около с. Книжовник, източно от селата Тънково и Златоустово, както и в района югозападно от



Фиг. 8. Литохимична карта на Pb във вторичните ореоли на разсейване
 Fig. 8. Lithochemical map of Pb in the secondary dissipation aureoles

Звездел-Пчелоядското рудно поле. И тук, подобно на разпределението на златото, се очертава добре изразена ивица с изток-североизточна посока, която се следи от района на Давидковското рудно поле в Централнородопския руден район, до към Кърджали в Източнородопския руден район. В Странджанско-Сакарския руден район се установяват няколко локални аномалии западно от Устремското рудно поле, но със значителен интензитет ($\geq 15 \cdot 10^{-3}\%$).

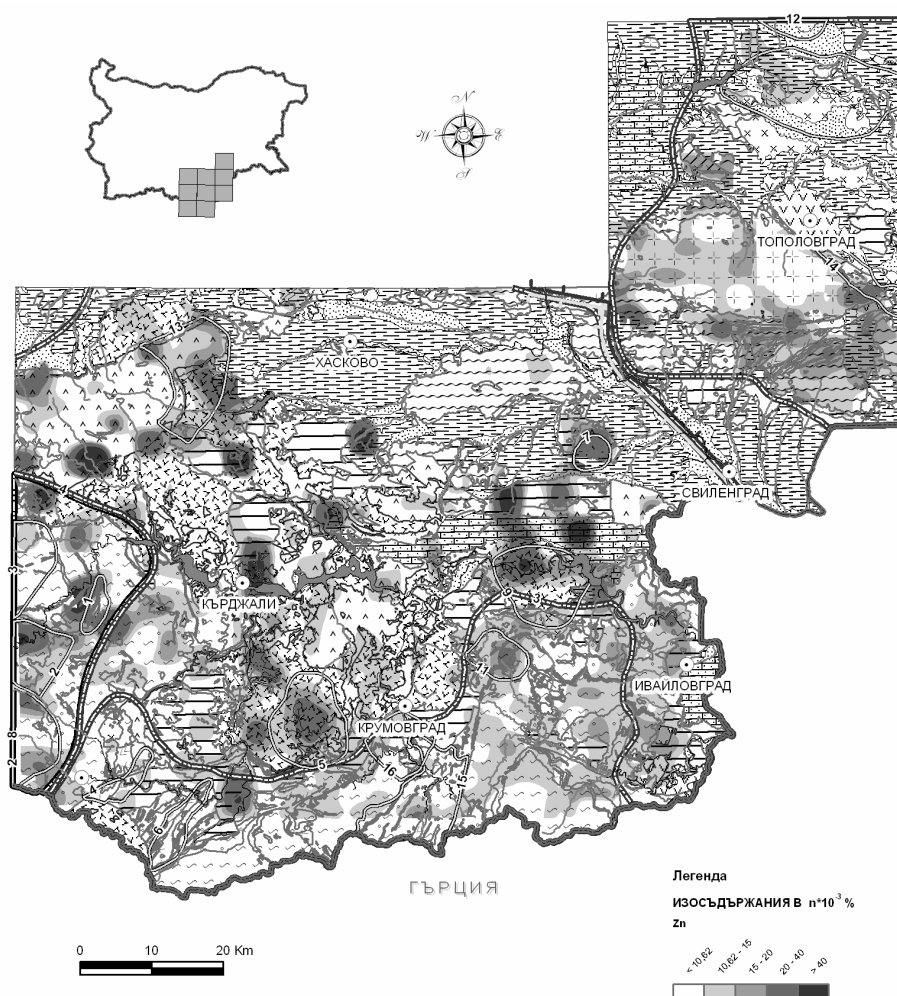
С подобно разпределение се характеризират и полетата на коренната минерализация Δq ($t/m/km^2$). Значителни стойности на относителната продуктивност се отбелязват в района на проявление Камилски дол (фиг. 9), както и в района югозападно от Харманли (Харманлийски блок).



Фиг. 9. Карта на относителната продуктивност на Pb

Fig. 9. Map of the relative potential of Pb

Цинк (Zn) (фиг. 10). Ореолите на цинка имат подобно разпространение като тези на оловото, но се наблюдават и няколко съществени различия. Установява се една субекваториална ивица с изток-североизточна посока и широчина 10–15 km, която включва Боровишката калдера, Кърджалийския регион и Златоустовската депресия, в която се установяват редица аномални полета с високи стойности ($\geq 40 \cdot 10^{-3}\%$). Освен в местата с описаните в тях Pb полета, Zn аномалии се установяват и в района на Безводенския вулкан, източно от с. Черноочене, района на с. Ефрем и др. Ореолите на цинка са разпространени преимуществено в южните части на Странджанско-Сакарския руден район. В рамки-

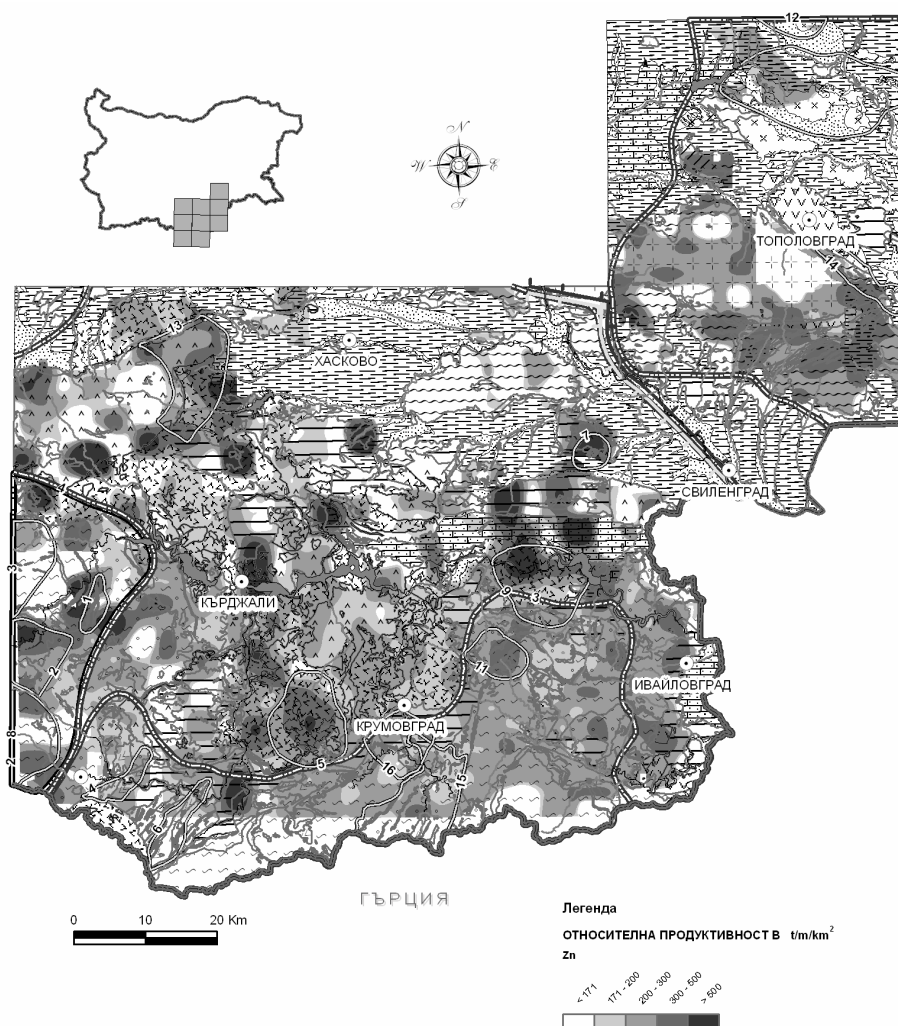


Фиг. 10. Литохимична карта на Zn във вторичните ореоли на разсейване
 Fig. 10. Lithochemical map of Zn in the secondary dissipation aureoles

те на Централнородопския руден район най-значими аномалии се установяват в района около Ардинското рудно поле.

Полетата на коренната минерализация на цинка Δq ($t/m/km^2$) се характеризират със сходно поведение, като най-високите им стойности достигат повече от $500 t/m/km^2$ (фиг. 11).

Кобалт (Co). Аномалните съдържания на кобалта в изследвания район са сравнително ограничени. В Източнородопското понижение практически липсват ореоли на този елемент. Обширна аномалия със съдържание над $2,5 \cdot 10^{-3}\%$ се установява в района източно от Кърджали. В тази площ се установяват и



Фиг. 11. Карта на относителната продуктивност на Zn

Fig. 11. Map of the relative potential of Zn

аномалии на Au, Ag, Cu, Pb, Zn и др. елементи. В този район обаче е оловно-цинковият завод и най-вероятно тези аномалии се дължат на техногенно замърсяване. Много по-малка аномалия на кобалт се установява в пределите на Джебелското понижение. Най-съществена изява този елемент намира в границите на Източнородопския комплексен купол. Една обширна аномалия се установява в централните части на Белоречкия купол, а друга, линейна, изтеглена в североизточна посока – в пределите на Кесебирския купол. Множество аномални полета се установяват в пределите на Маданско-Давидковския купол, но те са със сравнително ниски стойности ($\geq 2,5 \cdot 10^{-3}\%$). В Странджанско-Сакарския руден район се установява само една по-съществена аномалия в района западно от Устремското рудно поле.

Подобно е и разпределението на полетата на коренната минерализация, като те са по-широко площни и по-контрастни. Стойностите им варират от 100 до над 300 t/m/km².

Молибден (Mo). Моноелементни ореоли на молибдена се установяват в централните части на Спахиевското и Маджаровското рудно поле ($\geq 0,5 \cdot 10^{-3}\%$), в които е описвана и коренна молибденинова минерализация. Значителна аномалия се установява и източно от Звездел-Пчелоядското рудно поле. Аномални полета се установяват в централните части на Джебелската депресия и в югозападната периферия на Североизточнородопската депресия. В Маданско-Давидковския купол и Източнородопския комплексен купол практически не се установяват аномални молибденови полета. В Странджанско-Сакарския руден район по-значими аномалии се установяват в северната част на района.

Разпределението на полетата на коренната минерализация е аналогично на моноелементните полета, като стойностите достигат до повече от 20 t/m/km².

Никел (Ni). Обширен моноелементен ореол на никел се установява в района източно от Кърджали, за който може да се предполага, че се дължи на техногенно замърсяване. Най-голям по площ ореол се установява около граничната област между Североизточнородопската депресия и Кърджалийския регион, със стойности над $7 \cdot 10^{-3}\%$. Като цяло Източнородопското понижение се характеризира със сравнително ниски стойности на този елемент. По-обширна аномалия се установява в района на Ибрджекския хорст, разполага се в района около нах. Св. Марина и западно от него. Неполяма аномалия се установява и в централните части на Джебелското понижение. С най-значими аномални полета, със стойности над $50 \cdot 10^{-3}\%$, се характеризира Източнородопският комплексен купол. В Маданско-Давидковския купол и в Странджанско-Сакарския руден район присъствието на този елемент е доста по-скромно.

За коренната минерализация на никела са характерни сходни особености, стойностите достигат до над 1000 t/m/km².

Антимон (Sb). Този елемент е представен съвсем скромно в разглеждания район. Установяват се само няколко изолирани и неголеми аномални полета. В рамките на Източнородопското понижение такива полета се наблюдават в източната и южната периферия на Звездел-Пчелоядското рудно поле, в централните части на Лозенското рудно поле и самостоятелна аномалия в пределите на Вълчеполското понижение. Всички те са със стойности над $5 \cdot 10^{-3}\%$. В Централнородопския руден район се установява само една аномалия в района на нах. Еньовче. Няколко неголеми аномални полета се установяват в Из-

точнородопския комплексен купол. В Странджанско-Сакарския руден район не се установяват аномални полета на антимон.

Коренната минерализация на антимона повтаря разпространението и конфигурацията на моноелементните му ореоли. Аномалните полета на Δq са със стойности над 100 t/m/km^2 .

Калай (Sn). Геохимичните ореоли на калая са повсеместно разпространени в изследваната площ, но са с ниски стойности в нея. Най-значимата аномалия се очертава в северната част на Момчилградската депресия – в района на Ирантепенския вулкан и северно от него, със стойности повече от $3 \cdot 10^{-3}\%$. Други значими ореоли се установяват в района на Ибреджекския хорст и в района на Лозенското рудно поле. По-съществени ореоли се наблюдават и в района на проявление Камилски дол и на Попско-Белополското рудно поле. Останалите ореоли в рамките на Източнородопския комплексен купол са с помалки размери и по-ниски стойности ($\geq 0,8 \cdot 10^{-3}\%$). В Маданско-Давидковския купол не се наблюдават значими ореоли. В пределите на Странджанско-Сакарския руден район по-съществени аномалии се установяват в северната му част.

В разпределението на коренната минерализация на калая не се наблюдават съществени различия в сравнение с моноелементните му ореоли. Аномалните полета на Δq са със стойности над 50 t/m/km^2 .

Волфрам (W). Ореолите на волфрама в изследвания район са съвсем спорадично проявени. В рамките на Източнородопското понижение те се установяват главно в пределите на рудните полета, като се разполагат по перифериите им, не са с големи размери, стойности им са до над $3 \cdot 10^{-3}\%$. В Източнородопския комплексен купол такива аномалии се наблюдават в района на находище Тинтява и югозападно от Крумовград в пределите на Кесебирския купол със стойности над $3 \cdot 10^{-3}\%$. В пределите на Маданско-Давидковския купол подобни аномалии се установяват в района на Бялизворското рудно поле и югоизточно от Маданското рудно поле. В рамките на Странджанско-Сакарския руден район *W* ореоли са също спорадични, с малка площ и с невисоки стойности.

Подобно е и разпределението на коренната минерализация на волфрама, като стойностите на Δq са до над 100 t/m/km^2 .

Арсен (As). Арсенът има своеобразно разпределение на геохимичните си ореоли, които, подобно на тези на *Ag*, *Au*, *Sb*, *Bi* и *W*, са окунтурени по праговите стойности на ПЕСА (на ХСА за *Au*) и отразяват аналитичното присъствие на тези елементи в опробваната площ. Най-значими ореоли се установяват в югоизточните части на Звездел-Пчелоядското рудно поле и на изток от него. Следващата по интензивност аномалия в рамките на Източнородопското понижение, се установява в северозападната периферия на Спахиевското рудно поле – със съдържания над $20 \cdot 10^{-3}\%$. Още една значима аномалия се установява в най-южните части на Североизточнородопската депресия. В Източнородопския комплексен купол най-съществена е аномалията западно от нах. Тинтява. В Маданско-Давидковския купол тези ореоли са съвсем спорадични и с ниски стойности – над $10 \cdot 10^{-3}\%$. В Странджанско-Сакарския руден район такива ореоли не се установяват.

Разпределението на коренната минерализация на арсена е подобно, но полетата ѝ са по-контрастни. В Североизточнородопската депресия се установяват няколко площи с повишена относителна продуктивност. Значителни по

площ полета се очертават в района на проявление Камилски дол и в почти цялата западна част на Белоречкия купол, със стойности на продуктивността $\Delta q \geq 250 \text{ t/m/km}^2$.

Бисмут (Bi). В пределите на Източнородопското понижение най-значими ореоли на бисмут се установяват в рамките на Североизточнородопската депресия. Контрастна аномалия, със стойности $\geq 3 \cdot 10^{-3}\%$, се установява в източните части на Боровишката калдера, при това около калдерата се очертава огърлица от Bi аномалии с малко по-ниски стойности. Други аномални полета се установяват около нах. Св. Марина. В източните части на Маданско-Давидковския купол също се установяват няколко аномалии със стойности над $0,2 \cdot 10^{-3}\%$. В Странджанско-Сакарския руден район се наблюдава значима аномалия западно от Устремското рудно поле със стойности $\geq 3 \cdot 10^{-3}\%$.

В разпределението на относителната продуктивност на Bi не се наблюдават съществени различия от поведението му в литохимичните ореоли.

Барий (Ba). Този елемент практически няма аномални геохимични полета на надфоновите си съдържания. Полетата на относителната му продуктивност се идентифицират със стойности на $\Delta q \geq 1200 \text{ t/m/km}^2$ и са локализирани преимуществено в Североизточнородопската депресия, като образуват огърлица около Боровишката калдера.

Манган (Mn). Ореоли на манган се установяват практически само в пределите на Маданско-Давидковския купол – в рамките на Ардинското и Бялизовското рудно поле, където са известни и супергенни находища на манган.

В разпределението на относителната продуктивност на Mn не се наблюдават съществени различия в сравнение с поведението на елемента в литохимичните му ореоли.

Полиелементните аномалии на част от главните рудни елементи имат регионално разпространение в опробваната площ, определено от участващите в тях типоморфни елементи.

Полиелементните Pb-Zn аномалии бележат добре известните рудни полета в района със стойности $\geq 20 \text{ гф}^2$. В района на Спахиевското рудно поле те очертават венец около източната периферия на Боровишката калдера. В Маджаровското рудно поле полетата им се разполагат в северозападната му периферия. В Източнородопското понижение се очертават и други аномалии, които се разполагат извън известните рудни полета и дори в райони, в които няма проявления и индикации. Две от тези аномалии са със стойности дори по-големи от тези в рудните полета ($\geq 50 \text{ гф}^2$) – съответно в района на разкритие на фрагмента от Харманлийския блок в околността на с. Книжовник и в района между селата Тънково и Златоустово в пределите на Ибреджекския хорст. Други по-значими аномалии се установяват в рамките на Североизточнородопската депресия. Аномалията източно от Кърджали, която по местоположение има многоелементен характер, вероятно е резултат на техногенно замърсяване.

В Централнородопския руден район три аномални полета със стойности $\geq 50 \text{ гф}^2$ се разполагат по периферията на Ардинското рудно поле. В Странджанско-Сакарския руден район, освен в района на Устремското рудно поле, се установява верига от полиелементни Pb-Zn аномалии със запад-северозападна посока в южната част на рудния район.

Полиелементните CuMo ореоли са разпространени доста по-широко, практически в целия район и имат по-голяма контрастност. В Спахиевското рудно

поле, освен в рамките на полето, те образуват и огърлица около източния борд на Боровишката калдера (≥ 10 гф²). В Маджаровското рудно поле те се установяват по периферията на рудното поле. Установяват се още множество подобни ядрени петна в пределите на Източнородопското понижение, в разпределението на които трудно може да се открие някаква тенденция.

В пределите на Маданско-Давидковския купол полиелементните CuMo ореоли се установяват предимно по периферията му. Подобно разположение те имат и в Белоречкия купол, локализиращи са по северната му периферия. В Странджанско-Сакарския руден район се наблюдават две обширни полиелементни аномални полета в северозападната и югоизточната му част.

Разположението на картирания в площта на изследване геохимичен показател $v_1 = \text{Pb} \cdot \text{Zn} \cdot k_{\text{Mo}} \cdot k_{\text{Co}} / \text{Mo} \cdot \text{Co} \cdot k_{\text{Pb}} \cdot k_{\text{Zn}}$ отразява поведението на полиелементните ореоли на Pb и Zn и на Mo Co. Изборът на този показател, дори и за качествена оценка на ерозионния срез на площи от региона, се дължи на факта, че участващите в него елементи са измежду тези, които най-често са в състава на възможните геохимични показатели на зоналност в резултат на изследването на ендегенната геохимична зоналност на някои от основните хидротермални находища в района.

Стойностите му в изследваната площ се изменят от $\geq 0,8$ до ≥ 500 . В Спахиевското рудно поле те варират в интервала около 70–500, което е указание за среден до висок ерозионен срез, а за източните части на рудното поле са и > 500 , което предполага още по-висок (по-малък) ерозионен срез. Стойностите на този показател в Маджаровското рудно поле са близки до тези в Спахиевското, като максималните от тях (най-малък, най-висок ерозионен срез) са в северозападната му част. В Звездел-Пчелоядското и Лозенското рудно поле най-високите стойности (≥ 500) са в централните им части. В Централнородопския руден район с най-високи стойности на този показател (> 500) е районът на Ардинското рудно поле. В Странджанско-Сакарския руден район по-високите стойности на показателя (≥ 150) са привързани към Устремското рудно поле.

Подобно е поведението и на друг геохимичен показател за оценка на среза $v_2 = \text{Pb} \cdot \text{Zn} \cdot k_{\text{Mo}}^2 / \text{Mo}^2 \cdot k_{\text{Pb}} \cdot k_{\text{Zn}}$, чиито стойности в изследваната площ са окултурени с изолинии 1,68; 300, 500, 800, 2000 гф².

Стойностите на избрания геохимичен показател са пресметнати по данни на съдържанията на участващите в него елементи във вторичните ореоли на разсейване и с отчитане на коефициентите им на остатъчна продуктивност в еталонните хипергенни аналози-представители на отделните промишлено генетични типове орудявания и общо за тях, и дават представа за относителното разположение на ерозионния срез на съответната коренна минерализация.

Направен бе опит за регистриране на хипергенното геохимично поле на изявени центростремителни и центробежни елементи, за каквито се считат например Pb, Zn, Cu, Mo (центростремителни) и Ni, Co (центробежни). Ролята на центростремителните елементи в разшифроването на структурата на нискорангови металогеенни обекти (рудни тела, рудни находища) е добре известна (Григорян, 1987), тъй като те са елементи основно от рудогенния комплекс и за тях са характерни ореоли на привнасяне. Ролята на центробежните елементи в нискоранговите металогеенни елементи напоследък се изследва усилено с по-

вишаването на възможностите на методите за анализ на геохимичните проби, тъй като за тях са характерни ореоли на изнасяне. За ролята им при разшифроване на аномални геохимични полета на високорангови металогенни обекти няма целенасочени изследвания.

Центростремителният нормиран мултипликативен ореол $Pb.Zn.Cu.Mo/C_{фPb} \cdot C_{фZn} \cdot C_{фCu} \cdot C_{фMo}$ в разглежданата площ варира между $\geq 1,56$ и ≥ 100 гф⁴. Повечето рудни полета в Източнородопския руден район се характеризират със средни и по-високи от тях стойности на центростремителния нормиран мултипликативен ореол – 10–100 гф⁴. Изключение прави само Лозенското рудно поле, където стойностите му превишават 100 гф⁴. В района на Централнородопския руден район единствено Ардинското рудно поле се характеризира със стойности над 100 гф⁴. В Устремското рудно поле от Странджанско-Сакарския руден район стойностите на този ореол са между 10–100 гф⁴.

Центробежният нормиран мултипликативен ореол $Ni.Co/C_{фNi} \cdot C_{фCo}$ в изследвания район варира между ≥ 2 и ≥ 200 гф². За повечето от рудните полета в Източнородопския руден район са характерни ниски или под средни стойности на този показател – ≥ 5 , само в Спахийевското рудно поле се установяват средни негови стойности от 5 до 50 гф². В този диапазон (5–50 гф²) са и стойностите му в Ардинското и Бялизворското рудно поле от Централнородопския руден район. В Устремското рудно поле в Странджанско-Сакарския руден район мултипликативният ореол надвишава 10 гф² и достига под средните си стойности.

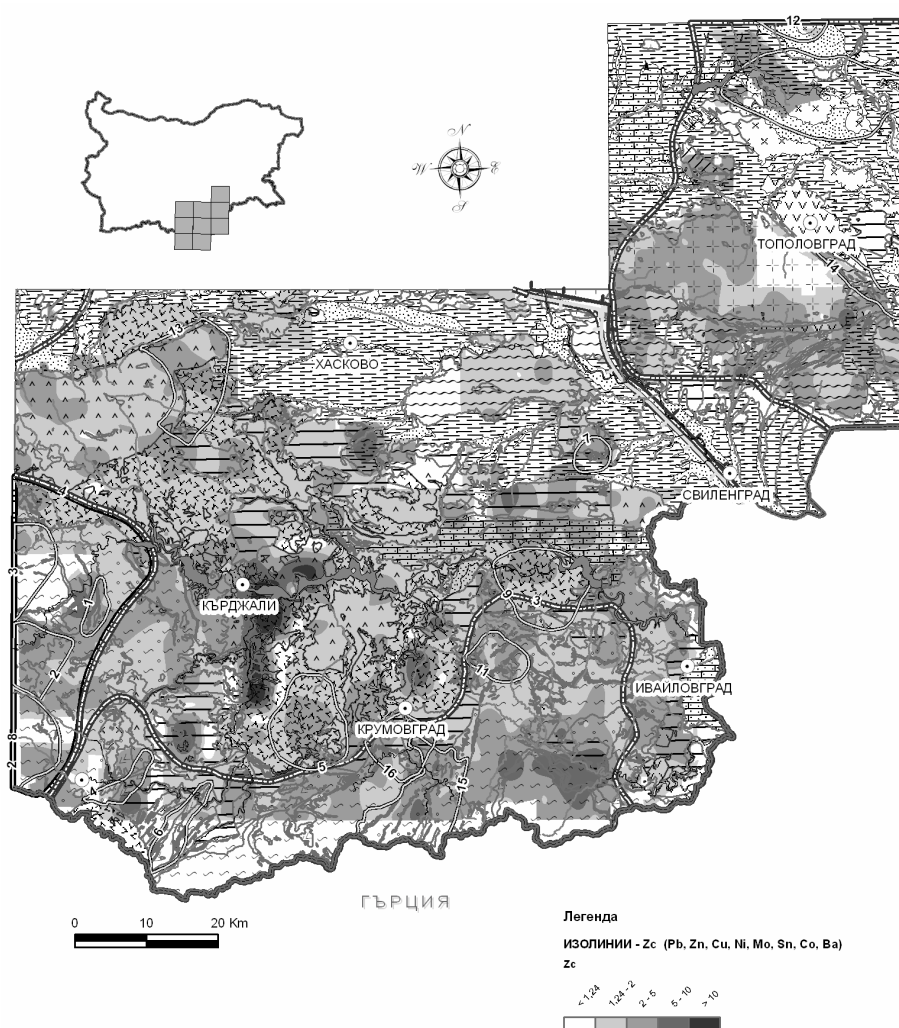
В заключение може да се отбележи, че в разглежданата площ стойностите на мултипликативните ореоли в известните рудни полета съответстват на нашите представи за нивото на ерозионния им срез, а именно – малък (висок) до среден ерозионен срез.

Използването на R-модификацията на факторния анализ (Девис, 1977) при обработката на данните от полуколичествения спектрален анализ в пробите от вторичните ореоли на разсейване не доведе до категоричен резултат за изява на геохимичните им асоциации на територията на Източните Родопи. Последните се определят обикновено чрез най-популярната разновидност на факторния анализ – методът на главните компоненти, който е много удобен за класификационни цели. При прилагането му за отделянето им са използвани варимаксните факторни тегла. Предварително бяха отстранени елементите с недостатъчна чувствителност на ПЕСА (As, Bi, Sb, Ag, Au, W) тъй като тяхното статистическо разпределение не е собственото им, а отразява особеностите на аналитичното им определяне, което до известна степен значително стеснява кръга на възможните естествени геохимични асоциации в хипергенното поле на разсейване. Подобен неудовлетворителен резултат се получи и при предварително проведеня клъстер-анализ със съдържанията на елементите във вторичните ореоли на разсейване, който по принцип често спомага (насочва) последващото прилагане на факторния анализ, показвайки възможното групиране на елементите чрез корелационните дендрограми. Полученият резултат е напълно обясним, като се има предвид невъзможността от разделяне на отделните промишлено генетични типове орудявания в хипергенното поле на разсейване и особеностите на последното (брой анализирани, значими и аномални проби).

ЕКОЛОГО-ГЕОХИМИЧНА ОЦЕНКА НА ИЗСЛЕДВАНАТА ТЕРИТОРИЯ

Целта на съставената еколово-геохимична карта на целия изследван район е да покаже потенциалните места на замърсяване, което би могло да бъде причинено от естествени замърсители в почвата, каквито са част от изследваните елементи с токсични свойства.

В избрания показател на замърсяване Z_c (фиг. 12) участват елементите Ni, Co, Ba, Cu, Zn, Mo, Pb, Sn, които са едни от най-разпространените в развитите



Фиг. 12. Еколово-геохимична карта

Fig. 12. Ecology-geochemical map

в площта на изследване вторични ореоли на разсейване. Аномалните полета на Z_c заемат голяма част от опробваната площ на изследваната територия, което кореспондира с дългогодишната добивна и преработвателна дейност в нея. Значителното им площно разпространение се дължи и на площното присъствие на моноелементните замърсители в структурата на показателя на замърсяване.

Сумарният коефициент на замърсяване (Z_c) бе избран в този си вид (Ni, Co, Ba, Cu, Zn, Mo, Pb, Sn) поради преобладаващото присъствие на участващите в него елементи (самостоятелни или в комбинация) в площта на изследване. Посочените елементи се срещат в аномални стойности в следния брой елементарни клетки: Ni – в 683 клетки, Co – в 564, Ba – в 448, Cu – в 979, Zn – в 920, Mo – в 931, Pb – в 806 клетки, Sn – в 832 клетки. Стойностите на Z_c във всяка клетка са нормирани на броя на елементите в нея, за да са съизмерими по отношение на участващите в него елементи. Сумарният показател на замърсяване показва сумарното превишаване на коефициентите на концентрация на набора от избраните аномални елементи над техните фонове нива в 979 „работещи“ клетки с площ $3 \times 3 \text{ km}^2$. Най-голям принос в Z_c имат аномалните съдържания на елементите с най-голям брой елементарни клетки в площта – Cu, Mo, Zn, по тази причина сумарният показател на замърсяване отразява замърсяването на почвения субстрат най-вече от замърсителите му Cu, Mo, Zn и показва значително сходство с моноелементните им ореоли в изследваната площ.

Най-ниските възможни стойности на сумарния показател на замърсяване в регион Източни Родопи в центъра на „елементарната площадка“ с площ $6,25 \text{ km}^2$ са $Z_c = 1,24$ и на практика цялата опробвана площ е заета от широкоплощно непрекъснато и недиференцирано поле в контура на Z_c : $1,24-2,00$. На неговия спокоен фон се откроява впечатляваща аномалия източно от Кърджали, удължена в посока север-юг и е с размери $20 \times 5 \text{ km}$. В строежа и участват три ядрени центрове, в които максималните стойности на Z_c достигат 15,76 (в южния фланг на аномалното поле), 14,54 (в най-голямата му централна част) и 12,20 (в североизточния фланг на полето). Най-голям принос в стойностите на Z_c тук имат Ni и Co.

ПРОГНОЗНА ОЦЕНКА НА КОРЕННАТА МИНЕРАЛИЗАЦИЯ В ИЗСЛЕДВАНАТА ТЕРИТОРИЯ ПО ГЕОХИМИЧНИ ДАННИ

Геохимичните изследвания се ползват успешно при металогенни оценки, тъй като крайната им цел е пресмятане на прогнозните ресурси на металите в съответните категории на достоверност. Различните по ранг металогенни обекти в Източните Родопи са оценени с привличането на подходящи геохимични характеристики на очакваната коренна минерализация в тях, като крайното заключение за перспективността им е основано на изчислените прогнозни ресурси Q_H^* (предполагаеми ресурси – кат. 333, според действащата класификация на запасите и ресурсите на находища на твърди подземни природни богатства) (Геология и минерални ресурси, 7, 1998). При преминаване от геохимичните ресурси (Q_H) към прогнозните (геоложките) ресурси (Q_H^*) сме ползвали известните стойности на поправъчния множител α^3 за извънбаланси

руди според мащаба на очакваното орудяване (Соловов, 1985). За по-коректен избор на α^3 сме въвели допълнително правило за „по-голяма близост“ на Q_H към горната граница на класа находище или към центъра на следващия клас находище, което според нас по-правилно отразява прехода между съседните по мащаб находища при отнасянето им към различните класове.

Прогнозните ресурси Q_H^* на металите (табл. 2) са изчислени на обичайните за подобни случаи (Инструкция по геохимическим..., 1983) дълбочини: $H=100\text{m}$ за Ag, Au, Bi, Co и $H=200\text{m}$ за As, Ba, Cu, Mo, Ni, Pb, Sn, W и Zn.

Предполагаемите (кат. 333) ресурси на металите бяха оценени при подходящи дълбочини $H=100, 200\text{m}$ (Инструкция по геохимическим..., 1983) и очаквано ниво на ерозионния срез $z=0,5$, при което априорно се счита, че за такива големи територии продуктивността на коренното орудяване е константно. (Соловов и др., 1970). Трябва да се има предвид, че в настоящия момент за изследваната територия няма построен формализиран геолого-геохимичен модел на орудяването поради липса на подходящи данни, но априорното приемане на среза $z=0,5$ е обичайно в геохимичната практика (Справочник по геохимическим..., 1987). По принцип построяването на формализиран геолого-геохимичен модел на орудяването на обширни територии е трудноосъществимо поради различния тип на минерализация в тях. Значително по-успешно могат да се построят формализирани модели на орудяването на по-нискорангови металогенни обекти (Справочник по геохимическим..., 1987). Сравнително ниските стойности на нормирана продуктивност на повечето елементи обаче ограничават перспективността на различните металогенни единици. Изключение правят добре известните рудни полета и прогнозни площи в състава на Източнородопския руден район и някои други металогенни обекти от Родопската металогенна провинция.

В последно време в геохимичната практика, особено при пресмятане на прогнозните ресурси на по-високорангови рудни обекти, се утвърждава нов подход, свеждащ се до:

a – избор на най-подходящ метод за пресмятане на ресурсите по геохимични данни с оглед на размерите на рудния обект и неговия руден (геохимичен) ранг;

b – в традиционно най-използваните методи за пресмятане на прогнозни ресурси по първични и вторични геохимични ореоли и по потоци на разсейване, сведени до общата формула $Q_{пр} = (\alpha_{оп} \cdot P_{оп} \cdot H_{оп}) / (k_{оп} \cdot 40)$, се отчитат следните обстоятелства:

- този способ е най-приемлив за пресмятане на прогнозни ресурси на рудни тела и рудни находища, т. е. на нискорангови рудни обекти, при които стойностите на *a* – частта от промишлените (балансовите) руди в общите запаси на полезния компонент в аномалното геохимично поле, се определя сравнително точно (конкретно или чрез моделни пресмятания) или се приема съобразно мащаба на обектите според десетичната класификация на находищата по запасите им на В. И. Красников;

- пресмятането на прогнозните ресурси на високорангови рудни обекти налага друг подход при избора на *a* и на дълбочината *H*, до която се пресмятат прогнозните ресурси, свързани с йерархичността на рудния (геохимичния) обект и със структурата на аномалното му геохимично поле.

Опитът, макар и не много голям, показва, че в пресметнатите прогнозни ресурси се наблюдава значително занижаване в сравнение с досега пресмята-

Оценка на металогенните обекти по геохимични данни
An estimate by geochemical data of the metallogenic objects

Металогенна единица	Наименование	Площ (km ²)	Ni ₂₀₀	Co ₁₀₀	Cu ₂₅₀	Zn ₂₅₀	Mn ₂₅₀	Ag [*] 100	Sb ₂₅₀	Pb ₂₅₀	Au [*] 100	
1	Металогенна зона	1	200 000.00	20 000.00	100 000.00	200 000.00	5 000.00	300.00	10 000	1 500.00	100 000.00	10.00
		2	10 000.00	2 000.00	30 000.00	50 000.00	1 000.00	30.00	2 000	5.00	15 000.00	0.07
	ОБЩО	9 593	200 000.00	20 000	150 000	300 000	7 000	300	15 000	100 000	10.00	
2	Руден район	1	9 000.00	2 000.00	30 000.00	50 000.00	1 000.00	30.00	1 500	5.00	15 000.00	0.07
		2	70 000.00	5 000.00	30 000.00	50 000.00	1 000.00	70.00	3 000	500.00	15 000.00	2.00
		3	10 000.00	1 500.00	10 000.00	20 000.00	500.00	20.00	500	150.00	10 000.00	0.30
		4	200 000.00	15 000.00	100 000.00	200 000.00	5 000.00	300.00	10 000	1 500.00	70 000.00	7.00
	ОБЩО	8 861	200 000.00	20 000	150 000	300 000	7 000	300	15 000	100 000	10.00	
3	Рудно поле	1	1 500.00	300.00	2 000.00	5 000.00	100.00	30.00	150	100.00	2 000.00	0.05
		2	1 500.00	300.00	2 000.00	5 000.00	150.00	10.00	200	30.00	1 500.00	0.20
		3	2 000.00	300.00	2 000.00	7 000.00	150.00	7.00	200	7.00	3 000.00	0.30
		4	1 000.00	70.00	200.00	1 500.00	10.00	0.30	10	-	500.00	0.01
		5	1 000.00	150.00	1 000.00	2 000.00	30.00	2.00	150	-	700.00	0.05
		6	1 000.00	200.00	1 500.00	3 000.00	50.00	3.00	20	-	1 500.00	0.03
		7	1 000.00	90.00	200.00	1 000.00	30.00	0.20	20	-	500.00	0.00
		8	300.00	50.00	500.00	2 000.00	20.00	0.50	150	50.00	1 000.00	0.00
		9	2 000.00	200.00	2 000.00	3 000.00	50.00	3.00	100	100.00	2 000.00	0.10
		10	70.00	15.00	70.00	150.00	7.00	0.07	15	-	20.00	0.00
		11	400.00	50.00	200.00	300.00	7.00	0.10	15	-	70.00	0.00
		12	300.00	50.00	300.00	700.00	15.00	0.30	50	-	150.00	0.00
		13	2 000.00	700.00	3 000.00	3 000.00	200.00	2.00	300	-	700.00	0.00
		14	7 000.00	500.00	2 000.00	3 000.00	70.00	2.00	150	50.00	700.00	0.10
		15	400.00	70.00	1 000.00	1 000.00	30.00	1.50	-	-	700.00	0.01
		16	2 000.00	150.00	1 500.00	2 000.00	50.00	2.00	100	70.00	500.00	0.30
	ОБЩО	1 482	50 000	5 000	30 000	1 500	70	5 000	500	30 000	3.00	
	Общо за изследваната площ	9 593	200 000	20 000	150 000	300 000	7 000	300	15 000	100 000	10.00	

Забелешка: Q_H – прогнозни ресурси на основните рудни полета

ните по класическия способ, което нараства с повишаването на ранга на металогенния обект. Това намери потвърждение (Бояджиев и др., 2008) в коригираните прогнозни ресурси на някои от основните рудни елементи (Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Sn) в металогенните разнорангови обекти (Светиилийското, Манастирското и Устремското рудно поле от Странджанско-Сакарския руден район в Средногорската металогенна зона) от Родопската металогенна провинция, които значително промениха тяхната оценка по геохимични данни (табл. 2).

ГЕОЛОГО-ГЕОХИМИЧНИ МОДЕЛИ НА РАЗНОРАНГОВИ РУДНИ ОБЕКТИ

В геохимичната практика все повече се използват моделни построения на разнорангови металогенни обекти, включително и у нас (Бояджиев, 2007). Родопската металогенна провинция е най-подходящият високорангов металогенен таксон в изследвания регион за целите на геохимичното моделиране по отношение на рудна натовареност и литохимично опробване, в нея са съсредоточени по-нискоранговите рудни обекти (рудни райони, рудни полета, перспективни площи) със значителен руден потенциал (табл. 2), на някои от основните ѝ рудни находища е изследвана ендегенната геохимична зоналност на първичните им геохимични ореоли (Пчелояд, Саже, Брястово, Лозен, Маджарово, Габерово, Попско, Света Марина). На част от тези находища и рудопроявления (Пчелояд, Саже, Брястово, Лозен, Попско, Света Марина) ендегенната зоналност бе изследвана допълнително и от нас (Бояджиев и др., 2008).

Построени са геолого-геохимични модели на следните находища и рудопроявления: Брястово, Чала, Габерово, Лозен, Пчелояд, Попско, Саже, Св. Марина; на рудните полета: Лозенско, Маджаровско, Попско-Белополско, Спахивско, Звездел-Пчелоядско; на Източнородопския руден район и на Родопската металогенна провинция. Различната изученост на разноранговите металогенни обекти обуславя и различни параметри и характеристики на моделите им. Съставените модели могат да се използват пълноценно при регионални, прогнозно-търсещи и оценъчни геоложки, геофизични и геохимични работи на територията на тези металогенни обекти. Част от параметрите и характеристиките на моделите могат да се използват и при геоложките изследвания в генетично еднотипни на моделните металогенни обекти.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разглежданата площ включва части от две основни металогенни единици – Средногорска металогенна зона и Родопска металогенна провинция.

Средногорската металогенна зона по същество включва две основни тектонски единици – същинската Средногорска единица и Странджанско-Сакарската единица. Тази металогенна единица, поне в разглежданата площ, е доминирана от металогенните изяви, свързани с късносредния островодъгов магматизъм. В тази си част Странджанско-Сакарската единица, или едноименният руден район, са главно оловно-цинкови хидротермални орудявания, представени най-добре в Устремското рудно поле.

Родопската металогенна провинция обхваща около 90% от изследваната площ. Тази провинция съвпада в основата си с Моравско-Родопската тектонска единица, а в разглежданата площ – с източната периферия на Родопския масив.

С ултрабазичните тела в метаморфните ядрени комплекси асоциират магматични хромови находища с предполагаема мезозойска възраст. Рудните тела са неголеми, с неправилна или лещовидна форма. Водена е експлоатация в средата на миналия век.

В метаморфните комплекси са локализирани и железни метаморфни находища, и проявления без съществено икономическо значение.

През ранния екстензионен етап (късна креда – еоцен) се формират железни скарнови и хидротермални находища и проявления, също без значителна промишлена стойност.

Металогенният облик на разглеждания район е доминиран от орудяванията, свързани с късноекстензионния магматизъм (олигоцен).

В Централнородопския комплексен купол това е Централнородопският руден район, в който са представени главно оловно-цинкови скарнови и хидротермални орудявания. В разглеждания район това са Ардинското, Бялизворското и източните части на Маданското и Давидковското рудно поле.

В Източнородопския руден район широко са представени както оловно-цинкови хидротермални находища, така и златно-полиметални и златни хидротермални находища и проявления. Те са концентрирани главно в Спахийевското, Звездел-Пчелоядското, Маджаровското, Лозенското и Попско-Белополското рудно поле. Подчинено значение имат Sb, Cu-Mo, Cu и Fe хидротермални орудявания.

През последните 50–60 години оловно-цинковите орудявания са имали основно икономическо значение както в Централнородопския, така и в Източнородопския руден район. В днешно време интересите са насочени към златните и златно-полиметалните орудявания.

По-важните резултати от дребномащабното обобщаване на металометричната информация от извършените в региона средномащабни (1:50 000, 1:25 000) и отчасти едромасщабни (основно в М 1:10 000) металометрични картировки са следните.

В площта на изследване аномални геохимични полета образуват значителен брой елементи: Au, As, Ba, Bi, Mn, Co, Mo, NiSb, Sn, W, Ag, Pb, Zn, Cu, от които най-разпространени са тези на Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mo. Аномалните полета на елементите Ag, Au, Bi, As, W, Sb отразяват присъствието им във вторичните ореоли на разсейване, тъй като са оконтурени по праговите стойности на ПЕСА (на ХСА за Au). Регионалното разпространение на моноелементните аномални полета на профилиращите метали и полетата на относителната им продуктивност са локализирани предимно в ареалите на добре известните металогенни обекти (рудни полета) от изграждащите най-вече Родопската металогенна зона рудни райони. Аномалните полета на почти всички елементи (особено на водещите) проявяват отчетлива привързаност към Източнородопския руден район и значително по-слаби изяви в границите на Централнородопския и Странджанско-Сакарския руден район. Полетата на относителната им продуктивност са конфигурирани по същия начин (с изключение на Ba), при това те са по-широкоплощни, по-контрастни и с по-висока степен на опакованост от едноименните литохимични полета. Структурираността на моноелементните аномални полета сравнително добре корелира със строежа и осо-

беностите на геохимично специализираните и диференцирани геоложки формации (Панойотов и др., 1980, 1990).

Регионалното разпространение на полиелементните аномални полета на част от главните рудни елементи в опробваната площ е определено от участващите в тях типоморфни елементи. В разпространението на полиелементните Pb.Zn и Cu.Mo ореоли в изследваната територия се забелязва усилващият ефект на корелиращите помежду си моноелементни ореоли на Pb и Zn и Cu и Mo, което засилва регионалното им поведение в металогенните обекти на Родопската металогенна провинция и на Средногорската металогенна зона. Усилените Pb-Zn ореолни съдържания бележат сравнително добре известни рудни полета в изследваната площ от Източнородопския руден район и значително по-слабо – в Централнородопския и Странджанско-Сакарския руден район. Мултипликативният Cu-Mo литохимичен ореол е с по-широко разпространение в района на изследване и е по-контрастен. Не се наблюдава зонално поведение в разпространението на двете мултипликативни литохимични полета.

Разположението в площта на изследване на геохимичните показатели за оценка на среза $v_1 = \text{Pb.Zn/Mo.Co}$ и $v_2 = \text{Pb.Zn/Mo}^2$ отразява поведението на полиелементните ореоли на Pb.Zn и Mo.Co, от една страна, и на Pb.Zn и усиленото влияние на моноелементния ореол на Mo, от друга. В разпространението им не се забелязват особени различия и площното им поведение е сходно. По стойностите на двата показателя може да се направи заключение за относителното геохимично местоположение на аномалните геохимични полета, а оттам – и за геохимичния срез на коренната минерализация. Изосъдържанията в границите, на които са вместени стойностите на двата показателя, са съответно: 0,8; 40; 80; 150; 500 гф² (за v_1) и 1,68; 300; 500; 800; 2000 (за v_2), по-контрастни са полетата на v_2 . По-високите стойности и на двата показателя за оценка на срез на коренната минерализация показват по-плитък неин ерозионен срез, а по-ниските – по-дълбок неин срез.

Поведението на моноелементните и на полиелементните геохимични полета, на полетата на относителната продуктивност на профилиращите метали и на показателите за оценка на геохимичния срез в известните рудни полета на изследваната площ съответстват на досегашните представи за нивото на ерозионния им срез, а именно малък (висок) до среден срез на орудяванията им.

В поведението на нормираните мултипликативни центростремителен Pb.Zn.Cu.Mo и центробежен Ni.Co ореоли не се забелязва очакваното им различие в металогенните единици на региона, в резултат на което те би трябвало да заемат различно местоположение в металогенните обекти (най-вече в рудните полета). Стойностите им варират в диапазона $\geq 1,56 - \geq 100$ гф⁴ (центростремителния) и $\geq 2 - \geq 200$ гф² (центробежния). С редки изключения в повечето от рудните полета на Източнородопския руден район се срещат средни и по-високи от тях стойности на центростремителното поле и ниски и под средните стойности на центробежното поле. Разминавания в стойностите на полетата в тяхната интервална скала се наблюдава и в Централнородопския и в Странджанско-Сакарския руден район.

Построената еколого-геохимична оценка чрез сумарния показател на замърсяване $z_c = z_c(\text{Pb, Zn, Cu, Ni, Mo, Sn, Co, Ba})$ показва сумарното превишаване на коефициентите на концентрация на набора от изброените аномални елементи над техните фонови нива в 979 клетки с площ 6,25 km² (2,5×2,5 km). Сумарният

показател на замърсяване отразява замърсяването на почвения субстрат най-вече от замърсителите му Cu, Mo, Zn, Sn, Pb и показва значително сходство с моноелементните им ореоли в изследваната площ. Оконтурен е и по изосъдържания 1,24, 2, 5 и 10. Цялата опробвана площ на региона е заета от неразкъсано и недиференцирано поле, в което Z_c варира от 1,24 до 2. Спокойният му характер се нарушава много рядко. Впечатляваща аномална площ над 100 km² се разполага източно от Кърджали, в контура ѝ са концентрирани три ядрени центрове, в които отнесените към един „условен“ елемент стойности на Z_c достигат 15,76, 14,54 и 12,20.

Направена е прогнозна оценка по геохимични данни на коренната минерализация в изследваната територия. За целта са пресметнати прогнозните (геоложките) ресурси в кат. P₂ (предполагаеми ресурси в кат. 333) на профилиращите метали до обичайните за тях дълбочини H=100, 200 m, без поправка за нивото на ерозионния срез и без да се отчита промишлено-генетичния тип на орудяването, тъй като коренната минерализация не може да се „класифицира“ по хипергенните си аналози. Прогнозната оценка показва неизчерпани руден потенциал на изследвания регион по отношение на полиметалната и благородната минерализация.

Построени са геолого-геохимични модели на разнорангови металогенни обекти предимно от Родопската металогенна зона съобразно йерархичността им в изследваната площ: находище, рудно поле, руден район, металогенна зона. За най-високорангов таксон е избрана Родопската металогенна зона с оглед на рудната ѝ натовареност, литохимичната опробваност и извършените изследвания за зоналното поведение на елементите в първичните геохимични ореоли на принадлежащите ѝ хидротермални находища. Параметрите и характеристиките на моделите включват структурно-геоложки и геохимични особености на металогенните обекти. Построените модели могат да се използват за металогенни, прогнозно-търсещи и оценъчни работи, част от параметрите и характеристиките им (предимно геохимичните) могат да се използват и при геоложките изследвания в генетично еднотипни на моделните еднакворангови металогенни обекти.

Направено обобщение на данните от разномасщабните литохимични снимки по вторични ореоли на разсейване в мащаб от 1:50 000 до 1:10 000 се характеризира с независимостта на получените резултати от мащаба на изходните снимки и в оценката на реалните (налични и очаквани), а не на потенциалните, рудни ресурси на територията на Източните Родопи. Сведения за потенциалната рудоносност на геоложките комплекси в нея се съдържат в геохимичните карти в М 1:200 000, отразяващи геохимичната специализация и диференциация на геоложките формации на част от Южна България.

Изследванията са по договор № 1255/28.02.2008 г. между МОСВ и НИС при СУ „Св. Кл. Охридски“.

ЛИТЕРАТУРА

- Бонев, Н. 2002. Строеж и еволюция на Кесебирския гнайсов купол, Източни Родопи. Автореф. Дисерт., СУ, 42 с.
Бояджиов, С. Д. 2007. Технология за построяване на аномалното геохимично поле на България в М 1:100 000. – Год. СУ, Геол.-геогр. Фак., 1, 100, 195–216.

- Боянов, И., М. Русева, В. Топракчиева, Е. Димитрова. 1990. Литостратиграфия мезозойских пород в Восточных Родопах. – *Geol. Balc.*, 20, 5, 3–28.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988а. Маджаровско рудно поле. – В: Оловно-цинковите находища в България. С., Техника, 114–126.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988б. Лозенско рудно поле. – В: Оловно-цинковите находища в България. С., Техника, 127–133.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988в. Попско рудно поле. – В: Оловно-цинковите находища в България. С., Техника, 137–141.
- Бресковска, В., В. Гергелчев. 1988г. Звездел-Пчелоядско рудно поле. – В: Оловно-цинковите находища в България. С., Техника, 142–146.
- Вергилов, В., Д. Кожухаров, Б. Маврудчиев, Е. Кожухарова. 1963. Бележки върху допалеозойските метаморфни комплекси в Родопския масив. – *Изв. Геол. инст.*, 12, 113–186.
- Девис, Дж. 1977. Статистика и анализ геологических данных. М., Мир, 571 с.
- Димитров, Р. (Ред.). 1988. Оловно-цинковите находища в България. С., Техника, 258 с.
- Димитров, Д., П. Замфирова. 1988. Устремско рудно поле. – В: Оловно-цинковите находища в България. С., Техника, 168–174.
- Иванов, Р. 1960. Магматизмът в Източнородопското палеогенско понижение. I. Геология. – *Труд. геол. Бълг., сер. геохим. и полезни изкоп.*, 1, 312–387.
- Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. 1983. М., Недра, 191 с.
- Канурков, Г. 1988. Железнорудните находища в България. С., Техника, 282 с.
- Класификация на запасите и ресурсите на находищата на твърди подземни природни богатства. 1998. – *Геология и минерални ресурси*, 7, 3–6.
- Кожухаров, Д. 1984. Литостратиграфия докембрийских метаморфических пород Родопской надгруп в Централных Родопах. – *Geol. Balc.*, 14, 1, 43–92.
- Кожухаров, Д., И. Боянов, Е. Кожухарова, А. Горанов, Г. Шиляфов. 1995. Обяснителна записка към геоложка карта в М 1:100 000, к. л. Свиленград. Комитет по геология и минералните ресурси, С., 1994, 65 с.
- Кожухаров, Д., С. Савов, Г. Чаталов, Е. Кожухарова, И. Боянов, Е. Челебиев. 1994. Обяснителна записка към геоложка карта в М 1:100 000, к. л. Тополовград. Комитет по геология и минералните ресурси, С., 1994, 73 с.
- Кунов, А., В. Стаматова, Р. Атанасова, П. Петрова. 2001. Златно-сребърно-полиметалното рудопроявление от нискосульфиден (адулар-серицитов) тип „Ада тепе“, Крумовградско. – *Минно дело и геология*, 4, 16–20.
- Матвеев, А. А., В. П. Бородин, Г. И. Хорин. 1998. Мелкомасштабное обобщение поисковых литохимических данных (на примере Северо-Востока России). Александров, МПРРФ, 33–46.
- Младенова, В. 1989. Минералогия и генетични особености на Звездел-Пчелоядското рудно поле, Източни Родопи. Автореф. канд. дис., СУ, С., 26 с.
- Младенова, В. 1998. Минералогия и проблемът със златото в находище Седефче, Източни Родопи. – *Год. СУ, ГГФ.*, 1, 90, 101–130.
- Овчарова, М. 2005. Петрология, геохронология и изотопни изследвания на метагранитоиди от източната част на Мадан-Давидковското подуване. Автореф. дисерт. С., 44 с.
- Панайотов, А. 1980. Геохимическите поиски скритых месторождений полезных ископаемых в НРБ. – В: Оценка глубокозалегающих рудных Месторождений по их ореолам. М., ИМГРЭ, 3–85.
- Панайотов, А. И. 1984. Некоторые особенности состава и строения первичных геохимических ореолов основных типов гидротермальных рудных месторождений НРБ. – В: Материалы XXVII МГИ, М., 222–231.
- Панайотов, А., Д. Йосифов. 1985. Линейные и блоковые структуры Родопского массива и Среднегорья и их геохимическая специализация. – *Geol. Balc.*, 15, 1, 11–28.
- Смирнов, В., М. Желязкова-Панайотова, А. Гинзбург, В. Григориев, Г. Яковлев. 1986. Геология на рудните находища. С., Наука и изкуство, 353 с.
- Соловов, А. П. 1985. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 294 с.
- Соловов, А. П., Б. А. Досанова, И. А. Кошелева. 1970. Анализ результатов поисковых литохимических съемок при прогнозно-металлогенических исследованиях. – *Вестн. Московского университета, сер. геология*, 4, 39–55.
- Справочник по геохимическим поискам полезных ископаемых. 1990. М., Недра, 335 с.

- Юфа, Б. А., Ю. М. Гурвич. 1964. Применение медианы и квартилей для оценки нормальных и аномальных значений геохимического поля. – *Геохимия*, 8, 817–824.
- Boyadjiev, S. D., N. B. Vassilev, A. V. Ahegukian, J. P. Kirkov. 2002. Gold-geochemik software package – complex processing of geological, geochemical and environmental geochemical data. – *Геология и минерални ресурси*, 4, 9–12.
- Bonev, N., G. Stampfli. 2003. New structural and petrologic data on Mesozoic schists in the Rhodope (Bulgaria): geodynamic implications. – *C. R. Geoscience*, 335, 691–699.
- Breskovska, V. 1997. Mineralogy of gold from Madjarovo ore field. – *Геология и минерални ресурси*, 1997, 5.
- Dabovski C., I. Boyanov, Ch. Chrishev, T. Nikolov, I. Sapunov, Y. Yanev, I. Zagorchev. 2002. Structure and Alpine evolution of Bulgaria. – *Geol. Balc.*, 32, 2–4, 9–15.
- Dabovski, C., A. Harkovska, B. Kamenov, B. Mavrudchiev, G. Stanisheva-Vassileva, Y. Yanev. 1991. A geodinamik model of the Alpine magmatism in Bulgaria. – *Geol. Balc.*, 21, 4, 3–15.
- Georgiev, V. 1993. Metallogeny of Mo and Au-Pb-Zn mineralizations in Spahievo ore field (South-Eastern Bulgaria). – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 46, 11, 81–84.
- Georgiev, V. 2004. Late Alpine geodynamics and metallogeny of the Morava-Rhodope zone. Annual scientific conferense “Geology 2004”, Proceedings, 18–20.
- Georgiev, V. 2005. Late Alpine tectonic and magmatism in the Eastern Phodopes. – *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 58, 1, 47–52.
- Georgiev, V. 2006. Tertiary domes and depressions in the Rhodope massif. Geosciences 2006, Proceedings, 106–109.
- Georgiev, V., B. Kolkovski, N. Metodiev, P. Milovanov. 2002. Metallogeny of the Zlatoustovo volcano-tectonic depression (Estern Rhodopes). – *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 45, 1, 51–56.
- Georgiev, V., P. Milovanov, P. Monchev. 2003. K-Ar dating of the magmatic activity in the Momchilgrad volcanotectonic depression. – *C. R. Acad. Bulg. Sci.*, 56, 8, 49–54.
- Georgiev, V., P. Milovanov, P. Monchev. 2008. Strontium isotope studies of the Late Alpine extensional magmatism in Eastern Rhodopes. – *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 51, 1, 103–118.
- Georgiev, V., P. Milovanov. 2003. Petrochemical features of the magmatic activity in the Momchilgrad depression (Eastern Rhodopes). – *C. R. Acad. bulg. Sci.*, 56, 9, 27–32.
- Georgiev, V., P. Milovanov. 2004. Petrochemical features of the Late Alpine late extensional magmatism in the Eastern Rhodopes. – *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 47, 1, 63–68.
- Georgiev, V., P. Milovanov. 2006. Petrochemical features of the Paleogene Satnitsa Magmatic Group, Eastern Rodopes. – *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 49, 1, 97–102.
- Harkovska, A., Y. Yanev, P. Marchev. 1989. General features of the Paleogene orogenic magmatism in Bulgaria. – *Geol. Balc.*, 19, 1, 37–72.
- Ivanov, Z. 2000. Tectonic position, structure and tectonic evolution of Rodope massif. Guide, ABCD – GEODE, Bulgaria, 1–4.
- Lilov, P., Y. Yanev, P. Marchev. 1987. K-Ar dating of the Eastern Rhodope Paleogene magmatism. – *Geol. Balc.*, 17, 6, 49–58.
- Marchev, P., H. Downes, M. Thirwall, R. Moritz. 2002. Small-scale variations of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope composition of barite in the Madjarovo low-sulphidation epithermal system, SE Bulgaria: implication for sources of Sr, fluid fluxes and pathways of the ore-forming fluids. – *Mineral Deposita*, 37, 667–669.
- Marchev, P., A. Von Quadt, I. Peytcheva, M. Ovchariva. 2006. The age and origin of the Chuchuliga and Rozino granites, Eastern Rhodopes. Geosciences 2006, Proceedings, 213–216.
- Marchev, P., B. Singer, C. Andrew, S. Nasson, R. Moritz, N. Bonev. 2003. Characteristics and preliminary $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ data of the Upper Eocene sedimentary-hosted low-sulfidation gold deposits Ada Tepe and Rosino, SE Bulgaria: possible relation with core complex formation. Mineral Exploration and Sustainable Development, Millpress, Rotterdam, 367–370.
- Marchev, P., B. Singer. 1999. Timing of magmatism, alteration-mineralization, and caldera evolution in the Spahievo ore field, Bulgaria’ from laser-fusion $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating. – In: Stanley et al. (Eds.). Mineral Deposits: Processes to Processing, Balkema, Rotterdam, 1271–1274.
- Marchev, P., B. Singer. 2002. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of magmatism and hydrothermal activity of the Madjarovo base-precious metal ore district, eastern Rhodopes, Bulgaria. – In: Blundell, D., Neubauer, F., von Quadt, A. (Eds.). The Timing and Location of Major Ore Deposits in an Evolving Orogen. Geol. Soc., London, Spec. Publ. vol. 204, 137–150.
- Milovanov, P., V. Georgiev, P. Monchev. 2005. K-Ar dating of the Paleogene Late extensional magmatism in the Eastern Rhodopes. – *Ann. Univ. Min. and Geol.*, 48, 1, 95–100.

- Mladenova, V. 2000. Microstructures and micromineralogy of stibnite from Chernichino deposit, Eastern Rhodopes, Bulgaria – a TEM study. – *Ann. Univ. Sofia, Geol.*, 92, 85–93.
- Nakov, R., T. Kerestidjian, A. Kunov, V. Arnaudov, B. Amov. 2001. New data for a Paleogene epithermal origin of gold mineralization in Kamilski Dol area, Eastern Rhodopes, Bulgaria. – *Rev. Bulg. Geol. Soc.*, 62, 1–3, 55–64.
- Yanev, Y., F. Innoceti, P. Manetti, G. Serri. 1998. Upper Eocene-Oligocene Collision-related Volcanism in Eastern Rhodopes (Bulgaria) – Western Thrace (Greece): Petrogenetic Affinity and Geodynamic Significance. – *Acta Vulcanologica*, 10, 279–291.
- Yanev, Y., Z. Pecskey. 1997. Preliminary data on the petrology and K-Ar dating of the Oligocene volcano Briastovo, Eastern Rhodopes. – *Geochem. Mineral. & Petrol.*, 32, 59–66.

Постъпила март 2009 г.

