

ГОДИШНИК НА СОФИЙСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“
ГЕОЛОГО-ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ
Книга 1 – ГЕОЛОГИЯ
Том 103

ANNUAIRE DE L'UNIVERSITE DE SOFIA "ST. KLIMENT OHRIDSKI"
FACULTE DE GEOLOGIE ET GEOGRAPHIE
Livre 1 – GEOLOGIE
Tome 103

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕНДОГЕННАТА ГЕОХИМИЧНА
ЗОНАЛНОСТ НА ПЪРВИЧНИТЕ ГЕОХИМИЧНИ ОРЕОЛИ
В РУДНИ ОБЕКТИ ОТ СТРАНАТА

СТЕФАН БОЯДЖИЕВ

*Катедра Минералогия, петрология и полезни изкопаеми
e-mail: boyadjiev@abv.bg*

Stefan Boyadjiev. INVESTIGATION OF ENDOGENOUS GEOCHEMICAL ZONING OF THE PRIMARY GEOCHEMICAL AUREOLES IN THE ORE BODIES IN THE COUNTRY

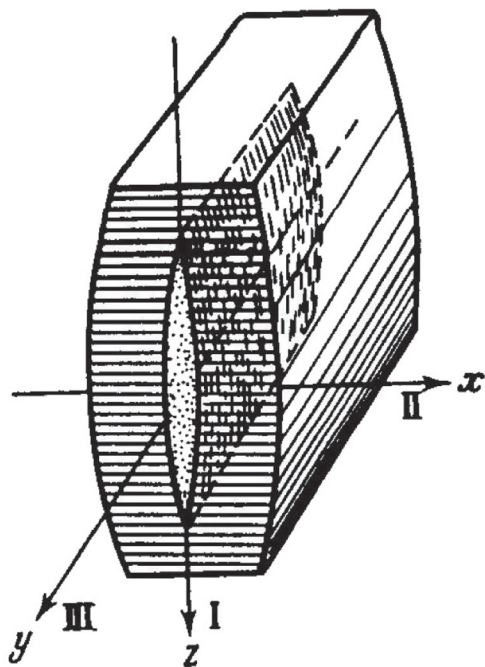
In comparative aspect are scrutinized the results of the study of endogenous geochemical zoning of the primary geochemical aureoles in the ore bodies of the country, after two approved methods. Up to now, known and new results from the study of the zonal distribution of elements in the halo area of major industrial-genetic types deposits are classified by their use in geological-geochemical modeling and the prognosed estimation of the latter.

Key words: endogenous geochemical zoning, primary geochemical halos, Indicator/coefficient of zoning, coefficient of intensity, zoning order.

УВОД

Зоналността на първичните геохимични ореоли като вектор се характеризира с три взаимно перпендикулярни съставляващи по направленията на осите x – напречно на разпространението (напречна или латерална зоналност), y – по посока на разпространението (надлъжна зоналност), z – по издигането или потъването (осева или вертикална зоналност) на рудната зона (рудното тяло) (фиг. 1)

Осевата зоналност, проявяваща се по направление на движението на рудоносните разтвори, съвпада с вертикалната за стръмно западащи рудни зони и с хоризонталната – за субхоризонтални. В отличие от вертикалната (осевата) зоналност, еднообразна за различни типове орудявания, напречната (латералната) зоналност в значителна степен



Фиг. 1. Направления на осевата (I), напречната (II) и надлъжната (III) зоналност (по Григорян, 1987)

Fig. 1. Directions to the axis (I), transverse (II) and longitudinal (III) zoning

(трудът им е регистриран като научно откритие през 1970 г.): W_1 -Be-As₁-Sn₁-Au₁-U-Mo-Co-Ni-Bi-W₂-Au₂-Cu₁-Zn-Pb-Sn₂-Ag-Cd-Au₂-Cu₂-Hg, As₂, Sb-Ba (Григорян, 1987). Впоследствие този ред е допълнен с различни елементи като Tl и I (отдясно), Th, Sr, V, Li, F (Матвеев, Соловов, 2011). Според Овчинников (1990) измежду 35–40-те най-главни елементи-индикатори на орудяването 8 от тях – Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Sn, W, Ba, формират първичните ореоли на повечето генетични типове ендемични находища. В реда на зоналност индексите при символите на химичните елементи означават, че в зависимост от минералните форми и асоциации елементите може да заемат различно положение в зоналния ред. Авторите отбелязват статистическия характер на зоналния ред, зависещ от генетичната принадлежност на всяко конкретно находище, но запазващ си общата последователност в подредбата на елементите. По тази причина обобщеният зонален ред намира отражение и в редовете на различните по състав орудявания (Инструкция по ..., 1983).

Обобщеният зонален ред има универсален характер, тъй като отразява закономерното изменение на съотношенията между надфоновите съдържания или продуктивности на два или повече химични елемента и последователното разположение на всеки от тях в избраното направление на движение на рудоносните разтвори. Участващите в него елементи условно са разделени на „високотемпературни“ (W, Sn, Mo, Co и др.),

се определя от типа на орудяването и неговите морфоструктурни особености. При геохимичното търсене и оценка на коренното орудяване важно практическо значение има изучаването на зоналността по вертикала $v = f(z)$, в плоскостта на рудните зони $v = f(y, z)$ и по латерала $v = f(x)$.

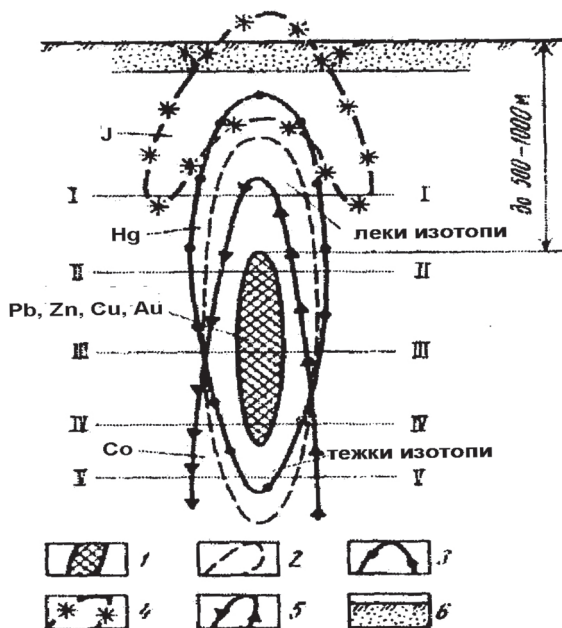
Геохимичната зоналност на рудните находища е обусловена от различията в миграционната способност на химичните елементи в процеса на екзогенното и ендеогенното рудообразуване. Геохимичната зоналност на ендеогенните рудни находища отразява последователния ред на елементите, ранжирани в реда на максималното им отлагане, в съответствие с физико-химичните условия на рудоотлагането, според придвижването им от подрудните към надрудните хоризонти на рудната зона (Григорян, 1987).

Най-пълно геохимичната зоналност на първичните ореоли на хидротермалните сулфидни находища е изучена от Л. Н. Овчинников и С. В. Григорян, които въз основа на изследването и в над 300 различни находища извеждат обобщен ред на зоналност на отлагане на химичните елементи (отдолу нагоре)

Фиг. 2. Обобщен модел на първичните ореоли на хидротермално находище (по Соловов, 1985)

1 – рудно тяло. Първични ореоли: 2 – олово; 3 – живак; 4 – йод; 5 – кобалт; 6 – съвременни отложения. С римски цифри са отбелязани номерата на хоризонтите (нивата, сеченията) на рудната зона

Fig. 2. Generalized model of primary aureoles of hydrothermal deposit (after Solovov)
1 – ore body. Primary aureoles: 2 – lead, 3 – mercury, 4 – iodine, 5 – cobalt, 6 – contemporary sediments. With roman numerals marked numbers horizons (levels, sections) of the ore zone



„среднотемпературни“ (Ni, Cu, Zn, Pb) и „нискотемпературни“ (Ag, As, Sb, Hg, Ba), чието поведение в ореолното пространство е послужило за построяването (Соловов, 1985) на известния обобщен модел на първичните ореоли на ендегенни находища (фиг. 2).

За количествени характеристики на орудяването в произволна точка се използват безразмерни величини на отношения между съдържанията (продуктивностите) на типоморфните за дадено орудяване химични елементи (v). Признак на геохимичната зоналност в контура на рудните залежи е подреденото изменение на показателя на зоналност (v) в пространството, в общия случай определяно от зависимостта

$$\frac{dv}{dS} = \sqrt{\left\langle \frac{dv}{dx} \right\rangle^2 + \left\langle \frac{dv}{dy} \right\rangle^2 + \left\langle \frac{dv}{dz} \right\rangle^2},$$

където S е направление на максималната геохимична изменчивост на орудяването.

МЕТОДИ ЗА ИЗУЧАВАНЕ НА ГЕОХИМИЧНАТА ЗОНАЛНОСТ

Изследването на геохимичната зоналност на рудните находища включва намирането на редовете на зонално отлагане на елементите на типоморфния комплекс на конкретно орудяване и избор на геохимични критерии за оценка на нивото на ерозионния срез и прогнозиране в дълбочина на разкритите рудопроявления в метриката на еднотипни еталонни месторождения.

За изучаване на геохимичната зоналност на орудяването се използват следните общоприети методи, свързани с имената на предложилите ги изследователи (Матвеев, Соловов, 2011).

- Метод на Н. Н. Сочеванов за намиране на зоналния ред по положението на „центровете на тежест“ чрез построяване на графиките на изменение на линейните продуктивности (M_i) на всеки от елементите-индикатори с дълбочината (z). Центърът на тежестта, указващ местоположението на елемента в зоналния ред, се определя по формулата:

$$z_M = \frac{\sum_{i=1}^f M_i z_i}{\sum_{i=1}^f M_i},$$

където f е броят на опробваните нива (Сочеванов, Горелова, 1975).

- Метод на Е. М. Квятковский, при който елементите се ранжират по градиентите на продуктивностите на рудната зона. На всеки от опробваните интервали за всеки руден елемент на орудяването се определят градиентите на продуктивност като отношение на продуктивностите на горния към долния хоризонти (например при 4 нива на опробване – МI/МII, МI/МIII, МI/МIV, ..., МIII/МIV). На намерените значения се присвояват рангови (поредни) номера (в случая от 1 до 4). Положението на елемента в зоналния ред се определя по сумата от местата (ранговете), присвоени на всеки от елементите (Квятковский, 1972).

- Метод на С. В. Григорян за намиране местоположението на елементите в зоналния ред по коефициента на контрастност на зоналността, дефиниран като отношение на количествените характеристики (линейни продуктивности, средни съдържания) на всеки елемент на най-горния и най-долния хоризонт (ниво) на изследвания разрез – елементите се подреждат по реда на нарастването на коефициента им на контрастност (Григорян, 1987). Този метод е удачен (тогава чрез него се получават еднозначни резултати) само при условие, че продуктивностите (средните съдържания) на типоморфните елементи на коренното орудяване се изменят монотонно по направлението на изучаваната зоналност (най-често то е по вертикалата), което обикновено не е така. По тази причина той е усъвършенстван от създателя си в способ, ползващ показателите на зоналност на елементите-индикатори (Григорян, 1987). Показателят на зоналност на всеки елемент представлява отношение на продуктивността на елемента към сумата от продуктивностите на останалите елементи-индикатори на орудяването и количествено отразява относителното натрупване на рудния елемент на всеки от опробваните хоризонти на рудната зона. Елементите се подреждат в зоналния ред (отдолу нагоре) по намаляването на показателя си на зоналност и местоположението им се доуточнява чрез градиента на показателя им на зоналност (Инструкция ..., 1983; Григорян, 1987) Тъй като зоналността на първичните ореоли обикновено се изучава по вертикални напречни разрези, при пресмятането на показателя на зоналност се използват линейните продуктивности на първичните ореоли, за определянето на които средноаномалните съдържания на елементите (нормирани на среднофоновите съдържания) се умножават по широчината на ореола в дадено сечение (размерността на линейната продуктивност в случая е МГФ – метрогеофон).

- Метод на А. В. Гаранин и А. П. Соловов за намиране на последователността в зоналното отлагане на химичните елементи чрез изчисляване на центровете на тежестта на графиките на двойните отношения между съдържанията на химичните елементи и подреждането им по намаляване на средните центрове на тежестта. Центровете на те-

жестта на графиките на двойните отношения между елементите се изчисляват според зависимостта:

$$z_j = \sum_{i=1}^f v_i f_i / \sum v_i,$$

където f_i – номер на опробваното ниво на рудната зона (1, 2, 3..., f), v_i – съответните величини на отношенията между продуктивностите (средните съдържания) на два елемента. Средните центрове на тежестта z на графиките на двойните отношения v се изчисляват по формулата:

$$z_j = 1/k-1 \cdot \sum_{j=1}^{k-1} \sum_{i=1}^f v_i f_i / \sum v_i,$$

където k е броят на химичните елементи – за j -всеки един от тях, а номерата на опробваните нива на рудната зона (обекта) f_i (1, 2, 3..., f) могат да са изразени и в условната метрика 0,0–1,0. Мястото на елемента в зоналния ред (отдолу-нагоре) се определя по намаляването на z_j (Справочник по ..., 1990).

Методът на А. В. Гаранин и А. П. Соловов за изследване на зоналността на ендеогенните геохимични ореоли (ендогенните хидротермални находища) е реализиран от В. А. Николаев в програма „Ню-2“; впоследствие Ю. В. Шваров съставя програма „Ню-3“, чието предназначение е да се намерят най-добрите показатели на геохимична зоналност, като участващите в тях елементи не е задължително да бъдат само в цели степени (Справочник по ..., 1990). Програмата „Ню-2“ е считана за най-удачната по отношение всеобхватното методично изследване на геохимичната зоналност на рудните находища (методиката на С. В. Григорян също има програмна реализация – „Ряд“). Тя е предназначена за изследване на геохимичната зоналност посредством намирането на частни редове на зонално отлагане (в рудно тяло, профил, разрез, находище) и на общия им ред (включително за няколко генетично еднотипни находища), автоматично търсене на общите, монотонно изменящи се по геометрията на изследвания обект, геохимични показатели (най-често от I-III порядък), изчисляване на техните значения и построяване на графиките на изменение на тези показатели по опробваните нива (хоризонти, сечения), както и на тяхната структура посредством участието на химичните елементи в монотонно изменящите се (нарастващи, намаляващи) показатели.

Изследването на геохимичната зоналност на рудните находища с помощта на програмата „Ню-2“ се извършва по величините на линейните (M , $m\%$), площните (P , $m^2\%$) продуктивности, или средните надфонове ($Cx-Cф$) съдържания на химичните елементи на типоморфния комплекс в зависимост от характера на орудяването (ясно изразена рудна зона или разсеяна минерализация) (Соловов, 1985). Когато се използват данни по вторични ореоли на разсейване или интервали на окислени руди, абсолютните стойности на геохимичните показатели на зоналност $v_i = П(Mp)_i / П(Mp)_{II}$ се умножават с поправъчен коефициент $k_{oi} = Пk_{II} / Пk_i$, където $Пk$ е произведение на съответните коефициенти на остатъчна продуктивност k за групата елементи, образуващи числителя (I) и знаменателя (II) на безразмерния показател на зоналност (Соловов, 1985). Мярка за сходството (близостта) на частните зонални редове е техният рангов коефициент на корелация и при наличието на значими положителни връзки общият зонален ред се построява от частните по сумата от поредните номера (ранговете) на елементите в тях.

За всяко находище се избират монотонни, намаляващи с дълбочината геохимични показатели, с ясен геохимичен смисъл и имащи голям размах по потъването (в случая на вертикална зоналност) на рудните тела ($R = v_{\max}/v_{\min}$). Видът на геохимичните показатели на зоналност отразява положението на елементите в зоналната колонка на находищата – в числителя се разполагат елементи, стремящи се към горните хоризонти на рудните тела, в знаменателя – към долните. В общия вид на избраните показатели на зоналност елементите с двойствено поведение в отделните показатели се посочват след дробта в скобите – например общият вид на геохимичните показатели на зоналност за оценка на нивата на основните типове златно орудяване е: Ag, Sb, Hg/W, Co, Sn, Bi (Pb, As, Zn, Cu, Au, Mo) (Чекваидзе и др., 2004).

При изучаването на геохимичната зоналност на рудните находища с програмата „Ню-2” и изборът на показатели на зоналност (v) за последваща оценка на разкритите рудопроявления се изхожда от няколко принципни положения (Соловов, 1985; Справочник по ..., 1990):

- Природните геоложки процеси имат стохастически детерминиран характер, водещ до отклоняването на характеризиращите ги емпирични данни от прости функционални зависимости, в резултат на което изучаването им се затруднява – в случая на геохимичната зоналност това е показано при изследването на абстрактния модел на ендеогенното орудяване.
- Избраните геохимични показатели трябва да са безразмерни и да се изменят монотонно (по принцип – намаляващо) в дълбочина – налага се заради нееднозначното изменение на средните съдържания на рудните елементи по падение на рудната зона.
- Избраните показатели на зоналност трябва да бъдат и с по-висок порядък (броят на степените на участващите в тях елементи в числителя/знаменателя) от първи (обикновено първи-трети) – налага се заради увеличаване на възможността те да се изменят монотонно с повишаване на порядъка им. При това обаче значително нараства броят на разглежданите и анализирани техни графики. В съответствие с това неслучайният, геохимически надежден характер на установените монотонни показатели, може да се предполага само при условие, че техният общ брой N е по-голям от броя на очакваните на 95% доверително ниво случайно монотонни показатели $N_{\text{крит}}$, появяващи се с вероятност $P(N_{\text{крит}} = N.P)$ при независим характер на входните данни: $N > N_{\text{крит}} = N.P$, което трябва да се отчита при избора им.
- По-пълното разкриване на геохимичната зоналност в случая, когато по отделни проучвателни профили или рудни тела с геохимично опробване са обхванати само ограничени интервали на рудната зона (обичайният случай в геохимичната практика), е възможно при обединяването на тези интервали и изследване на зоналността в границите на общия обединен интервал. В този случай се разширява зоналната колонка и се увеличава възможността за поява в нея на монотонни показатели на зоналност – този подход е известен като „надстройкаване на еталона“ и се практикува и при генетично еднотипни находища (Бояджиев, 1998).

Изучаването на зоналността на рудните находища и техните първични геохимични ореоли е във връзка с намиране на геохимични критерии за откриване на нови рудни тела, прогнозиране на орудяването в дълбочина и оценка на прогнозните ресурси на профилиращите метали в категория P_1 , които съставляват основните търсещо-оценъчни задачи за решаване на детайлните литохимични снимки по първични ореоли.

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕНДОГЕННАТА ГЕОХИМИЧНА ЗОНАЛНОСТ В ПЪРВИЧНИТЕ ГЕОХИМИЧНИ ОРЕОЛИ НА РУДНИ ОБЕКТИ В БЪЛГАРИЯ

У нас изследванията на геохимичната зоналност на първичните геохимични ореоли (ПГО) в основни морфогенетични типове находища/рудопроявления са извършени главно от руски специалисти и българските им колеги от бившата ЦГГ (Централна геохимична група) към бившето ППП и ГК на контрактна основа. Използван е наличен геохимичен материал от сондажни и минни изработки, както и специално получен за целта под формата на браздови, секционни и геохимични проби по ПГО. Изследванията са обхванали основните рудни райони/полета в страната и са отразени подробно в редица фондови доклади в Националния Геофонд. Обобщени са в работата на Панайотов (1980) и са довели до намирането на единен зонален ред на хидротермалните находища в България (Панайотов, 1984). Този ред има статистически характер (получен е в резултат на съвместното използване на над 30 частни реда) и има много общи черти с известния обобщен зонален ред на хидротермалните находища на Овчинников-Григорян (Григорян, 1987). Изследвани са трите съставлящи на вектора на зоналността: напречна, надлъжна и най-вече вертикална (осева) зоналност. Обобщените редове на ендегенна зоналност на хидротермалните находища в света и в България се отнасят за вертикалната (осевата) зоналност на първичните им геохимични ореоли.

Ендегенната зоналност на първичните геохимични ореоли у нас е изследвана предимно по методиката на С. В. Григорян, основното в която е, че предлаганите коефициенти на зоналност (обикновено е един) са в резултат на получения зонален ред, а предлаганите коефициенти на интензивност са от два типа: относителен привнос на елементите, и промишлена значимост на главните рудни елементи съгласно действащите кондиции. Зоналният ред се получава чрез показателя на зоналност на елементите. В геохимичната ни практика по-слабо е позната методиката на А. П. Соловов, при която предлаганите показатели (коефициенти) на зоналност (обикновено 7–9) се търсят измежду всичките възможни безразмерни отношения между участващите в изследването елементи от I–III порядък, които монотонно се изменят (обикновено намаляват) по геометрията на рудното тяло и не се предлагат коефициенти на интензивност. Зоналният ред се получава чрез центъра на тежестта на елементите. У нас изследването на зоналността на първичните геохимични ореоли по методиката на А. П. Соловов е в по-ограничен обем (Бояджиев, 1985; 1990; 2007)

ЦЕЛ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Двете най-популярни методики за изучаване на ендегенната геохимична зоналност на рудни находища се прилагат с еднакъв успех и принципно водят до близки (сходни) резултати. Методиката на А. П. Соловов предлага по-големи възможности за последващо използване на получените резултати при решаване на прогнозно-търсещи задачи, включително и при геолого-геохимичното моделиране на разнорангови металогенни обекти. Във връзка с това са систематизирани резултатите от изследванията върху първичните геохимични ореоли в рудни обекти в страната, извършени по предложената от А. П. Соловов методика. Аналогично систематизиране на изследванията по методиката на С. В. Григорян е направено от Панайотов (1980). Ползвани са главно известните изходни данни за средните съдържания и продуктивности на типохимичните елементи от предходните изследвания на ендегенната зоналност (по методиката

на С. В. Григорян), собствени материали, както и неизползвани от предишните изследователи техни материали. Получените резултати са разгледани в сравнителен план с досега известните такива. Рудните обекти са класифицирани по мащаб и промишлено-генетичния си тип според РКПИ (Йовчев, 1997–ф) и са отнесени териториално в пет региона: Същинска Средна гора и Централна Стара планина, Източно Средногорие и Странджа, Източни Родопи, Западни и Централни Родопи, Западен Балкан, Краище (Бояджиев, 2008–ф).

РЕЗУЛТАТИ

Изследвана е вертикалната геохимична зоналност на първичните геохимични ореоли в следните рудни обекти:

- регион Същинска Средна гора и Централна Стара планина: находищата Асарел, Елшица, Радка, Челопеч и Воздол от Панагюрско-Етрополския руден район;
- регион Източно Средногорие и Странджа: рудопроявление Бакаджик (Бургаски руден район), находище Зидарово (Бургаски руден район), Граматиковско рудно поле (Граматиковско-Малкотърновски руден район);
- регион Краище: находищата Руен и Мали Руен – Белите сипеи (Руенско рудно поле);
- регион Западен Балкан: участъците Перчинките, Синя вода, Лукина падина, Камъка от Чипровско-Мартиновската рудна зона;
- регион Източни Родопи: рудопроявление Пчелояд (Звездел-Пчелоядско рудно поле), находище Саже и участък Брястово (Спахиевско рудно поле), находище Лозен (Лозенско рудно поле), находище Света Марина (перспективна площ Света Марина, Източнородопски руден район);
- регион Западни и Централни Родопи: находище Мангоско (Манговското по РКПИ) (Маданско рудно поле), находище Грънчарица (Грънчаришко рудно поле).

Резултатите от изследваната зоналност на ендегенните геохимични ореоли във вулканогенно-хидротермалните златно-медни находища (Челопеч, Радка, Елшица, Воздол) и плутоногенно-хидротермалното златно-медно находище (Асарел) от регион Същинска Средна гора и Централна Стара планина са подробно описани при получаването на редовете на ендегенна вертикална зоналност на златорудните находища в Панагюрско-Етрополския руден район (Бояджиев, 2007). Известни са и резултатите от изследването на ендегенната зоналност на полиметалното орудяване в находище Воздол от Елашко-Челопешкото рудно поле (Бояджиев, 1985). В табл. 2 са поместени получените по двете методики редове на ендегенна зоналност на находищата от Панагюрско-Етрополския руден район, единният ред на зоналност на златорудните находища в района (по методиката на А. П. Соловов), обобщеният ред на зоналност на хидротермалните находища в България (по методиката на С. В. Григорян) и приетият обобщен ред на зоналност на хидротермалните находища в света (по методиката на С. В. Григорян). В таблицата са показани и геохимичните показатели на зоналност, чрез които геохимично еднотипни аномалии може да се оценят в метриката на еталонните рудни тела (рудни зони) на находищата от Панагюрско-Етрополския руден район.

В миналото са извършени разнообразни изследвания на ендегенната геохимична зоналност в рудни обекти от Източното Средногорие и Странджа. Закономерностите в строежа на ендегенните геохимични ореоли на елементите в рудопроявление Бакаджик от Бакаджишкото рудно поле на Бургаския руден район са изследвани в два негови

участъка – Трапищата и Тамарино-юг (Кербелова и др., 1979-ф). Рудопроявлението е от Au разсипен тип, с жилообразна форма на рудните тела, образувано е на неголяма дълбочина при средни температури. Участък Трапищата се намира в централната част на рудопроявлението. Геохимичната зоналност е изследвана по данни от химичния анализ на секционни проби за 5 елемента (Pb, Zn, Cu, Ag, Au) в границите на 3 рудни зони, вместващите скали не са опробвани. Напречните разрези през рудните зони са представени различно – съответно с по 4, 3 и 2 сондажа. Полученият по методиката на С. В. Григорян зонален ред (отгоре-надолу) е: Ag-Pb-Zn-Cu (Au не е включено в него). За коефициент на зоналност е избран $k_3 = \text{Ag.Pb/Cu}^2$, а за количествена оценка на промишлената значимост на предполагаемо орудяване е предложен коефициентът на интензивност $k_n = \text{Pb}+0,7\text{Zn}+2\text{Cu}+100\text{Ag}$ съгласно приетите на обекта кондиции за ценността на полезните компоненти, преизчислени в условни единици на Au. Зависимостта на изменението на k_3 и k_n с дълбочината е изследвана по 4-те напречни разреза, при което е установено закономерно намаляване на k_3 (коефициентът на контрастност по една от рудните зони достига 10^7) и увеличаване на стойността на k_n в дълбочина (от 1 до 10). Последното е свързано със значителното увеличаване на количеството на Cu в общата сума на металите, преобладаващо над намаляването на количествата на останалите 3 метала – Pb, Zn и Ag. За изясняване на закономерностите в поведението на елементите в рудните тела с оглед определянето на векторите на зоналността и на интензивността на промишленото орудяване е проследено изменението им в плоскостта на трите рудни зони (използвани са данни за k_3 и k_n по рудни интервали на 83 проучвателни сондажи, нанесени върху вертикалните проекции на рудните зони). Съставен е график-диаграма за съвместното определяне на нивото на ерозионния срез и промишлената значимост на орудяването/геохимичните аномалии в пределите на рудоносните зони. Изказано е предположение за наличието на поне две генерации на Au, свързани с полиметална и наложена минерализация (по тази причина Au не е включено в зоналния ред). Направено е заключение, че северозападният фланг и дълбоките хоризонти на рудоносните зони са перспективни на промишлено орудяване.

Геохимичната зоналност на ендегенните ореоли в участък Тамарино-юг е изучена по резултатите от ПЕСА на геохимичните и секционни проби за 7 елемента: Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Mo и Ni от рудните зони в два вертикални разреза. И в двата разреза рудните зони са пресечени само от по два сондажа, което не е позволило количественото изследване на ендегенната зоналност, а само качествено и описание, свеждащо се до следния зонален ред на вертикалната и съставляваща (отгоре надолу): Ag, Pb-Zn-Cu, Mo, Co, Ni. Предложени са два коефициента на зоналност $k_3 = \text{Ag}^2/\text{Cu.Mo}$ и $k_3^1 = \text{Ag.Pb/Cu}^2$, които по падение на рудните зони се изменят съответно от $n.10^{-2}$ до $n.10^{-5}$ и от $n.10^{-1}$ до $n.10^{-4}$ със средна контрастност 3.10^3 и два коефициента на интензивност $k_n = \text{Pb.Zn.Cu/Co}^2.\text{Ni}$ и $k_n^1 = \text{Pb}+0,7\text{Zn}+2\text{Cu}+100\text{Ag}$ (по аналогия с участък Трапищата). Съставени са график-диаграма за определяне промишлената значимост на орудяването, направен е извод, че зоналната колонка на орудяването в участъка е представена само от среднорудната, без долнорудната и подрудната си част, и, че орудяването на участък Тамарино-юг е много по-бедно в сравнение с това на участък Трапищата.

Закономерностите в разпределението на елементите в първичните геохимични ореоли на Au-Cu плутоногенно-хидротермалното рудопроявление Граматиково от Граматиковското рудно поле на Граматиковско-Малкотърновския руден район са изследвани в участък Синя бара (Кербелова и др., 1980-ф; Панайотов и др., 1980). Използвани са над 1400 проби от 17 сондажа по 5 профила, в които се разкрива поч-

ти цялото промишлено орудяване. Измежду анализирани на ПЕСА 16 елемента за типоморфни индикатори са приети 9: Ba, Ag, Pb, Zn, Cu, Bi, Mo, Co и Ni. Редът на хоризонталната осева зоналност (латерална съставляваща на зоналността при почти хоризонтално залягане на рудните тела) е изчислен по един от опорните профили в пределите на мултипликативния геохимичен ореол на халкофилните елементи Pb, Zn и Cu, представен с 5 сондажни пробода. Данни за средните съдържания (продуктивности) на типоморфните елементи в тях не са представени. Полученият зонален ред по падение на рудните тела от центъра на участъка (към фланга му) в северозападна посока: Ba-Pb-Ag-Zn-Bi-Cu-Mo-Co-Ni съответства на обобщения зонален ред на С. В. Григорян и Л. Н. Овчинников за хидротермалните находища. За оценка на геохимичните аномалии са избрани два коефициента: на зоналност $k_2 = \text{Ba.Pb/Zn.Cu}$ – като отношение на елементи от надрудната (фронталната) област към елементи, локализиращи в рудата и на интензивност (на концентрация) $k_{ii} = \text{Zn.Cu/Ni.Co}$ – като отношение на рудните елементи към елементите от подрудната (тиловата) част. Съвместното картиране и изследване на изменението на двата коефициента в плоскостта на рудната зона е показало, че от центъра на участъка към фланговете му k_2 постепенно нараства, докато k_{ii} намалява, както е позволило и да се направят конкретни препоръки за по-нататъшните проучвателни работи в участъка и прилежащия му район.

Зоналността на ендеогенните геохимични ореоли в Граматиковското рудно поле е подробно изследвана от А. Гуджуков в дисертационния му труд, някои резултати са поместени и в периодичния печат (Гуджуков, 1982). Изследвана е хоризонталната (осевата) зоналност на участък Синя бара по ендеогенните ореоли около две рудни тела в 4 профила с посока 125° . Изведеният обобщен ред за участъка (от северозапад на югоизток), имащ вида Mo-Ni-Co-Bi-Cu-Zn-Ag-Ba-Pb, позволява за коефициент на зоналност да се приеме сравнително монотонно изменяещият се $k_3 = \text{Pb.Ba/Co.Ni}$ с висок коефициент на контрастност. Проследена е регионалната хоризонтална зоналност на рудното поле чрез първичните ореоли на 5 участъка (от северозапад към югоизток): Цевцово, Синя бара, Бучово, Градището, Дяволски дол. Рудите на тези 5 участъка са с различни главни минерали, като промишлени съдържания на Cu, Zn и Pb се съдържат само в медно-полиметалното орудяване в участък Синя бара. По данни от средноп-ретеглените стойности на линейните продуктивности на Ba, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Mo от всички рудни „етажи“ за отделните участъци е получен следният общ ред на регионална хоризонтална зоналност (от северозапад на югоизток): Mo-Co-Ni-Zn-Pb-Cu-Ba. За показател на регионалната хоризонтална зоналност е избран $k_3 = \text{Zn.Cu/Pb}$. Авторът разглежда вертикалната зоналност на първичните геохимични ореоли в нискокристалинния метаморфен комплекс на рудното поле в два аспекта – като вертикална (напречна) зоналност на отделни рудни „етажи“ или тела, и като вертикална зоналност, формирана от рудните „етажи“ или тела по отношение на дълбочинен рудоносен източник. Изследването на втория вид вертикална геохимична зоналност в отделните участъци на рудното поле показва, че за всички тях е налице обратна на характерната за геосинклиналните медно-пиритни орудявания зоналност. Според автора тази зоналност потвърждава мнението на Маляков (1976) за следруден обърнат пласторед на скалите в нискокристалинния метаморфен комплекс и е в съгласие със схващането на Драгов, Чаталов, Кунов и Панайотова (1978, непубл. данни) за последователността на рудоотлагането в рудното поле (отгоре надолу): сидерофилни – сидерохалкофилни – халкофилни орудявания. Обратната изява на вертикалната зоналност се потвърждава и от извършената геохимична класификация на рудите чрез коефициенти, показващи изменението на типа минерализация в дълбочина от медна към полиметална, както и

от изменението на коефициента на зоналност $Zn.Pb/Co.Ni$, който нараства отгоре-надолу в рудните „етажи“ на участък Синя бара.

Изследването на първия вид вертикална зоналност в ендегенните геохимични ореоли на участък Синя бара е довело до избора на два коефициента за оценка на геохимичните аномалии в участъка: $k_3 = Va.Pb/Zn.Cu$ и $k_{II} = Cu.Zn/Co.Ni$, имащи различни стойности в плоскостта на рудните зони в зависимост от богатството на рудите (центъра) и бедността им (фланговете). Установено е, че в близост до богато орудяване k_{II} расте, а k_3 – намалява. Направен е извод, че стойностите на k_3 не могат да послужат за оценка на нивото на среза на ореолите и за указване степента на тяхната еродираност поради субхоризонталното залягане на рудните тела.

Най-пълно в регион Източно Средногорие и Странджа е изследвана зоналността на ендегенните геохимични ореоли в Su плутоногенно-хидротермалното ($\pm Mo$) находище Зидарово (Виноградова, Сорокина, 1976-ф; Абрамсон и др., 1978-ф; Методическите рекомендации..., 1990). През 1976 г. Н. А. Виноградов и Е. П. Сорокина изучават първичните ореоли на находището с ограничен аналитичен материал по вертикални геоложки разрези на участъците Канарата и Юрта. Авторите отбелязват, че честото редуване на рудни жили и вместващи скали по сондажните изработки води практически до изявата на сумарни първични ореоли, свързани с различните жили, а не с отделни от тях. По тази причина изследването на зоналността е по геохимичните параметри в границите на условно отделените от тях зони на сумарните геохимични ореоли, ограничаващи не отделните рудни жили, а рудните зони. Ендегенната зоналност на първичните геохимични ореоли на участък Канарата е изследвана по средните съдържания на 9 елемента: $Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, Sn, Ag, Bi$ в пределите на условно отделената зона III на профил XV, в чийто вертикален разрез има 3 сондажа. Получен е следният ред на вертикална (осева) геохимична зоналност (отгоре надолу): $Pb-Zn-Ag, Sn-Co-Mo-Ni, Cu-Bi$. На участък Юрта за изследване на геохимичната зоналност на първичните геохимични ореоли са използвани средните съдържания на 7 елемента: $Pb, Zn, Cu, Co, Ni, Mo, Ag$, пресметнати във вместващите скали на условно отделените V и VI рудни зони в сборен профил по 3 сондажа. Полученият ред на вертикална (осева) геохимична зоналност (отгоре надолу) е: $Pb-Zn-Ag-Co-Ni, Mo-Cu$. Общият зонален ред на находището, получен от частните зонални редове на двата му участъка, има вида (отгоре надолу): $Pb-Zn-Ag-Co-Ni, Mo-Cu$ и е в пълно съответствие с обобщения зонален ред на хидротермалните находища на сулфидна основа (Григорян, 1987). За оценка нивото на ерозионния срез на геохимичните аномалии в находището (в метриката на еталона на рудните жили) са избрани индикаторните отношения $k_3 = Pb.Zn/Cu.Bi$ и $k_3 = Pb.Zn/Cu^2$. По стойностите им са оценени аномални сечения в рудни интервали и във вместващите скали в различни условни зони на участъците. Незначителната контрастност в изменението на избраните коефициенти на зоналност в различните сечения в дълбочина се дължи на факта, че зоналността е изследвана в „рудната част“ на находището и практически не е имало разрези, разкриващи надрудните или подрудните части на първичните ореоли. Избраните индикаторни отношения са използвани за оценка рудоносната перспективност на фланговете на находището. За целта са подбрани 3 неголеми площи в рамките на двата участъка Юрта и Канарата и на източния фланг на находището, в които е направена литохимична снимка по първични геохимични ореоли (във всяка от подбраните площи има изходи на рудни жили на повърхността). Построени са моноелементни ореоли на Cu, Zn, Pb, Co и мултипликативният им ореол. Отделените аномалии са оценени чрез коефициента на аномалност на мултипликативния си ореол и коефициента на зоналност, за най-перспективни са приети тези в участък Юрта, а

като най-малко перспективен за намиране на промишлено орудяване е определен източният фланг на находището. За пръв път у нас тук е съставена от Е. П. Сорокина схема на ландшафтно-геохимичната обстановка на участък Юрта, представена за търсещите геохимични работи в контекста на утвърдилата се впоследствие методика на И. А. Морозова за съставяне на ландшафтно-геохимични карти по условията на провеждане на геохимични методи за търсене в изследваните територии (Морозова, 1992). Авторите правят и първите стъпки у нас в съвместното изучаване на вторичните ореоли на разсейване и първичните геохимични ореоли.

Изследванията на геохимичната зоналност на първичните геохимични ореоли в находище Зидарово са продължени от Абрамсон и Морозов (1988-ф; Методические ..., 1990) с привличането и на подходящ математичен апарат (корелационен анализ, клъстер анализ и др.). За еталон е избрана ореолната зона на извяено рудно тяло с мощност около 60 m, в границите на която са пресметнати средните съдържания на 6 елемента: Ag, Pb, Zn, Cu, Co, Ni в сборен разрез, съдържащ 6 сондажа от четири профила. Анализът на поведението на 6-те елемента в първичните им геохимични ореоли в плоскостта на ореолната зона, паралелна на тази на рудното тяло и на състава и строежа на първичните им ореоли е позволило на авторите да заключат, че осевата зоналност се изразява в натрупването на Ag и Pb във високите части на разреза (горнорудните нива) и на Zn и Ag в по-ниските части на разреза (среднорудните и долнорудните нива). Елементите от сидерофилната група – Ni и Co, не проявяват отчетливо зонално поведение в дълбочина, образувайки слабо диференцирано геохимично поле, за тях не е установена и напречна диференциация на геохимичното им поле (зони на износ). Без да уточняват вертикалния ред на зоналност в находището, авторите приемат за оценка нивото на ерозионния срез на геохимични аномалии в метриката на избраното еталонно рудно тяло на участък Юрта коефициентът на зоналност $k_3 = \text{Ag.Pb/Zn}$, който монотонно и контрастно се изменя в дълбочината от горнорудните към долнорудните и подрудните сечения от $n \cdot 10^{-3}$ до $n \cdot 10^{-6}$. Построен е обобщен геолого-геохимичен модел на златно-полиметалното орудяване в находището, показващ смяната на минералните асоциации в контурите на рудните тела по вертикала и към периферията, изменението на продуктивността (на Au и на сумарната продуктивност на полиметалите – Pb, Zn, Cu) в дълбочина, изменението на показателя на зоналност по геометрията на рудните тела. В съответствие с мащабите на построяването на геолого-геохимичния модел диапазонът на използването му е приет за М 1:2000 – 1:10 000. Направено е задълбочено съвместно изследване на първичните геохимични ореоли и на вторичните ореоли на разсейване в еталонния участък Юрта, по чиито резултати са оценени златоносните перспективи в други участъци на находището: Тепето, Инджебето, Изток, Запад и Крушевец (Абрамсон и др., 1988-ф).

Изследване върху първичните геохимични ореоли в находището прави и А. Гуджуков (1984) в дисертационния си труд, който съставя техен общ вертикален зонален ред в находището, получен от три частни зонални редове от двата му участъка, имащ вида (отгоре надолу): Pb-Ba-Ag-Zn-Au-Ni-Cu-Co-Mo-Bi-Sn и предлага оценката на геохимичните аномалии в находището да се извършва чрез индикаторните отношения $k_3 = \text{Ba.Ag.Pb/Ni.Co.Mo}$ и $k_{ii} = \text{Cu}^2 \cdot \text{Zn/Ni.Co}^2$.

Данните за средните съдържания и/или продуктивностите на типоморфните елементи, по които чрез методиката на С. В. Григорян е изследвана геохимичната зоналност на ендегенните геохимични ореоли на типови рудни обекти в Източно Средногорие и Странджа бяха привлечени за изучаването и чрез програмата Нью-2, реализираща методиката на А. П. Соловов, при което са получени следните резултати:

1. За медно-златно-полиметалното рудопроявление от разсипен генетичен тип Бакаджик.

Редът на зонално отлагане на елементите в медно-златно-полиметалната от хидротермален жилин генетичен тип минерализация в рудни зони от участък Трапищата (отдолу нагоре) е:

- рудна зона III (профил IV с 4 нива): Cu-Zn-Pb-Au-Ag;
- рудна зона I (профил III с 3 нива): Cu-Au-Zn-Pb-Ag.

Коефициентът на рангова корелация между частните зонални редове е $r = 0,70$, който поради малкият брой участващи елементи в тях не е значим на 5% ниво на значимост ($r_{кр} = 0,88$). Общият зонален ред (с известна условност поради некорелируемостта на частните) е (отдолу нагоре): Cu-Zn-Au-Pb-Ag. От разгледаните възможни 10 показатели от първи порядък на профил IV монотонно с дълбочината се изменят 4 (условно монотонните са 6), а на профил III – съответно 2 (5). Общите два показатели за двата профила са Pb/Cu и Zn/Cu. Измежду разгледаните 45 показатели от втори порядък броят на монотонните (условно монотонните) показатели на IV профил е 18 (27), а на III – 13 (21), броят на общите монотонно изменящи се с дълбочината показатели на зоналност в двата профила е 7. Броят на възможните показатели на зоналност от трети порядък е 160, от тях 66 (94) се изменят монотонно (условно монотонно) на IV профил, а 42 (80) – на III профил, общият брой на монотонно изменящите се показатели на зоналност в двата профила е 22. Измежду всичките общи за двата профила монотонно изменящи се в дълбочина показатели на зоналност от първи, втори и трети порядък, са подбрани следните 7 монотонно намаляващи показатели на зоналност: Pb/Cu, Pb²/Zn.Cu, Pb.Ag/Cu², Ag.Au/Cu², Pb³/Cu².Zn, Pb.Ag²/Cu³, Ag².Au/Cu³ с обща геохимична характеристика Pb, Ag, Au/Cu, Zn. Тези показатели на зоналност имат сравнително добра контрастност по геометрията на рудните зони и могат да се използват за оценка среза на геохимичните аномалии в дълбочина и по фланговете на рудопроявлението.

2. За медно-златно-полиметалното находище Зидарово от хидротермален жилин генетичен тип.

На участък Канарата е получен следният ред на вертикална (осева) геохимична зоналност (отдолу нагоре) на първичните геохимични ореоли на рудна зона III (профил XV с 3 нива): Cu-Bi-Ni-Co-Mo-Ag-Pb-Zn-Sn. От разгледаните 36 показатели на зоналност от първи порядък 26 са монотонно изменящите се в дълбочина, а 10 се изменят условно монотонно. Измежду възможните 630 отношения без повторения между 9-те елемента от втори порядък, 420 от тях се изменят монотонно с дълбочината, а 210 – условно монотонно. Показатели от трети порядък не са разгледани, тъй като големият брой монотонни показатели на зоналност от първи и втори порядък показва устойчивото зонално поведение на типоморфните елементи, както и позволява да се подберат подходящи измежду тях за оценка на геохимичния срез на аномални ореолни и рудни сечения. Предлаганите 9 показатели на зоналност са: Zn/Cu, Pb/Cu, Zn/Ni, Sn/Cu, Pb.Sn/Co.Ni, Pb.Sn/Cu.Co, Pb.Sn/Ni.Bi, Zn.Sn/Cu.Ni, Zn.Sn/Cu.Co с обща геохимична характеристика Zn, Pb, Sn/Cu, Ni, Co, Bi.

На участък Юрта са получени следните частни редове на зоналност във вместващите скали на условно отделените рудни зони V и VI с по 3 нива:

- рудна зона V (отдолу-нагоре): Cu-Mo-Ag-Co-Zn-Ni-Pb;
- рудна зона VI (отдолу-нагоре): Ag-Mo-Cu-Zn-Co-Pb-N.

Коефициентът на рангова корелация между тях е 0,79 и е значим на 5% ниво на значимост ($r_{кр} = 0,75$), което позволява да се изведе общият зонален ред (отдолу нагоре):

Cu-Mo-Ag-Zn-Co-Pb-Ni. От възможните 21 показатели на зоналност от първи порядък в първия обект (рудна зона V) 8 са монотонно намаляващи в дълбочина, а 13 са условно монотонни, докато във втория обект (рудна зона VI) техният брой е съответно 2 (19). Общият и за двата обекта показател на зоналност с монотонно изменение на стойностите си в дълбочина по геометрията на двете рудни зони е само един (Cu/Mo). От 210-те разгледани показатели на зоналност от втори порядък броят на монотонните (условно монотонни) показатели в пределите на V рудна зона е 74 (136), а в пределите на VI рудна зона е 25 (185), като 10 от тях са общи и за двете рудни зони, като монотонно намаляват (нарастват) в дълбочина. Броят на възможните отношения между 7 елемента от вида 3 елемента в числител и 3 елемента в знаменател е 1260, 429 (831) от тях монотонно (условно монотонно) се изменят в дълбочина в рудна зона V, а 205 (1055) – в рудна зона VI. Броят на общите монотонно изменящи се по падение на двете рудни зони показатели на зоналност е 55. За оценка на местоположението на рудните (аномалните) сечения в метриката на двете рудни зони могат да се предложат следните 9 показатели на зоналност, монотонно намаляващи в дълбочина: Co/Mo ; $Pb.Ni/Mo^2$, $Pb.Co/Mo^2$, $Co.Ni/Cu.Mo$, $Ni^2/Cu.Mo$, $Pb^2.Co/Mo^3$, $Pb^2.Ni/Mo^3$, $Pb.Ni^2/Mo^3$, $Co.Ni^2/Cu^2Mo$ с обща геохимична характеристика $Co,Pb,Ni/Mo,Cu$.

Направен бе опит да се изследва общата ендегенна зоналност на първичните геохимични ореоли в двата участъка на находището с общите им 7 елемента: Cu, Mo, Ag, Co, Zn, Ni, Pb по данни за средните им съдържания в първичните ореоли на рудните зони V и VI (първи и втори обект в участък Юрта) и рудна зона III (профил XV) – трети обект в участък Канарата. Ранговият коефициент на корелация е значим на 5% ниво на значимост между двата частни зонални реда в двете рудни зони на участък Юрта ($r = 0,78$) и е незначим между частните зонални редове на рудна зона V (участък Юрта) и рудна зона III (участък Канарата) – $r = 0,46$, както и между частните зонални редове на рудна зона VI (участък Юрта) и рудна зона III (участък Канарата) – $r = -0,11$. Общият зонален ред между трите частни зонални редове на двата участъка в находището (отдолу нагоре) е: Cu-Mo-Ag-Co-Ni-Zn-Pb. Разгледани са следните показатели на зоналност: (а) от първи порядък – възможният им брой е 21, от тях монотонно (условно монотонно) изменящите се в дълбочина в първи, втори и трети обект са съответно 8 (13), 2 (19), 16 (5), но общ за трите обекта няма; (б) от втори порядък – възможният им брой е 210, от тях монотонно (условно монотонно) в дълбочина в първи, втори и трети обект се изменят съответно: 74 (136), 25 (185), 158 (52), като общите показатели са 3; (в) от трети порядък – възможният им брой е 1260, броят на показателите с монотонно(условно монотонно) поведение в дълбочина във всеки от обектите е: 429 (831) – в рудна зона V на участък Юрта, 205 (1055) – в рудна зона VI на участък Юрта, 987 (273) – в рудна зона III на участък Канарата. Полученият общ зонален ред и общи показатели на зоналност в двата участъка не могат да се препоръчат за такива на находище Зидарово поради некорелируемостта им. Причина за това са нивата на рудните сечения в еталонните разрези на двата участъка.

3. За Граматиковското рудно поле. За регионалната хоризонтална зоналност на първичните геохимични ореоли в нискокристалинните метаморфити от Граматиковско рудно поле от северозапад на югоизток по линията на 5-те участъка в полето Цевцово – Синя бара – Бучово – Градището – Дяволски дол е получен следният зонален ред: Zn-Pb-Mo-Cu-Ni-Co-Wa. Зоналността е пресметната по линейните продуктивности на 7-те типоморфни елемента във всеки участък на полето, т. е. за частни зонални редове във всеки един от тях по методиката на А. П. Соловов за изследване на ендегенна зоналност не следва да се говори, тъй като в нито един участък няма повече от (или) 3 сечения.

Измежду 21-те показатели на зоналност от I порядък няма общ монотонно изменящ се показател (11 са условно монотонните) в посоката на изследване на регионалната хоризонтална зоналност (от северозапад на югоизток). Броят на разглежданите показатели на зоналност от II порядък е 210, от тях само един монотонно намалява в указаната посока – Cu.Co/Zn.Ni, а 94 намаляват условно монотонно. Възможният брой на показателите на зоналност от трети порядък е 1260, от тях 26 (539) се изменят монотонно (условно монотонно) в посоката, в която е изследвана регионалната хоризонтална зоналност в полето. Подходящи монотонно намаляващи показатели на зоналност в направлението северозапад–югоизток са: Ba³/Pb.Ni², Ba³/Zn.Ni², Ba³/Zn.Ni.Mo, Ba².Cu/Pb.Zn.Ni, Ba².Cu/Zn².Ni, Ba².Cu/Zn².Mo, Cu².Co/Pb.Zn.Ni, Cu².Co/Zn.Ni². Общата геохимична характеристика на геохимичните показатели на зоналност от I–III порядък за разкриване местоположението на рудни аномалии в регионалната им зонална колонка от северозапад към югоизток на Граматиковското рудно поле е: Cu,Co,Ba/Pb,Zn,Ni,Mo.

Обобщаващи сведения за изследваната ендеогенна геохимична зоналност в рудни обекти от Източно Средногорие и Странджа са поместени в табл. 2.

В регион Краище геохимичните изследвания върху първичните геохимични ореоли в миналото са изключително в оловно-цинковите находища от скарнов и хидротермален тип Руен и Мали Руен – Белите сипеи от Руенското рудно поле в Осоговския руден район (Зиновиев, 1978-ф; Панайотов и др., 1980). Резултатите от изучаването на ендеогенната им зоналност по двете методики са приведени в Бояджиев (1998). По методиката на А. П. Соловов общата вертикална зоналност в двете находища бе изследвана по съществуващите данни за средните съдържания на 7 типохимични елемента в първичните им геохимични ореоли в по един разрез от тях. Бяха получени частните и общият (отдолу-нагоре) зонален ред: Mo-Sn-Pb-Zn-Cu-As, който е практически еднакъв с обобщения зонален ред на оловно-цинковите орудявания в Руенското рудно поле (Зиновиев, 1978-ф) и се вписва в единния зонален ред на хидротермалните находища в България (Панайотов, 1984). За оценка на геохимичния срез в съвместната метрика на двете еталонни находища бяха предложени 9 геохимични показателя на зоналност от I–III порядък с обща геохимична характеристика Pb, Ag, As/Cu, Mo, Sn (Zn). Показателите се изменят монотонно в дълбочина с размах $R = 8-60$ в 420-метровия вертикален диапазон на еталонното орудяване в находищата. Полученият коефициент на геохимично и геометрично подобие $\alpha = 0,64.1,11^{\pm 1}$ между находищата показва „свиването“ на орудяването в находище Руен спрямо това в находище Мали Руен, което намери потвърждение и в сравнените сумарни метални ресурси на Pb, Zn, Cu според баланса на запасите в тях с пресметнатите им прогнозни ресурси по геохимични данни (Бояджиев, 1998). В табл. 2 са показани избраните показатели на зоналност, чрез които могат да се оценяват аномални сечения в метриката на оловно-цинковите находища в Осоговския руден район. Такава оценка бе направена за геохимичния срез на рудните сечения на всяко едно от еталонните находища в метриката на другото (табл. 1). Вижда се, че по-ниско разположеното находище Руен (надморската височина H на сеченията му е между 1630 и 1480 m, а на Мали Руен е 1900–1680 m) по геохимичен срез е по-високо ($2068 \leq H \leq 1817$ m) в сравнение с находище Мали Руен ($1516 \leq H \leq 1391$ m), което говори за по-дълбокия ерозионен срез на последното. Ако бихме могли да реконструираме еродираниите части в двете находища, то „истинските“ запаси (Справочник по..., 1990) на цветните метали в находище Руен биха съставлявали още по-малка част от тези в находище Мали Руен (полученото съответствие чрез коефициента на подобие 0,27 не отчита различния ерозионен срез на находищата, тъй като не може да бъде построен формализирания им геолого-геохимичен модел). Илюстрация на казаното е

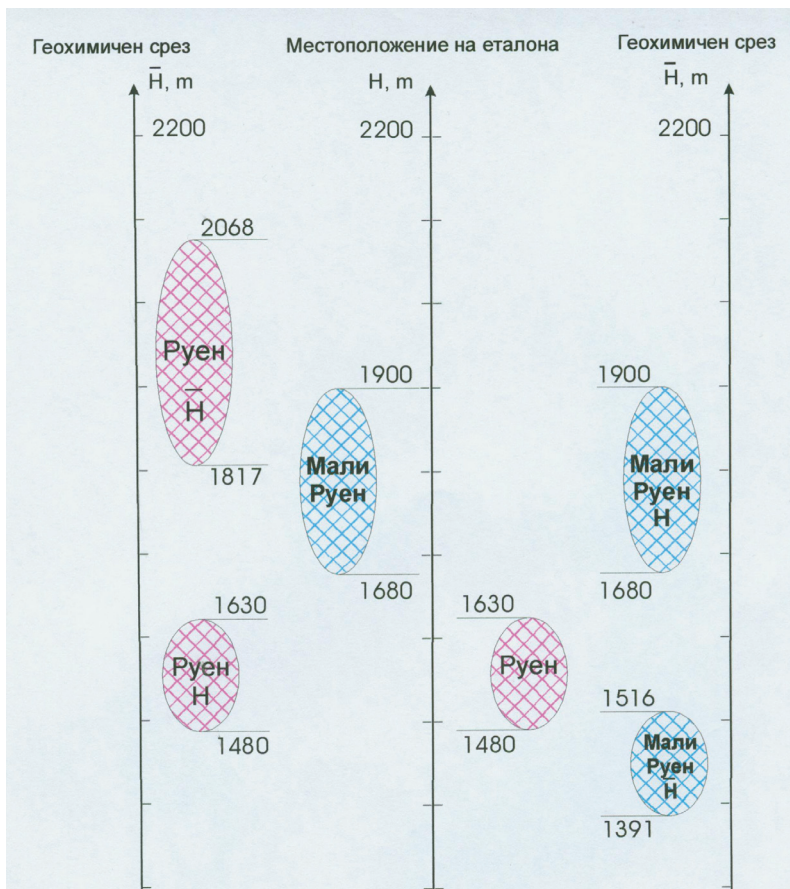
Оценка на рудните сечения на оловно-цинковите находища Руен и Мали Руен
в метриката на еталоните находищаEvaluation of ore sections of lead-zinc deposits Ruen and Mali Ruen
in the metric of the standards deposits

Еталонни сечения			Оценявани рудни сечения			
Находище	№ по ред	Надморска височина H, m	Находище	№ по ред	Надморска височина H, m и оценката ѝ H, m	
					H, m	$H \pm S/\sqrt{n}$, m
<i>Мали Руен</i>	1	1900	<i>Руен</i>	1	1630	2068 ± 75
	2	1700		2	1580	2029 ± 43
	3	1680		3	1530	1939 ± 28
				4	1480	1817 ± 22
<i>Руен</i>	1	1630	<i>Мали Руен</i>	1	1900	1516 ± 13
	2	1580		2	1700	1429 ± 24
	3	1530		3	1680	1391 ± 26
	4	1480				

фиг. 3, която потвърждава правилността на съвместното изследване на осевата геохимична зоналност в двете находища и търсенето на общия им зонален ред с възможност за дострояване на еталона (Бояджиев, 1998). Доверителните интервали на оценяваните сечения, с едно изключение, са сравнително тесни, което показва близостта в генезиса на двете хидротермални находища.

В Краището ендеогенната зоналност на първичните геохимични ореоли по методиката на С. В. Григорян е изследвана единствено в находищата Руен и Мали Руен поотделно, а по методиката на А. П. Соловов – съвместно и в двете находища.

В Западния Балкан са направени съвременни изследвания за изясняване геохимичната характеристика на част от основните промишлено-генетични типове находища, включително и по състава, строежа и зоналността на първичните им геохимични ореоли. Първоначалните изследвания върху първичните геохимични ореоли са насочени към нискотемпературните стратиформни полиметални находища с хидротермално-метасоматичен произход и младоалпийска възраст, тип Седмочисленици, вместили в карбонатни скали с триаска възраст от Врачанско-Искърския руден район: участък Бук от находище Плакалница (Попова, Димитров, 1971), находищата Каламината (Куйкин, Попова, 1974) и Седмочисленици (Куйкин и др., 1978). По методиката на С. В. Григорян за находище Каламината е получен следният ред на вертикална зоналност (отдолу нагоре): Sn(?)-Ni-Co-V(?)-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-As-Ba, като за разкриването ѝ е предложен показателят на зоналност от IV порядък $v = Ba.As.Ag.Pb/Zn.Cu.Co.Ni$ (Куйкин, Попова, 1974). В изследването за участък Бук от находище Плакалница са разгледани едновременно първичните и вторични геохимични ореоли на типоморфните елементи в модерния сега „спрегнат“ вариант на съвместното им изследване, при което за коефициента на съответствие между тях за Pb е получена твърде висока стойност ($k = 4,2(?)$).



Фиг. 3. Зонално местоположение на рудните сечения в находища Руен и Мали Руен, Осоговски руден район

Fig. 3. Zonal Location of Ore Sections in Ruen and Mali Ruen Fields, Osogovo Ore Region

Най-голямо значение за металния потенциал на Западния Балкан имат минералните образувания от групата на плутоногенно-хидротермалните промишлено-генетични типове, подчинено – тези от вулканогенно-хидротермалните и от още 4 други генетични групи (Бояджиев и др., 2008-ф). Най-пълно са изследвани първичните геохимични ореоли в Чипровския руден район – в (от северозапад на югоизток) пиротин-магнетит-арсенопиритовото находище Перчинките (5 нива), сидерит-полиметалното находище Синя вода (6 нива), сидерит-полиметално-барит-флуорит-живачното находище Лукина падина (3 нива) при построяването на геохимичния модел на Чипровско-Мартиновската рудна зона (Абрамсон и др., 1989-ф) и в находище Камъка – преходен тип между находищата Перчинките и Синя вода (5 нива) (Рубо,

Каргаполов, 1981-ф). Предложените редове на зоналност и показатели на зоналност са следните (отдолу нагоре):

- Перчинките: Sn-W-Mo-Bi-Cu-As-Zn-Pb-Ag; $v_z = \text{Ag.Pb/W.Mo}$;
- Синя вода: Cu-Mo-Zn-As-Pb-Ag-Sb; $v_z = \text{Ag.Pb/Cu.Mo}$;
- Лукина падина: Mo-Ba, As-Cu,Zn,Pb,Ag,Sb,Hg, Li; $v_z = \text{Ag.Pb.Sb}$;
- Камъка: $\text{Co}_1\text{-Mo}_1\text{-Cu-Zn}_1\text{-Ni}_1\text{-As-Pb-Ag-Co}_2\text{-Zn}_2\text{-Mo}_2$; $v_z = \text{Ag.Pb}^2/\text{Cu.Co.Ni}$.

Напречната зоналност на находищата в Чипровско-Мартиновската рудна зона и разпределението на геохимичните асоциации в пространството е изследвана посредством концентрационни редове (спектри), основаващи се на ранжирането по намаляване на коефициентите на концентрация $K_k = C/C\phi$ на елементите по отделните хоризонти (Абрамсон и др., 1989-ф), при което прави впечатление, че в отделните геохимични спектри по хоризонти не участват всички елементи. Предложените v_z и пространственият геохимичен модел на Чипровско-Мартиновската рудна зона служат за оценка на орудяването по фланговете и дълбоките хоризонти както в мраморите, така и в граничещите с тях шисти (Методическите ..., 1990).

Като допълнение към изследванията за ендегенната зоналност на четирите находища по методиката на С. В. Григорян от нас бе изследвана зоналността им по методиката на А. П. Соловов чрез програмата Нью-2. Използвани са данните за средните съдържания на елементите по хоризонти, с които е изследвана досега зоналността в съответните находища. Липсващите стойности на фоновите съдържания бяха получени по обратен път от стойността на показателите на зоналност за отделните елементи. За находище Камъка бе съставена и друга композиция, състояща се от пет нива, всяко от които е сумарно от 1 до 3 сондажни пробода в плоскостта на рудното тяло. Целта на изследването бе да се получат редове на зоналност за находищата, които да се сравнят с получените досега; да се намерят по няколко показатели на зоналност (v), използването на които ще уточни значително нивото на среза на аномалиите, таксирани в метриката на еталоните; да се намерят общи показатели на зоналност, по стойностите на които ще може да се прави оценка на различните нива на отделните находища в сравнителен план при една обща зонална колонка в евентуалния им зонален преход; да се използват получените резултати за геолого-геохимично моделиране. Трудностите тук произтичат от набора на различните елементи, които са анализирани в отделните находища.

При съвместното изследване на зоналността на находищата Камъка и Лукина падина се получиха следните редове на зоналност (отдолу нагоре):

- Лукина падина: Mo-Zn-Ba-As-Li-Sb-Cu-Ag-Pb-Hg;
- Камъка: Zn-Cu-Co, Ni, Mo-As-Pb-Ag.

Получените редове на зоналност са почти идентични с известните досега на разглежданите находища и не противоречат на обобщения ред на зоналност на хидротермалните находища на Овчинников-Григорян, което потвърждава хидротермалния им произход. В намерените показатели на зоналност, общи за двете находища, преобладават показателите на зоналност от I порядък, от II порядък липсват. Като общи показатели, монотонно изменящи се с дълбочината, могат да се посочат Pb/Zn, Pb/Mo, Ag/Mo и други, размахът R на които е както следва: Pb/Zn ($R_{\text{Лукина падина}} = 6,82$, $R_{\text{Камъка}} = 119$), Pb/Mo ($R_{\text{Лукина падина}} = 10,8$, $R_{\text{Камъка}} = 36,4$), Ag/Mo ($R_{\text{Лукина падина}} = 7,1$, $R_{\text{Камъка}} = 27,2$). Наличието на общи показатели на зоналност в двете находища потвърждава постепенния генетичен преход между тях и показва, че зоналното положение на находище Камъка е под долните хоризонти на находище Лукина падина.

Геохимичните спектри на трите находища – Перчинките, Синя вода и Лукина падина в Чипровско-Мартиновската рудна зона, са построени за най-отдалечените (край-

ните) им нива (сечения). Въз основа на тях могат да се подберат следните геохимични показатели от III порядък за сравняване на геохимичните различия между сеченията в отделните находища: Pb.Zn.As/W.Mo.Sn ($R_{\text{Перчинките}} = 2,6 \cdot 10^7$), Pb.Ag.As/Cu.Mo.Zn ($R_{\text{Синя вода}} = 9,57 \cdot 10^2$), Pb.Hg.Ag/Zn.Mo² ($R_{\text{Лукина падина}} = 5,88 \cdot 10^2$) (Бояджиев, Стоянов, 1990).

В резултат на разглеждането на геохимичните спектри на основните находища в Чипровско-Мартиновската рудна зона се забелязва постепенен преход на изучаваните обекти от по-високотемпературното орудяване на участък Перчинките до ниско-среднотемпературното орудяване на участък Синя вода. В ролята на геохимичен критерий за сравняване е избран показател от II порядък от вида $v = \text{Pb.Ag/Cu.Mo}$, изборът на който се определя от присъствието на елементите, разположени в числителя и в знаменателя, във всички изучавани обекти. Стойностите на избрания показател $v = \text{Pb.Ag/Cu.Mo}$ за отделните находища са пресметнати чрез C на елементите (средното C общо за нивата, по които бе изследвана ендегенната зоналност в находищата Перчинките, Лукина падина и Синя вода и по 22 нива за находище Камъка). Числените стойности на избрания показател последователно се изменят от високи ($v = 410$) за орудяването в Синя вода, представено от сребърно-оловна асоциация, до най-ниски стойности ($v = 0,014$) за орудяването в Перчинките, представено от по-високотемпературна асоциация на скарново-магнетитовите руди. Получените данни позволяват да се предполагат по-високи перспективи на дълбоките хоризонти на участъците Синя вода и Камъка в сравнение с участъците Лукина падина и Перчинките. Намерените геохимични различия на изучаваните обекти са в унисон с резултатите от минераложките изследвания (Абрамсон и др., 1989-ф) в тях.

При изследване на ендегенната зоналност на четирите находища от Чипровско-Мартиновската рудна зона по методиката на А. П. Соловов бяха получени следните резултати за всеки един от участъците на зоната.

1. Перчинките.

Изследваната зоналност (Абрамсон и др., 1989-ф) включва вертикалния диапазон 1085–810 m на мраморния хоризонт на участъка. Съставената композиция се отнася за един обект с 5 нива и 9 елемента, потърсени са монотонно/условно монотонно изменящите се с дълбочина показатели на зоналност. Полученият зонален ред (отдолу нагоре): Sn-W-Mo-Cu-Bi-Ag-Zn-As-Pb добре корелира с известния вече такъв – ранговият коефициент на Спирман между тях $r = 0,87$ е значим при 5% ниво на значимост ($r_{\text{кр}} = 0,67$). По геометрията на рудното тяло в дълбочина монотонно намаляват два показателя на зоналност от първи порядък Zn/W и Zn/Sn (условно монотонните показатели са 13 от всичките 36 възможни показатели от първи порядък). Монотонно/условно монотонно намаляващите показатели на зоналност от втори порядък са 29/295 от всичките 630 възможни. Устойчивото зонално положение на 9-те типохимични елементи се потвърждава и от 309/2701 показатели на зоналност от трети порядък от 5880 възможни такива, числените стойности на които се изменят монотонно/условно монотонно в дълбочина. Измежду различните показатели на зоналност лесно могат да се изберат 7–9 показателя от I–III порядък с обща геохимична характеристика (примерно Pb,As,Ag,Zn/W,Sn,Mo(Cu), чрез които да бъде определено нивото на среза в метриката на еталонния обект. Избраните показатели са: Zn/W, Zn/Sn, Ag.Zn/W², Ag.Zn/W.Sn, Pb.Cu/W², Pb.Zn/Mo.W, Ag.Zn.As/Mo.W.Sn, Ag.Zn.As/Mo.Sn², Pb².Zn/Cu.Mo.Sn.

2. Синя вода.

Зоналността е изследвана във вертикалния диапазон 620–170 m на мраморния хоризонт на участъка. Съставената композиция включва един обект с 6 нива и 7 елемента като са изследвани показателите на зоналност до трети порядък включително.

Получен е следният ред на вертикална (осева) зоналност (отдолу нагоре): Cu-Mo-Zn-As-Ag-Pb-Sb, който е почти идентичен с известния (Абрамсон и др., 1989-ф) – ранговият коефициент на Спирман между двата реда е $r = 0,96$ при $r_{кр} = 0,75$, което потвърждава сходството им с обобщения зонален ред на Овчинников-Григорян и хидротермалния произход на обекта на изследване. Измежду разгледаните 21 възможни показателя на зоналност от I порядък нито един не се изменя монотонно с дълбочината (8 са условно монотонните). От възможните 210 показателя на зоналност от II порядък 4 са монотонно намаляващите в дълбочина: As.Ag/Cu.Mo, As.Ag/Mo², As.Pb/Cu.Mo, As.Pb/Mo² (50 се изменят условно монотонно). От възможните 1260 показателя на зоналност от III порядък 16/347 е броят на монотонно/условно монотонно изменящите се в дълбочина. От общо 20-те монотонно намаляващи по затъването на мраморния хоризонт показатели на зоналност от II–III порядък 7–9 от тях с обща геохимична характеристика Sb, Ag, Pb, As/Cu, Mo и добър размах (контрастност) могат да бъдат използвани за оценка на геохимичния срез на геохимични аномалии в метриката на еталонния обект. Предлаганите показатели са: As.Ag/Cu.Mo, As.Ag/Mo², As.Pb/Cu.Mo, As.Pb/Mo², Sb.Ag.As/Mo³, Sb.As²/Cu.Mo², As.Ag.Pb/Mo³, As².Ag/Mo³, As.Ag²/Cu³.

3. Лукина падина.

Изследваната зоналност включва сравнително тесен вертикален диапазон на мраморния хоризонт: 160–495 m. В съставената композиция от един обект участват 10 елемента със средните си съдържания на 3 нива, на които е потърсен зоналният ред на отлагане и монотонно изменящи се показатели в дълбочина от I–III порядък. Полученият зонален ред (отдолу нагоре): Mo-Zn-Ba-As-Li-Sb-Cu-Ag-Pb-Hg е сравним с досегашния предвид вида на последния (Абрамсон и др., 1989-ф), корелативна връзка между тях не е потърсена (в досегашния ред на зоналност е известно местоположението само на един от десетте елемента). Броят на монотонно/условно монотонно изменящите се показатели на зоналност с дълбочината от I порядък е 9/36 от общо възможните 45, на показателите от II порядък – 173/817 – от възможните 990, на показателите от III порядък – 2209/9011 – от възможните 11220, което прави лесен изборът на 7–9 подходящи показатели на зоналност от I–III порядък за оценка среза на геохимични аномалии в метриката на еталона. Такива могат да бъдат например: Pb/Zn, Ag/Zn, Ag²/Zn.As, Ag.Pb/Mo.Ba, Pb.Sb/Mo.Ba, Ag.Cu/As.Mo, Ag³/Zn.Mo.Ba, Ag².Pb/Mo.Ba², Ag².Cu/Zn.As.Mo с обща геохимична характеристика Pb, Ag, Sb, Cu/Zn, As, Mo, Ba.

4. Камъка.

Вертикалната зоналност е изследвана по данни от 5 рудни сечения (подземни минни изработки) в 450 и 250-метров интервали в мраморния хоризонт, в които са развити кулисообразно разположени рудни стълбове (Рубо, Каргаполов, 1981-ф). Получените частни зонални редове (отдолу нагоре): Co₁-Mo₁-Cu-Zn₁-Ni-As-Pb-Ag-Co₂-Zn₂-Mo₂ (в 450-метровия мраморен хоризонт) и: Mo₁-Cu-Zn-Co-Ni-Ag-As-Pb-Mo₂ (в 250-метровия мраморен хоризонт) показват вертикалното разпределение на типохимичните елементи в зоналните колонки на различни по дебелина рудни зони, едната от които практически е част от другата. В подобен случай според принципа на геохимично и геометрично подобие (Соловов, 1985) зоналността им трябва да е еднаква (да се повтаря), което получи потвърждение при общото изследване на зоналността на двете рудни зони по схемата: 2 обекта с по 5 нива и 8 елемента. Получените частни зонални редове (отдолу нагоре) съответно в 450 и в 250-метровия диапазон на мраморния хоризонт: Zn-Cu-Ni-Co-Mo-As-Pb-Ag и: Zn-Cu-Co-Ni-Mo-As-Pb-Ag са идентични (отличават се само с разменените съседни места на Ni и Co) и корелативната им връзка е почти функционална ($r = 0,976$, $r_{кр} = 0,62$ при 5% ниво на значимост). Това обстоятелство прави

лесен изборът на необходимите за оценка на среза на геохимичните аномалии в нивата (сеченията) на еталонния обект 7–9 общи показатели на зоналност измежду получени-те показатели от I–III степен. От разгледаните 28 възможни показатели на зоналност от I порядък 3/5 и 2/10 са монотонно/условно монотонно изменящите се с дълбочината показатели във всеки един от обектите, но общ такъв за двата обекта няма. Броят на възможните показатели на зоналност от II порядък е 378, от тях съответно 32/152 и 44/167 се изменят монотонно/условно монотонно по западане на мраморния хоризонт във всеки един от обектите, като 12 са общите монотонно намаляващи и за двата обекта. Разгледаните показатели на зоналност от III порядък са 2856, 194/1226 и 331/1157 от тях са монотонно/условно монотонно изменящите се в дълбочина във всеки един от обектите, броят на общите монотонни показатели в двата обекта е 54. Избраните показатели на зоналност: Pb.Ag/Zn.Co, Pb.Ag/Zn.Ni, Mo.Ag/Zn.Co, Cu.Ag/Co², Mo.Ag/Ni², Cu.Ag/Co², Pb.Cu.Ag/Zn.Co.Ni, Pb.Mo.Ag/Zn².Ni, Pb.Mo.Cu/Zn².Ni имат геохимична характеристика: Pb, Ag, Cu, Mo/Zn, Co, Ni, Mo и се отличават с добра контрастност (разрешаваща способност).

Направен бе опит да се изследва ендегенната зоналност на първичните геохимични ореоли в мраморния хоризонт на Чипровско-Мартиновската рудна зона, фрагменти от която е зоналността на ореолите в отделните и участъци. Подобен подход обикновено разширява вертикалния диапазон на рудния интервал (рудната зона) в еднотипни хидротермални находища. Съставената композиция включва 4-те участъка с общите за тях 6 елемента: Mo, Cu, Zn, Pb, Ag, As и известните им средни съдържания в съответните рудни сечения (подземни минни изработки) от мраморния им хоризонт. Получените частни зонални редове (отдолу нагоре) в тях са идентични части от пълните им редове в границите на разглежданите елементи: Mo-Cu-Ag-Zn-As-Pb (участък Перчинките), Cu-Mo-Zn-As-Ag-Pb (участък Синя вода), Mo-Zn-As-Cu-Ag-Pb (участък Лукина падина), Zn-Cu-Mo-As-Pb-Ag (участък Камъка). Ранговите коефициенти на линейна корелация (r) между всеки два реда са: 0,77 (Перчинките–Синя вода), 0,54 (Перчинките–Лукина падина), 0,31 (Перчинките–Камъка), 0,66 (Синя вода–Лукина падина), 0,77 (Синя вода–Камъка), 0,66 (Лукина падина–Камъка) и не са значими на 5% ниво на значимост ($r_{кр} = 0,81$), поради което общият им зонален ред (отдолу нагоре): Mo-Cu-Zn-As-Ag-Pb не трябва да се разглежда като такъв за зоната, тъй като отразява поведението на елементите в разнотемпературните и участъци на различни по промишлено-генетичен тип находища. Последното обстоятелство е причина да няма нито един общ монотонно изменящ се показател на зоналност от I–III порядък по геометрията на мраморния хоризонт в 4-те участъка на Чипровско-Мартиновската рудна зона, макар че такива показатели присъстват във всеки един от участъците, но в по-ограничен брой поради помалкия брой на общите в тях елементи, използвани за изследване на зоналността им.

За Au плутоногенно-хидротермалното находище Говежда от Говежденското рудно поле в Берковския руден район е получен следният зонален ред (отдолу нагоре): Au-Zn-Pb-Ag-As (Рубо, Каргаполов, 1981-ф) по резултатите от опробваната през 1965 г. на участък Куманов дол рудоносна зона на дълбочина до 300 m чрез 4 сечения (канави на повърхността, два хоризонта на минни изработки, един сондажен пробод) и е предложен коефициентът на зоналност $K_z = As.Ag/Pb.Au$. Полученият тогава зонален ред напълно съответства на известните редове на вертикална зоналност на среднотемпературните златорудни обекти. Оскъдният фактологически материал (при извеждане на зоналния ред не са приведени средните стойности/продуктивности на участващите в него елементи) не позволиха изследването на зоналността на първичните геохимични ореоли в находището по методиката на А. П. Соловов.

Обобщените сведения за ендегенната зоналност в находища от Западния Балкан са поместени в табл. 2.

Изследванията на вертикалната геохимична зоналност на първичните геохимични ореоли в находища от Източни Родопи по методиките на С. В. Григорян и А. П. Соловов са върху рудни обекти от Източнородопския руден район (Звездел-Пчелоядското, Спахиевското, Лозенското, Маджаровското) и Южнородопския руден район (Попско-Белополското) рудни полета. Получени са следните резултати:

1. Звездел-Пчелоядско рудно поле.

Вертикалната зоналност в проявление Пчелояд от Pb-Zn скарнов и хидротермален тип е изследвана чрез средните съдържания на 7 елемента от 3 сечения в рудоносна зона II на разрез XVIII (Кербелова и др., 1979-ф, Панайотов и др., 1980). Изведен е следният зонален ред (отдолу нагоре): Mo-Zn-Pb-(Ag, As, Ba), за оценка на аномалните сечения са предложени коефициент на зоналност $k_3 = \text{As} \cdot \text{Ag} \cdot \text{Pb} / \text{Zn}^2 \cdot \text{Mo}$ и коефициент на интензивност $k_{\text{и}} = \text{Pb} + 0,7\text{Zn} + 2\text{Cu} + 100\text{Ag}$, в график-диаграмата на които може да се определи промишлената значимост на орудяването в откритите геохимични аномалии. При изследване на зоналността от първоначалните 7 елемента-индикатори е изключен един (Cu) заради присъствието му в рудите на находището в две минерални форми (халкопирит и тенантит), довело до отрицателното му влияние на контрастността на индикаторните отношения (Панайотов и др., 1980). Това обстоятелство обяснява и полученият от нас зонален ред по схемата: 1 обект, 3 нива, 7 елемента (отдолу нагоре): Zn-Pb-Ba-Cu-As-Ag-Mo, в който необичайни места заемат Ba и Mo и който е несъпоставим с известния досега зонален ред ($r = 0,08$ между двата реда е незначим – на 5% ниво на значимост $r_{\text{кр}} = 0,67$). Голям брой показатели на зоналност измежду получените от I–III порядък се изменят монотонно/условно монотонно по геометрията на изследваната зона и изборът на 7–9 от тях с примерна обща геохимична характеристика Ag, As, Mo/Zn, Pb, Cu, подходящи за оценка на аномалните сечения в метриката на зоната, не е проблем.

Емпиричният материал за съдържанията на типохимичните елементи в рудните сечения от по-дълбоките нива и по фланга на рудопроявлението (Кербелова и др., 1979-ф) позволяват допълнително изследване на зоналността на първичните му геохимични ореоли чрез две нови композиции, включващи 5 нива в рудоносната зона на разрез XVIII (допълнени са две по-дълбоко разположени рудни сечения) и 4 нива в рудоносната зона VI на разрез XX. С увеличаване до 450 m изследван интервал в рудоносната зона XVIII (1 обект, 5 нива, 7 елемента) се получи следният зонален ред (отдолу нагоре): Ag-Cu-Zn-Pb-As-Ba-Mo, в който Ag и Mo заемат необичайни места в сравнение с обобщения зонален ред на хидротермалните находища на Овчинников-Григорян (Соловов, 1985). В този случай изборът на подходящи показатели на зоналност от II–III порядък за оценка на аномалните сечения също е възможен, тъй като 2 от възможните 210 показатели от II порядък и 20 от възможните 1260 показатели от III порядък монотонно намаляват с дълбочината (няма монотонно намаляващи показатели от I порядък). По-близък до обобщения зонален ред на хидротермалните находища е полученият от нас зонален ред на първичните геохимични ореоли около рудоносната зона VI на разрез XX (отдолу нагоре): Pb-Cu-Zn-Ag-Mo-Ba-As, който е най-близък до известния ред в находището и в който „необичайно“ място заема Mo. И в този случай изборът на достатъчен брой (7–9) монотонно намаляващи по затъването на зоната показатели на зоналност за оценка на аномалните геохимични сечения не е затруднителен. Общият ред между тези два частни зонални реда (отдолу нагоре) е: Cu-Pb-Ag-Zn-Ba-As-Mo, в него корелативната връзка между двата реда е незначима на 5% ниво на значимост ($r = 0,54$, $r_{\text{кр}} = 0,67$).

Таблица 2
Table 2

Редове на ендогенна вертикална зоналност (отдолу-нагоре) и количествени показатели (Кз, Ки, v) за прогнозиране на орудяването в рудни обекти от страната

Rows of vertical zoning endogenous (bottom-up) and quantitative indicators (Kz, Ki, v) for predicting deposit in ore sites in the country

Регин	Руден обект	Методика на С. Григория (различни изследователи)	Методика на А. П. Соловов (собствени изследвания)
в света	хидротермални месторождения	W-Be-As ₁ -Sn ₁ -U-Mo-Co-Ni-Bi-Cu ₁ -Au-Sn ₂ -Zn-Pb-Ag-Cd-Cu ₂ -Hg-As ₂ -Sb-Ba	
	хидротермални месторождения	W-Be-Mo-As ₁ -Ni-Sn-Co-Bi-Cu ₂ -Zn-Pb-Ag-Cu ₁ -As ₁ -Ba	
	загорулни хидротермални месторождения		Ni-Co-Mo-Ga-Sn-As-Ag-Bi-Cu-Ba-Au-Zn-Pb-П
	Асарел	Mo-Sn-Bi-Cu-Ag-Zn-As-Pb Кз=Pb.Zn.As/Sn.Mo ² ; Ки=Cu.Ag.Bi/Sn.Mo ²	Mo-As-Sn-Cu-Bi, Ag-Zn-Pb v: Zn.Cu.Bi/Pb.Mo ² , Zn.Cu.Bi/Pb.Mo.Sn, Zn.Cu.Bi/Pb.Mo.As, Zn.Ag-Bi/Pb.Mo ² , Zn.Bi2/Pb.Mo.Sn, Zn.Bi/Pb.Mo ² , Zn.Bi/Pb.Mo.As, Zn.Bi.Sn/Pb.Mo ² , Zn.Ag.Bi/Pb.Mo.Sn; (v)=Zn, Cu, Ag, Bi/Pb, Mo, As(Sn)
	Радка	Mo-Ni-Co-Ba-Cu-Bi-Zn-Ag-Pb Кз=Pb.Zn/Mo.Co; кз=Ag.Pb.Zn/Mo ² .Co; ки=Pb.Zn.Cu/Co.Mo ²	Mo-Co-Ni-Cu-Bi, Ag-Zn-Pb v: Ag.Zn/Cu.Mo, Ag.Pb/Mo.Ni, Ag.Pb/Bi.Mo, Ag.Zn/Mo.Co, Ag ² .Pb/Cu.Bi.Ni, Ag ² .Bi/Cu.Bi.Co, Pb ² .Ag/Cu ² .Bi, Ag.Pb.Zn/Cu ² .Ni, Ag.Pb.Zn/Cu ² .Co; (v)=Pb, Zn, Ag/Cu, Mo, Co, Ni(Bi)
	Елшица	Bi-Co-Mo-Ba-Cu-Au-Pb-Zn Кз=Zn.Pb/Bi.Co, Кз=Zn.Pb/Mo.Co	Bi-Co-Mo-Ba-Au-Cu-Pb-Zn v: Zn/Co, Cu.Zn/Mo.Co ² , Cu.Zn/Mo.Co, Zn.Pb/Co ² , Cu.Pb/Mo.Co, Cu.Zn/Co ² , Cu.Pb/Co ² , Zn ² /Mo.Co, Zn.Pb/Mo.Co; (v)=Cu, Zn, Pb/Co.Mo
	Челопеч	Sn-Ni-Co-Mo-Ga-Ag-Bi-Cu-Pb-Zn-As-Ba-П Кз=П.Ba.As/Co.Mo.Sn	Не е проведено изследване (липсват данни)
	Воздол-Ан орудяване		Ni-Co, Zn-Pb-Mo, Ag, As-Sn, Ba-Au-Cu-Bi v: Au/Ag, Au.Bi/Zn.Ni, Au.Cu/Pb.As, Au.Cu/As.Ni, Cu.Bi/Zn.Co, Cu.Ag/Pb.As, Cu.Bi/As.Mo, Bi2/Co.Ni, Bi.Ag/As.Ni; (v)=Au, Bi, Cu, Ag/Pb, Zn, As, Ni, Co, Mo
	Воздол-Пб-Zn орудяване		Sn-Mo-Bi-Cu-Ba-Ag-Zn-As-Pb v: Pb/Bi, Zn.Pb/Cu.Bi, Zn.Bi/Cu.Ag, Zn ² /Ag.Sn, Zn.Pb/Ag.Sn, Zn.As/Sn ² , Pb ² /Bi.Ag, Pb ² /Bi.Sn, Pb.As/Bi.Sn; (v)=Pb, Zn, As/Cu, Ag, Sn, Bi

Същинска Средна гора и Централна Стара планина

Таблица 2 (продължение)
Table 2 (continued)

			Cu-Zn-Pb-Ag K ₃ =Ag-Pb/Cu ² ; K ₁ =Pb+0,7Zn+2Cu+100Ag	Cu-Zn-Au-Pb-Ag v: Pb/Cu, Pb ² /Zn.Cu, Pb-Ag/Cu ² , Ag-Au/Cu ² , Pb ² /Cu ² .Zn, Pb-Ag ² /Cu ² , Ag ² .Au/Cu ² ; (b)=Pb, Ag, Au/Cu.Zn
Бакаджик-уч. Трапизага			Ni, Co, Mo, Cu-Zn-Pb, Ag(приет по аналогия) K ₃ =Ag ² /Cu.Mo, K ₃ =Ag-Pb/Cu ² ; K ₁ =Pb.Zn.Cu/Co ² .Ni; K ₁ =Pb+0,7Zn+2Cu+100Ag	Не е проведено изследване (няма достатъчно данни за количествено изследване)
Грамагиково-уч. Синя бара			Ni-Co-Mo-Cu-Bi-Zn-Ag-Pb-Ba K ₃ =Ba.Ag/Zn.Cu; K ₁ =Zn.Cu/Ni.Co	Не е проведено изследване (липсват емпирични данни)
Грамагиковско рудно поле			Mo-Co-Ni-Zn-Pb-Cu-Ba(регионална хоризонтална зоналност от СЗ на ЮИ) K ₃ =Zn.Pb/Cu	Zn-Pb-Mo-Cu-Ni-Co-Ba(регионална хоризонтална зоналност от СЗ на ЮИ) v: Ba ² /Pb.Ni ² , Ba ² /Zn.Ni.Mo, Ba ² .Cu/Pb.Zn.Ni, Ba ² .Cu/Zn ² .Ni, Ba ² .Cu/Zn ² .Mo, Cu ² .Co/Pb.Zn.Ni, Cu ² .Co/Zn.Ni ² ; (b)=Cu, Co, Ba/Pb, Zn, Ni, Mo
Зидарово-уч. Канарата			Bi-Cu, Ni-Mo-Co-Sn, Ag-Zn-Pb	Cu-Bi-Ni-Co-Mo-Ag-Pb-Zn-Sn v: Zn/Cu, Pb/Cu, Zn/Ni, Sn/Cu, Pb.Sn/Co.Ni, Pb.Sn/Cu.Co, Pb.Sn/Ni.Bi, Zn.Sn/Cu.Ni, Zn.Sn/Cu.Co; (b)=Zn, Pb, Sn/Cu, Ni, Co, Bi.
Зидарово-уч. Юрга			Cu-Mo, Ni-Co-Ag-Zn-Pb K ₃ =Ag.Pb/Zn	Cu-Mo-Ag-Zn-Co-Pb-Ni v: Co/Mo; Pb.Ni/Mo ² ; Pb.Co/Mo ² , Co.Ni/Cu.Mo, Ni ² /Cu.Mo, Pb ² .Co/Mo ³ , Pb ² .Ni/Mo ³ , Pb.Ni ² /Mo ³ , Co.Ni ² /Cu ² .Mo; (b)=Co,Pb.Ni/Mo,Cu
Зидарово-общ			Cu-Mo, Ni-Co-Ag-Zn-Pb K ₃ =Pb.Zn/Cu.Bi, K ₃ =Pb.Zn/Cu ² Sn-Bi-Mo-Co-Cu-Ni-Au-Zn-Ag-Ba-Pb K ₃ =Ba.Ag.Pb/Ni.Co.Mo; K ₁ =Cu ² .Zn/Ni.Co ²	Не се предлага общ зонален ред
Руен			Sn, Mo-Cu,As-,Pb, Ag-Zn, As ₂ K ₃ =Ag.Pb.Zn/Mo.Sn ² ; K ₁ =Pb.Zn.Cu/Sn.Mo ² , K ₁ =Pb+0,7Zn+2Cu+100Ag	Sn, Mo-Cu-Pb, Ag-Zn, As v: Pb/Mo, As.Pb ² /Zn.Mo ² , Pb ² .As/Zn.Mo.Sn, Pb.Ag.As/Zn.Sn ² , Pb.As ² /Zn.Mo ² , Pb ² .Zn/Cu.Mo ² ; Pb ² .Zn/Cu.Mo.Sn, Pb ² .Ag/Cu.Mo.Sn, Pb.Zn.Ag/Cu.Mo.Sn; (b)=Pb, Ag, As/Cu, Mo, Sn(Zn)
Маля Руен – Белите сипей			Mo-Cu-,Sn-Co-Zn-Ni-Cd-Pb-Sr-As-Ag-Cu, K ₃ =As.Sr.Ag/Co.Mo.Sn; K ₁ =Pb.Zn/Cu.Co.Mo.Sn	Mo-Sn-Zn-As-Pb, Ag, Cu v: Pb/Mo, As.Pb ² /Zn.Mo ² , Pb ² .As/Zn.Mo.Sn, Pb.Ag.As/Zn.Sn ² , Pb.As ² /Zn.Mo ² , Pb ² .Zn/Cu.Mo ² ; Pb ² .Zn/Cu.Mo.Sn, Pb ² .Ag/Cu.Mo.Sn, Pb.Zn.Ag/Cu.Mo.Sn; (b)=Pb, Ag, As/Cu, Mo, Sn(Zn)
Руен, Маля Руен – общ			Co-Sn-Mo-Ni-Zn-Pb-V-Cu-Sr-Ba-Ag-As K ₃ =As.Ag.Ba/Co.Mo.Sn; K ₁ =Pb.Zn.Cu/Co.Mo.Sn	Mo, Sn-Pb, Zn, Cu, Ag, As v: Pb/Mo, As.Pb ² /Zn.Mo ² , Pb ² .As/Zn.Mo.Sn, Pb.Ag.As/Zn.Sn ² , Pb.As ² /Zn.Mo ² , Pb ² .Zn/Cu.Mo ² ; Pb ² .Zn/Cu.Mo.Sn, Pb ² .Ag/Cu.Mo.Sn, Pb.Zn.Ag/Cu.Mo.Sn; (b)=Pb, Ag, As/Cu, Mo, Sn(Zn)

Източно Средногорие и Странджа

Крайще

Таблица 2 (продължение)
Table 2 (continued)

Източници Родопи Златен Балкан	Каламинага	Sn(°)-Ni-Co-V(°)-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-As-Ba K ₃ =Ba, As, Ag, Pb/Zn, Cu, Co, Ni	Не е проведено изследване (липсват емпирични данни)
	Перчиките	Sn-W-Mo-Bi-Cu-As-Zn-Pb-Ag K ₃ =Ag, Pb/W, Mo	Sn-W-Mo-Cu-Bi-Ag-Zn-As-Pb v: Zn/W, Zn/Sn, Ag/Zn/W ² , Ag/Zn/W, Sn, Pb, Cu/W ² , Pb, Zn/Mo, W, Ag, Zn, As/Mo, W, Sn, Ag, Zn, As/Mo, Sn ² , Pb ² , Zn/Cu, Mo, Sn; (°)=Pb, As, Ag, Zn/W, Sn, Mo, Cu
	Слия вода	Cu-Mo-Zn-As-Pb-Ag-Sb K ₃ =Ag, Pb/Cu, Mo	Cu-Mo-Zn-As-Ag -Pb-Sb v: As, Ag/Cu, Mo, As, Ag/Mo ² , As, Pb/Cu, Mo, As, Pb/Mo ² , Sb, Ag, As/Mo ² , Sb, As ² /Cu, Mo ² , As, Ag, Pb/Mo ² , As ² , Ag/Mo ³ , As, Ag ² /Cu ² ; (°)=Sb, As, Ag, Pb/Cu, Mo
	Лукина паница	Mo-Ba, As-Cu, Zn, Pb, Ag, Sb, Hg, Li K ₃ =Ag, Pb, Sb	Mo-Zn-Ba-As-Li-Cu-Ag-Pb-Hg v: Pb/Zn, Ag/Zn, Ag ² /Zn, As, Ag, Pb/Mo, Ba, Pb, Sb/Mo, Ba, Ag, Cu/ As, Mo, Ag ² /Zn, Mo, Ba, Ag ² , Pb/Mo, Ba ² , Ag ² , Cu/Zn, As, Mo; (°)=Pb, Ag, Sb, Cu/Zn, As, Mo, Ba
	Камъка	Co ₁ -Mo ₁ -Cu-Zn ₁ -Ni-As-Pb-Ag-Co ₂ -Zn ₂ -Mo ₂ K ₃ =Ag, Pb ² /Cu, Co, Ni	Zn-Cu-Co-Ni-Mo-As-Pb-Ag v: Pb, Ag/Zn, Co, Pb, Ag/Zn, Ni, Mo, Ag/Zn, Co, Cu, Ag/Co ² , Mo, Ag/Ni ² , Cu, Ag/Co ² , Pb, Cu, Ag/Zn, Co, Ni, Pb, Mo, Ag/Zn ² , Ni, Pb, Mo, Cu/Zn ² , Ni; (°)=Pb, Ag, Cu, Mo/Zn, Co, Ni
	Говежда	Au-Zn-Pb-Ag-As K ₃ =As, Ag/Pb, Au	Не е проведено изследване (липсват емпирични данни)
	Пчелояд	Mo-Zn-Pb-Ag, As, Ba K ₃ =As, Ag, Pb/Zn ² , Mo; K ₁ = Pb=0, 7Zn+2Cu+100Ag	Cu-Pb-Ag-Zn-Ba-As-Mo v: Ba, As/Ag, Zn, Ba ² /Pb ² , Zn, Ba ² /Zn ² , Cu, Ba ² , As ² /Zn ² , Ag, Ba ² , Mo/Zn ² , Ba, As ² /Ag ² , Zn, Ba, As, Cu/Ag, Pb, Zn, Ba, As, Mo/Zn ² , Ba, Ag, Mo/As, Zn ² , Ba, Cu, Mo/Ag, Zn ² ; (°)=Ba, Mo/Zn, Ag/As, Cu, Pb
	Саже	W-Mo-Zn-Cu-Pb-Ba-Ag K ₃ =Ba, Ag/W, Mo, K ₃ =Ba, Ag, Pb/W, Mo ² , K ₃ =Pb/Zn; K ₁ =Pb, Zn, Ag/Cu, W ² , K ₁ =Pb, Zn, Ag/Cu, W ²	W-Mo-Zn-Cu-Pb-Ba-Ag v: Ba/Mo, Ag/W, Ba, Ag/Mo, W, Pb, Ba/Zn, Mo, Pb, Ag/Zn, Mo, Pb, Ag/ Zn, W, Ba, Ag, Pb/W, Mo ² , Ba, Pb, Ag/Zn ² , Mo, Ba, Ag, Pb/Zn, Mo, W; (°)= Pb, Ba, Ag/Zn, Mo, W
	Брястово	Cu-Mo-Pb-Ag-Co-Zn-Ni-Ba-Bi v: Ba/Cu, Ba ² /Cu, Mo, Ba, Ni/Ag, Cu, Ba, Co/Cu, Mo, Ni ² /Cu, Mo, Co ² / Cu, Mo, Ba ² /Pb, Cu, Mo, Ba ² , Ni/Cu ² , Mo, Ba ² , Co/Cu, Mo ² ; (°)=Ba, Co, Ni/ Cu, Mo, Ag	

Таблица 2 (продължение)
Table 2 (continued)

Източни Родопи	Лозен	Ni-Co-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-Ba K3= Ag Pb.Zn/Ni.Co.Mo; Ки=Ag.Pb.Zn.Cu.Ni ²	Co-Ni-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-Ba v: Ag/Co, Pb/Ni, Ba/Pb/Ni.Mo, Ba.Zn/Co.Mo, Pb.Zn/Co.Mo, Pb.Zn/ Ni.Co, Ag.Pb.Zn/Ni.Co.Mo, Ba.Pb.Zn/Co.Ni ² , Ba.Pb.Zn/Mo.Co ² ; (v)= Zn, Pb, Ag, Ba/Co, Ni, Mo
	Маджарово уч. Габерово	Cu-Zn-Pb (приет по аналогия) K3=Pb2/Zn.Cu; Ки= Pb+0,7Zn+2Cu	Не е проведено изследване (недостатъчно емпирични данни)
Полско	уч. Габерово	K3=Ba.Zn.Pb/Mo.W (предложен, без да се изследва зоналността)	Не е проведено изследване (липсват емпирични данни)
	Полско		Sn-Ni-Cu-As-Mo-Pb-Ba-Zn-Ag-Co (друг автор) v: Pb.Zn/Ni.As и Ba.Ag/Cu.As (друг автор)
Западни и Централни Родопи	Света Марина	Ni, As, Co, Mo-Cu, Zn-Ag-Pb K3=Ag.Pb.Zn/Cu.Co.Mo; Ки=Pb.Zn.Cu/Co.Ni ²	Ni-As-Pb-Mo-Co-Ag-Cu-Zn v: Cu/Pb, Ag.Zn/As.Pb, Ag.Cu/Pb.Mo, Ag.Co/Ni.Mo, Cu.Co/Ni.Mo, Ag.Cu.Co/Pb.Mo ² , Ag.Cu.Zn/Pb.Ni.Mo, Ag.Zn.Co/Pb ² .Mo, Ag.Zn.Cu/ Pb ² .Ni; (v)= Cu, Zn, Co, Ag/Pb, Ni, Mo, As
	Мангоско	W, Ni-Co, Mo-Cu, Zn, Pb, Ag, Ba K3= Ba.Ag.Pb/W.Mo ² ; Ки= Pb.Zn.Ag/Cu.Co.Ni	Ni-W-Mo-Co-Cu-Ba-Ag-Zn-Pb v: Zn/W, Cu/Ni, Ba.Ag/Mo.W, Pb.Ba/Mo ² , Pb.Ba/Ni2, Pb.Ba/Ni.Mo, Cu.Ba/Ni.W, Pb.Zn.Ba/Ni.Mo ² , Pb.Cu.Ba/Ni.Mo ² ; (v)= Ba, Ag, Zn, Pb, Cu/Ni, Mo, W
Означения	Грънчарича	W-As-Zn-Pb K3= Pb.Zn.As/W ³ W-Mo-Bi-Be-Zn-Pb K3= Pb.Zn/W ² , K3=Pb.Zn/Mo.W	W-As-Zn-Pb v: As/W, Zn/W, Pb/W, Zn/As, As.Zn/W ² , As.Pb/W ² , Pb.Zn/W ² , Pb.Zn/ W ³ , Pb ² .Zn/W ³ , (v)=Pb.Zn/W (As)
	К3 – коефициент на зоналност, Ки – коефициент на интензивност, v – показател на зоналност, (v) – обща геохимична характеристика на показателите на зоналност		

Броят на общите, монотонно намаляващи с дълбочина и в двете рудоносни зони (II на разрез XVIII и VI на разрез XX) показатели на зоналност от I–III порядък, е следният: нито един от възможните 21 показатели от I порядък, един от възможните 210 показатели от II порядък (Ba.As/Ag.Zn), девет от възможните 1260 показатели от III порядък (Ba³/Pb².Zn, Ba³/Zn².Cu, Ba².As/Zn².Ag, Ba².Mo/Zn³, Ba.As²/Ag.Zn², Ba.As.Cu/Ag.Pb.Zn, Ba.As.Mo/Zn³, Ba.Pb.Mo/As.Zn², Ba.Cu.Mo/Ag.Zn²). Общата им геохимична характеристика е Ba,Mo/Zn,Ag(As, Cu, Pb). В този общ ред частните редове на зоналност корелират по-силно в сравнение с тези в рудоносните зони II на разрез XVIII (3 нива) и VI на разрез XX (4 нива), чийто общ зонален ред (отдолу нагоре) е: Pb-Zn-Cu-Ba-Ag-As-Mo ($r = 0,47$, $r_{кр} = 0,67$). При същият брой на възможните показатели на зоналност от I–III порядък, изборът на няколко (7–9) от общите монотонно намаляващи в дълбочина и на двете зони за оценка на аномалните им сечения показатели, трябва да стане измежду един показател от I порядък (Ba/Zn), 6 показателя от II порядък (Ba²/Pb.Zn, Ba.As/Ag.Zn, Ba.As/Pb.Zn, Ba.As/Zn², Ba.Ag/Pb.Zn, As.Cu/Pb²) и 45 показателя от III порядък.

Допълнителните изследвания върху зоналното разпределение на елементите в първичните геохимични ореоли на рудопроявление Пчелояд са извършени при съвместното използване на два рудни обекта (зони), което увеличава рудоносния диапазон (интервал) в тях и откроява устойчивото поведение на елементите в общата им зонална колонка. Това позволява да се препоръча (с известни резерви) за зонален ред на рудопроявлението полученият ред на зоналност (отдолу нагоре): Cu-Pb-Ag-Zn-Ba-As-Mo, който предлага възможност за по-точна оценка на геохимичните аномалии в общата метрика на двете рудоносни зони чрез избрани, подходящи за целта, 7–9 показатели на зоналност с обща геохимична характеристика Ba,Mo/Zn,Ag(As,Cu,Pb). Такава оценка е възможна, ако числените стойности на избраните показатели на зоналност в отделните еталонни сечения се обвържат с местоположението им в дълбочина (H, m), данни за което не са приведени при изследване на зоналността (Кербелова и др., 1979-ф).

2. Спахиевско рудно поле.

Ендогенната геохимична зоналност на първичните геохимични ореоли в полето е изследвана в находище Саже (Pb-Zn скарнов и хидротермален тип), а получените резултати са използвани за оценка на перспективни геохимични аномалии в основните рудни обекти от полето – Саже, проявлението от същия промишлено-генетичен тип СКМИ и Au-полиметалното хидротермално находище Чала (Григорян и др., 1980-ф; Панайотов, 1980). Поведението на основните елементи в рудна зона № 8 от находище Чала е разгледано при построяване на геохимичния му модел (Казълова, Климова, 1995-ф).

Абрамсон и Федотова (1976-ф) изучават осевата зоналност на първичните геохимични ореоли в находище Саже чрез средните съдържания/продуктивности на 7 елемента в 4 сечения от рудна зона на разрез I–I и получават следния зонален ред (отдолу нагоре): W-Mo-Zn-Cu-Pb-Ba-Ag като предлагат 3 коефициента на зоналност (k_3): Ba.Ag/W.Mo, Ba.Ag.Pb/W.Mo², Pb/Zn и един коефициент на интензивност ($k_{ин}$): Pb.Zn.Ag/Cu.W² за оценка на еднотипните перспективни геохимични аномалии. Полученият зонален ред е напълно идентичен с получения от нас чрез продуктивностите на елементите зонален ред по методиката на А. П. Соловов и добре кореспондира с обобщения зонален ред на хидротермалните находища на Овчинников и Григорян. Изборът на 7–9, подходящи за оценка на геохимичния срез, показатели на зоналност от I–III порядък с добър размах, е улеснен от значителния брой на монотонно изменящи се в дълбочина показатели: 3 от I порядък (Ba/Pb, Ba/Mo, Ag/W), 48 – от II порядък, 263 – от III порядък. Избраните

от нас 9 показателя на зоналност: Ba/Mo , Ag/W , Ba.Ag/Mo.W , Pb.Ba/Zn.Mo , Pb.Ag/Zn.Mo , Pb.Ag/Zn.W , Ba.Ag.Pb/W.Mo^2 , $\text{Ba.Pb.Ag/Zn}^2.\text{Mo}$, Ba.Ag.Pb/Zn.Mo.W имат обща геохимична характеристика Pb , Ba , Ag/Zn , Mo , W . Предложените от изследователите на зоналността на находището показатели на зоналност Ba.Ag/W.Mo и Ba.Ag.Pb/W.Mo^2 са измежду монотонно намаляващите в дълбочина, но предложеният от тях $k_3 = \text{Pb/Zn}$ – не е един от трите монотонно изменящи се в дълбочина показатели на зоналност от I порядък. Предложеният за коефициент на интензивност $k_{ii} = \text{Pb.Zn.Ag/Cu.W}^2$ е едно от 263-те безразмерни отношения на елементи от III порядък с монотонно изменение в дълбочина на рудната зона, което показва, че той може да бъде един от възможно избраните показатели на зоналност. В този случай, съгласно А. П. Соловов (1985), замяната на един или няколко елемента във възможните съответен брой безразмерни геохимични коефициенти на осова зоналност не ги превръщат в коефициенти на интензивност, тъй като всички те имат еднакъв геохимичен смисъл и не зависят от мащаба (интензивността) на орудяването в геохимично еднотипните находища. По тази причина един такъв коефициент на интензивност, оценяващ орудяването по относителния привнос-износ на елементите, не може да бъде критерий за промишленото значение на орудяването и не би трябвало да се използва при прогнозната му оценка. Друг е случаят, ако за k_{ii} се предложи коефициент, показващ разпределението на главните полезни изкопаеми в рудните и околорудните пространства.

Ако се използват не продуктивностите, а средните съдържания на елементите в същата изходна информация, се получава следният зонален ред (отдолу нагоре): $\text{Mo-Zn-W-Pb-Ag-Ba-Cu}$, който има близка, до значима корелативна връзка, с известния ред на зоналност в находището (Абрамсон, Федотова, 1976-ф) и с получения от нас ред чрез продуктивностите на 7-те елемента ($r = 0,64$, $r_{\text{кр}} = 0,67$ при ниво на значимост $q = 0,05$), но положението на някои елементи в него (отчасти на W и особено на Cu) е различно в сравнение с положението им в обобщения зонален ред на Овчинников и Григорян за хидротермалните находища. И в този случай изборът на 7–9 подходящи за оценка перспективността на новооткрити геохимични аномалии показатели на зоналност от I–III порядък е възможен, тъй като с дълбочината монотонно намаляващите показатели от I порядък са 2, от II порядък – 9, от III порядък – 79.

През 1990 г. група руски и български геохимици извършиха комплексни геолого-геохимични изследвания в рудопроявлението от Pb-Zn скарнов и хидротермален тип Брястово за обвързване на рудните сечения в рудни тела и рудни зони. Анализирайки особеностите в състава и строежа на аномалното геохимично поле в централната част на рудопроявлението, те съставят неин обемен геолого-геохимичен модел, в който не са включени изследвания за геохимичната зоналност на първичните геохимични ореоли в рудопроявлението. Наличният материал (Абрамсон и др., 1990-ф) позволява да се направи опит за изследване на зоналното разпределение на елементите в ореолите на централната рудна зона (рудна зона 2) в два разреза: разрез III (3 рудни сечения в 300-метров интервал на рудната зона) и разрез VII (4 рудни сечения в 400 метров интервал на рудната зона). Получените частни зонални редове (отдолу нагоре) са: разрез III: $\text{Pb-Zn-Bi-Cu-Mo-Co-Ag-Ba-Ni}$ и разрез V: $\text{Cu-Mo-Pb-Ag-Co-Zn-Ni-Ba-Bi}$. Те не корелират помежду си ($r = 0,27$, $r_{\text{кр}} = 0,67$) и общият им зонален ред (отдолу-нагоре): $\text{Pb-Cu-Mo-Zn-Ag-Co-Bi-Ni-Ba}$ не следва да се приема за зонален ред на рудопроявлението. Независимо от това броят на общите монотонно намаляващи от по-високите към по-дълбоките хоризонти на централната рудна зона в двата разреза показатели на зоналност е значителен: 2 – от I порядък, 62 – от II порядък, 542 – от III порядък. Подходящите 9 от тях за оценка на геохимичните аномалии: Ba/Cu , $\text{Ba}^2/\text{Cu.Mo}$,

Va.Ni/Ag.Cu, Va.Co/Cu.Mo, Ni²/Cu.Mo, Co²/Cu.Mo, Ba³/Pb.Cu.Mo, Ba².Ni/Cu².Mo, Ba².Co/Cu.Mo² имат обща геохимична характеристика: Va, Co, Ni/Cu, Mo, Ag.

Направен бе опит за изследване зоналността на полето чрез съвместна обработка на средните съдържания на шестте общи елемента в 4-те нива от рудната зона на разрез I–I в находище Саже и в 4-те нива от централната рудна зона на разрез VII в рудопроявление Брястово. Получените частни зонални редове, представляващи части от по-пълните такива за двата рудни обекта, не корелират значимо помежду си ($r = 0,31$, $r_{кр} = 0,73$), което не позволява общият им зонален ред (отдолу-нагоре): Mo-Pb-Zn-Ag-Cu-Va да се приеме за единен ред на първичните геохимични ореоли в рудното поле. В този случай броят на общите, монотонно намаляващи в дълбочина показатели на зоналност едновременно в двата рудни обекта, е ограничен – нито един от I порядък, 1 – от II порядък, 8 – от III порядък.

3. Лозенско рудно поле.

Систематичните геохимични работи в Лозенското рудно поле започват през 1978 г. (Дюлгеров и др., 1980, Абрамсон и др., 1980) и са съсредоточени в двата участъка на находището от Au-разсипен тип Лозен – Еремичи дупки и Чинаря. Последователно за първичните геохимични ореоли в обекта са предлагани първоначалният им зонален ред (отдолу нагоре): Ni-Cu- Zn-Pb-Ag (Панайотов и др, 1980; Дюлгеров и др.,1980) и допълнително разширеният такъв (отдолу нагоре): Mo-Co-Ni-Cu-Zn-Pb-Ag (Дюлгеров и др., 1980). В резултат на всички досегашни изследвания е предложен следният зонален ред за вертикалната зоналност на първичните геохимични ореоли (отдолу нагоре): Ni-Co-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-Va. За прогнозна оценка на перспективни геохимични аномалии са препоръчани коефициентът на зоналност $k_3 = Ag.Pb.Zn/Ni.Co.Mo$ и коефициентът на интензивност $k_{и} = Ag.Pb.Zn/Cu.Ni^2$ (Григорян и др., 1985-ф) – за този коефициент важи мнението на А. П. Соловов за неудачния избор по принцип на подобен тип коефициенти на интензивност. Най-пълното изследване на поведението на елементите в ореолното пространство на рудно тяло в два напречни разреза (№ 75 и № 77) от участък Еремичи дупки-изток е направено по данни от продуктивностите на 8 елемента (Григорян и др., 1985-ф), при което са получени следните, почти еднакви редове на зонално отлагане (отдолу нагоре): разрез № 75 (4 нива): Co-Ni-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-Va; разрез № 77 (5 нива): Ni-Co-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-Va.

При използване на същите данни получените зонални редове (отдолу нагоре) по методиката на А. П. Соловов са: разрез № 75: Co-Ni-Cu-Mo-Zn-Pb-Ag-Va и разрез № 76: Ni-Co-Cu-Zn-Mo-Ag-Pb-Va. Тези зонални редове корелират значимо с известните такива: $r = 1,00$ между двата реда на разрез № 75, $r = 0,95$ между двата реда на разрез № 76, както и помежду си ($r = 0,93$ при $r_{кр} = 0,71$ за $q = 0,05$), което позволява да се изведе и общият им зонален ред (отдолу нагоре): Ni-Co-Cu-Zn-Mo-Pb-Ag-Va. Този ред не противоречи на общия зонален ред на Овчинников и Григорян за хидротермалните находища и потвърждава хидротермалния произход на орудяването в обекта. Между показателите на зоналност от I–III порядък, които монотонно намаляват в дълбочина, не може да се намери нито един общ за двата разреза, макар че във всеки един от разрезите има достатъчно много показатели с такова поведение. В разрез № 75 (4 рудни сечения с общо разстояние между тях 340 m) монотонно намаляващите с дълбочината показатели на зоналност от I порядък са 6 (от възможни 28), от II порядък – 64 (от възможни 378), от III порядък – 442 (от възможни 2856). В разрез № 76 (5 рудни сечения с общо разстояние между тях 340 m) при същия брой изобщо възможни безразмерни отношения между всеки 2 от 8-те елемента за показатели от I порядък – 28, между всеки 4 от 8-те за показатели от II порядък – 378, между всеки 6 от 8-те за показатели

от III порядък – 2856 (при това елементите участват и в степени) броят на монотонно намаляващите в дълбочина показатели на зоналност от I, II, III порядък е съответно 1, 1, 24. Препоръчаните k_3 и k_n (Григорян и др., 1985-ф) фигурират между монотонно изменящите се показатели на зоналност с дълбочината в разрез № 75 и не фигурират между тях в разрез №76. Липсата на общи показатели на зоналност в двата разреза не може да се обясни с особености на орудяването в тях, тъй като зоналните им колонки са еднакво „разтегнати/свити“ една спрямо друга (вертикалният диапазон между крайните сечения в двата разреза е практически еднакъв, а съдейки по изменението на $k_3 = \text{Ag.Pb.Zn/Ni.Co.Mo}$ по затъване на рудното тяло в разрезите коефициентът на геохимично и геометрично подобие между тях е $\approx 1,0$). Очевидно по-благоприятен за изследване на геохимичната зоналност е разрез № 75, от който за оценка на среза на геохимични аномалии в метриката му, са подбрани 9 показателя на зоналност от I–III порядък с обща геохимична характеристика Zn, Pb, Ag, Ba/Co, Ni, Mo, контрастно и монотонно намаляващи в дълбочина в еталонните рудни сечения. Избраните показатели на зоналност са: Ag/Co, Pb/Ni, Ba.Pb/Ni.Mo, Ba.Zn/Co.Mo, Pb.Zn/Co.Mo, Pb.Zn/Ni.Co, Ag.Pb.Zn/Ni.Co.Mo, Ba.Pb.Zn/Co.Ni², Ba.Pb.Zn/Mo.Co².

4. Маджаровско рудно поле.

Изследванията върху състава и строежа на първичните геохимични ореоли в рудното поле са съсредоточени в находище Маджарово (Au полиметален-хидротермален тип) и участък Габерово. Изучаването на геохимичната зоналност в находище Маджарово е извършено по данни от химичния анализ само на три елемента – Pb, Zn, Cu от секционни проби в пределите на 5 рудни жили (Кербелова и др., 1979-ф). По аналогия с установената геохимична зоналност на полиметални находища (Григорян, 1987) и с оглед разпределението на трите елемента в рудите е предположена следната зоналност (отдолу нагоре): Cu-Zn-Pb, за количествената ѝ оценка е избрано индикаторното отношение $k_3 = \text{Pb}^2/\text{Zn.Cu}$, а за оценка на промишлената значимост на орудяването е предложен коефициентът на интензивност $k_n = \text{Pb}+0,7\text{Zn}+2\text{Cu}$. Последният е избран на базата на тогавашните установени кондиции, като всички полезни компоненти са били преизчислени в условни единици за олово. Липсата на спектрални анализи и ограниченият набор елементи с химични анализи (Cu, Pb, Zn) са ограничили значително прогностичните геохимични изследвания в находището, но въпреки това чрез геохимични построения е установен стълбообразният характер на орудяването.

Значително по-съвременен е изследването върху състава и строежа на първичните геохимични ореоли в участък Габерово във връзка с построяването на геолого-геохимичния модел на типова рудна зона в М 1:2000–1:5000 с оглед намиране на критерии за оценка на рудогенните геохимични аномалии (Абрамсон и др., 1988-ф). За еталон е избрана рудна жила ба в ореолното пространство, за която е установено, че зоналната структура на първичните геохимични ореоли се отличава от познатата зоналност на жилните полиметални находища (Инструкция по геохимическим..., 1983), тъй като има концентричен характер (Методическите..., 1990). В резултат от изследването на вертикалната и напречна зоналност на първичните ореоли в границите на аномалната рудна зона на еталонната рудна жила и връзката им с вторичните литохимични ореоли над нея е построен спрегнат геолого-геохимичен модел на злато-сребърно-полиметалното орудяване в участъка (Методическите..., 1990), който може да се използва за търсещо-прогностични цели в М 1:2000 – 1:10 000. В основата на модела са залегнали геоложният строеж на участъка, минералният състав на първичните и на окислените руди, геохимичните асоциации в ендегенните и в хипергенните полета и разпространението/смяната им в дълбочина. За количествена оценка на зоналността е предложен коефици-

циентът на зоналност $k_3 = \text{Ba.Zn.Pb/Mo.W}$ с контрастност около 2000 в диапазона на изследвания руден интервал, с помощта на който може да се определи относителното ниво на ерозионния срез на аномалиите. Предложеният коефициент не е безразмерен.

Оскъдният геохимичен материал в находище Маджарово и липсата на подходящ такъв в участък Габерово в досегашните изследователски работи за геохимичната зоналност на първичните им геохимични ореоли не дадоха възможност за допълнително изследване на ендегенната им зоналност.

5. Попско-Белополско рудно поле.

Изследванията върху геохимичната зоналност на първичните геохимични ореоли в находище Попско (Pb-Zn скарнов и хидротермален тип) са дело на Т. Казълова-Станкова в дисертационната ѝ работа (1991). Предвид сложния строеж на аномалното геохимично поле е изучена латералната, напречната и вертикалната зоналност на първичните геохимични ореоли. За еталонен обект е избран най-добре проученият рудоносен сноп на зона № 3, на жили от който са получени частните зонални редове и генералният общ вертикален ред на отлагане на типоморфните елементи в него (отдолу нагоре): Sn-Ni-Cu-As-Mo-Pb-Ba-Zn-Ag-Co, значително отличаващ се от обобщения зонален ред на Овчинников-Григорян, за което спомагат и отликите на частните редове с обобщения им (ранговата корелация се изменя от $-0,57$ до $+0,69$). Причината за тези различия са обяснени с наличието на минераложка зоналност в поведението на Cu и As и с кулисообразното присъствие на рудните тела в находището. Изучена е и вертикалната ендегенна зоналност на отделно избрано рудно тяло на примера на апофиза I, при което полученият зонален ред е по-близък до обобщения зонален ред на хидротермалните находища в сравнение с генералния ред на рудоносния сноп на зона №3 и са намерени монотонно изменящи се геохимични показатели от I и II порядък. За прогнозна оценка на полиметалното орудяване в находището са предложени два показателя на вертикална зоналност: $v = \text{Pb.Zn/Ni.As}$ и $v = \text{Ba.Ag/Cu.As}$. Построен е обобщен минералого-геохимичен модел на рудна зона № 3 (еталонния обект), показващ в схематизиран вид изменението на съдържанието на основните рудни елементи, числените стойности на показателя на зоналност $v = \text{Ba.Ag/Cu.As}$ по затъването на рудната зона, минералните асоциации в дълбочина, коефициента на геометрично и геохимично подобие α в южния, централния и северния блок на рудната зона. Изследването на зоналността на първичните геохимични ореоли в находище Попско е извършено по методиката на А. П. Соловов чрез програмата Ню-2 (Соловов, 1985).

Извън разгледаните рудни полета в площта на регион Източни Родопи е изучена зоналността на първичните геохимични ореоли и в находище Света Марина (Pb-Zn скарнов и хидротермален тип), разположено в едноименната перспективна площ (Григорян и др., 1985-ф). Зоналността е изследвана по средните съдържания/продуктивностите на 8 типоморфни елемента в 4 рудни сечения във вертикален разрез в контура на изявена рудна зона и е получен следният зонален ред (отдолу нагоре): Ni, As, Co, Mo-Cu, Zn-Ag-Pb. За оценка на геохимичните аномалии са предложени коефициентите на зоналност $k_3 = \text{Ag.Pb.Zn/Cu.Co.Mo}$ и на интензивност $k_{ii} = \text{Pb.Zn.Cu/Co.Ni}^2$.

Получения от нас зонален ред при използване на средните съдържания на елементите има вида (отдолу нагоре): Ni-As-Pb-Mo-Co-Ag-Cu-Zn. Корелационната връзка между двата реда не е значима ($r = 0,42$ при $r_{кр} = 0,71$), отчасти това може да се обясни и с неуточненото местоположение на повечето елементи (Ni, As, Co, Mo, Cu, Zn) в известния досега зонален ред. Устойчивото положение на елементите в получения зонален ред води до голям брой монотонно изменящи се в дълбочина показатели на зоналност: 2 от I порядък – Cu/Pb и Co/As (от всичко възможни 28), 50 от II порядък

(от всичко възможни 378), 429 от III порядък (от всичко възможни 2856). Избраните от тях 9 показателя на зоналност: Cu/Pb, Ag.Zn/As.Pb, Ag.Cu/Pb.Mo, Ag.Co/Ni.Mo, Cu.Co/Ni.Mo, Ag.Cu.Co/Pb.Mo², Ag.Cu.Zn/Pb.Ni.Mo, Ag.Zn.Co/Pb².Mo, Ag.Zn.Cu/Pb².Ni имат обща геохимична характеристика Cu, Zn, Co, Ag/Pb, Ni, Mo, As, ясен геохимичен смисъл и добра разрешаваща способност. Те могат да се използват за прогнозна оценка на перспективни геохимични аномалии, ако стойностите им в еталонното тяло (v) са обвързани с вертикалното (хипсометричното) му положение (H, m).

Допълнителните изследвания на ендегенната геохимична зоналност в находищата/рудопроявленията/индикациите/участъците в регион Източни Родопи бяха използвани при съставянето на геолого-геохимичните им модели. Те могат да се използват и за оценка на генетично еднотипните им аномални сечения в метриката на еталонните рудни тела/зони. Обобщени сведения за вертикалната зоналност на първичните геохимични ореоли в рудни обекти от региона са приведени в табл. 2.

Досегашните изследвания върху зоналността на първичните геохимични ореоли в регион Западни и Централни Родопи са в Маданското (находище Мангоско) и в Грънчаришкото (находище Грънчарица) рудно поле от Централнородопския руден район (Панайотов, 1980). Върху тези находища са и нашите допълнителни изследвания.

За изследване на осевата зоналност на ендегенните геохимични ореоли в находище Мангоско (Pb-Zn скарнов и хидротермален тип) са използвани средните съдържания на 9 типохимични елемента в 3 рудни сечения на рудна зона I (Григорян и др., 1978-ф; Абрамсон, Федотова, 1976-ф). Получен е следният зонален ред (отдолу нагоре) с неуточно местоположение на повечето от елементите в него: W, Ni-Co, Mo-Cu, Zn, Pb, Ag, Ba. За оценка на аномалните сечения са предложени показателите на зоналност $k_z = \text{Ba.Ag.Pb/W.Mo}^2$ и на интензивност $k_{\text{и}} = \text{Pb.Zn.Ag/Cu.Co.Ni}$. С тези геохимични показатели е направена оценка на геохимични аномалии в находища и рудопроявления от Маданското рудно поле – Голям Палас, Рибница, Димов дол, Изворите, Страшимир, Петровица, Южна Петровица, Могилата, Осиково, Караалиев дол-север, Караалиев дол, Шахоница и други, със средна потвърждаемост при проверката им над 80% (Григорян и др., 1985-ф). Впоследствие Панайотов (1980) уточнява предложения зонален ред и го счита за единен ред на вертикална (осева) зоналност на оловно-цинковите находища от Маданския руден район (отдолу-нагоре): W, Ni-Co-Mo-Cu-Zn-Pb-Ag-Ba.

Полученият от нас чрез средните съдържания на 9-те елемента в трите рудни сечения на зона I зонален ред има вида (отдолу нагоре): Ni-W-Mo-Co-Cu-Ba-Ag-Zn-Pb и корелационната му връзка с известния ред на находището, оценена чрез ранговия коефициент на корелация на Спирман, е значима ($r = 0,95$, $r_{\text{кр}} = 0,67$ за $q = 0,05$). По геометрията на рудната зона в дълбочина монотонно намаляват 19 (от всичко възможни 36) показатели от I род, 350 (от всичко възможни 630) показатели от II род, 3236 (от всичко възможни 5880) показатели от III род. Изборът на 7–9 от тях за оценка на среза на геохимични аномалии в метриката на еталона е съвсем лесен – избраните от нас 9 показателя на зоналност имат обща геохимична характеристика Ba, Ag, Zn, Pb, Cu/Ni, Mo, W. Осевата зоналност на първичните геохимични ореоли в находището по методиката на А. П. Соловов бе оценена и чрез продуктивностите на 9-те елемента в 3 рудни сечения на рудна зона II – прободи на същите сондажи в същия напречен разрез (Абрамсон, Федотова, 1976-ф). Получен е следният зонален ред (отдолу нагоре): Co-Ag-Mo-Ni-Zn-Pb-Cu-Ba-W, значително различаващ се от обобщения единен ред на хидротермалните находища (Григорян, 1987) и от получения от нас по рудна зона I ($r = 0,02$ при $r_{\text{кр}} = 0,67$). Независимо от това с дълбочината в аномалното про-

странство на първичните геохимични ореоли на рудна зона II монотонно намаляват 14 показателя от I порядък, 240 показателя от II порядък, 2297 показателя от III порядък. Много слабата корелативна връзка между двата частни зонални реда не позволява да се построи общият им ред. По аналогия с Панайотов (1980) може полученият от нас зонален ред чрез средните съдържания на елементите да се приеме за единен ред на осевата зоналност на оловно-цинковите находища от Маданския руден район, а избраните 9 показателя на зоналност от I-III порядък: Zn/W , Cu/Ni , $Ba.Ag/Mo.W$, $Pb.Ba/Mo^2$, $Pb.Ba/Ni^2$, $Pb.Ba/Ni.Mo$, $Cu.Ba/Ni.W$, $Pb.Zn.Ba/Ni.Mo^2$, $Pb.Cu.Ba/Ni.Mo^2$ с обща геохимична характеристика $Ba, Ag, Zn, Pb, Cu/Ni, Mo, W$, да бъдат използвани за оценката им.

Вертикалната зоналност на първичните геохимични ореоли в находище Грънчарица (W скарнов и хидротермален тип) от едноименното рудно поле е изучена от различни изследователи. Проследяващата се десеткилометрова рудна зона в находището е разделена на 3 участъка – Западен, Централен и Източен, от които най-добре е проучен централния участък, в границите на който са и геохимичните изследвания за зоналността. Първоначално са използвани линейните продуктивности на 4 елемента – Pb, Zn, W, As в 5 рудни сечения на XX профил (Абрамсон, Федотова, 1976-ф), получен е следният ред (отдолу-нагоре): $W-As-Zn-Pb$ и е предложен коефициентът на зоналност $k_3 = Pb.Zn.As/W^3$. По-късно (Кербелова и др., 1979-ф, Панайотов и др., 1980) зоналността е изследвана чрез продуктивностите на 6 елемента в 8 рудни сечения на XXIV профил, получен е следният зонален ред (отдолу нагоре): $W-Mo-Bi-Be-Zn-Pb$, предложени са два коефициента на зоналност (k_3): $Pb.Zn/W^2$ и $Pb.Zn/Mo.W$, не е предлаган коефициент на интензивност (k_n).

Полученият от нас зонален ред чрез продуктивностите на 4-те елемента (отдолу нагоре): $W-As-Zn-Pb$ е идентичен с по-рано известния. Независимо от малкия брой елементи поведението на всеки един от тях в дълбочина е типично зонално, което предопределя значителният брой на монотонно изменящите се показатели на зоналност – 4 (от всичко възможни 6) от I порядък, 9 (от всичко възможни 15) от II порядък, 27 (от всичко възможни 40) от III порядък. Изборът на 9 от тях: $As/W, Zn/W, Pb/W, Zn/As, As.Zn/W^2, As.Pb/W^2, Pb.Zn/W^2, Pb.Zn^2/W^3, Pb^2.Zn/W^3$ с обща геохимична характеристика $Pb.Zn/W (As)$ позволява оценката на геохимичния срез в метриката на еталонния профил. Видът на получения чрез продуктивностите на 6-те елемента в 8-те рудни сечения на XXIV профил зонален ред (отдолу нагоре) е: $Pb-W-Mo-Bi-Zn-Be$ и силно се различава от досега известния ($r = 0,09$ при $r_{кр} = 0,81$). В него съвсем необичайно място заемат Pb и Be (в досега известния ред Be също заема несвойствено място в сравнение с обобщения зонален ред на хидротермалните находища). Нито един от възможните 15 показателя на зоналност от I порядък, 105 – от II порядък и 490 – от III порядък, не се изменя монотонно в дълбочина. Най-вероятно това се дължи на малкия брой използвани елементи (6) и големия брой нива (8), което силно затруднява „естественото“ им зонално поведение в дълбочина и намирането на монотонно изменящи се показатели на зоналност от по-високите към по-дълбоките рудни сечения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установяването на ендегенната зоналност в първичните геохимични ореоли на металогенни обекти от различен ранг е от съществено значение за успешното прилагане на търсещите геохимични методи, към използването на които в развитите страни се

забелязва трайно подновен интерес. Утвърдените и най-често прилагани две методики за изучаване на зоналното разпределение на елементите в ореолното пространство са принципино близки в частта им за получаването на зоналния ред на елементите, но се различават в предлаганите и реализирани възможности при практическото му използване за търсещи и проучвателни цели. Направен е сравнителен преглед на изследваната по методиката на С. В. Григорян от различни автори ендегенна геохимична зоналност във важни наши промишлено-генетични типове хидротермални рудни обекти, по наличните данни в които зоналността им е изследвана допълнително от нас по методиката на А. П. Соловов. Допълнителните изследвания на осевата ендегенна геохимична зоналност на първичните геохимични ореоли в различни рудни обекти от територията на страната са използвани при построяването на геолого-геохимичните им модели. Те спомогнаха за позициониране на типоморфните елементи в единната осева геохимична зоналност на първичните геохимични ореоли в златорудните находища от Панагюрско-Етрополския руден район (Бояджиев, 2007). Резултатите от тези изследвания могат да се използват и за построяване на единен зонален ред на хидротермалните находища в България по подобие на вече известния (Панайотов, 1984). Те могат да се използват и за оценка на аномалните сечения на съответните или еднотипни рудни обекти в метриката на еталонните рудни тела/зони. По този начин в метриката на еталонните находища Руен и Мали Руен – Белите сипеи от Руенското рудно поле бе оценен геохимичния срез на рудните райони и полета в площта на Краицидите и тяхната рамка (Бояджиев и др., 2008-ф). Резултатите от тези изследвания са използвани при прогнозната оценка на коренната минерализация на територията на страната по геохимични данни (Бояджиев, 2011).

Поради обективни геоложки причини (Справочник по..., 1990) чест случай в геохимичната практика е, намерен вертикален зонален ред на елементите в първичните геохимични ореоли на хидротермално находище (рудопроявление), да се различава от общоприетия им средностатистически обобщен зонален ред (Григорян, 1987). И в този случай оценката на геохимичните аномалии се извършва в установената елементарна зонална колонка чрез подходящо подбрани, в съответствие с конкретно получения зонален ред, геохимични характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

- Абрамсон, Г. Я., С. А. Сандомирский, А. Панайотов. 1980. Опыт изучения первичных ореолов свинцово-цинкового месторождения Лозен (НРБ). – В: Оценка глубокозалегающих рудных месторождений по их ореолам. М., ИМГРЭ, 116–123.
- Бояджиев, С. Д. 1985. Ендегенна геохимична зоналност на златните орудявания в находище Воздол, Челопешко рудно поле. – *Сп. БГД*, 46, 1, 6–21.
- Бояджиев, С. Д. 1985. Эндегенная геохимическая зональность полиметаллического оруденения месторождения Воздол, Челопешское рудное поле. – *Год. СУ, ПГФ*, 1, 71, 146–161.
- Бояджиев, С. Д. 1990. Формализованные геохимические модели эндогенного оруденения рудных месторождений. – *Geol. Balc.*, 20, 4, 79–94.
- Бояджиев, С., С. Стоянов. 1990. Геохимична характеристика на злато-сребърните орудявания в Западна Балкан. – В: Геология на находища на благородни метали и технологии за тяхното извличане. С., 65–66.
- Бояджиев, С. Д. 1998. Изучаване и използване на литохимичните ореоли в Осоговския руден район. – *Геол. и минер. ресурси*, 2–3, 7–12.
- Бояджиев, С. Д. 2007. Ендегенна геохимична зоналност на някои златорудни находища в Панагюрско-Етрополския руден район и ролята и за геолого-геохимичното моделиране. – В: Златото – металът на всички времена. В., 184–193.

- Бояджиев, С., В. Георгиев, Г. Желев. 2008. Обобщаване на търсещите геохимични данни за целите на металогения анализ и количественото прогнозиране (на примера на Краищидите и тяхната рамка). – *Год. СУ, ГГФ*, 1, 101, 81–106.
- Бояджиев, С. 2011. Прогнозна оценка на коренната минерализация на територията на България по геохимични данни. – *Год. СУ, ГГФ*, 1, 103, (под печат).
- Годжук, А. 1982. Зоналност на първичните геохимични ореоли в нискокристалинните метаморфити от Граматиковското рудно поле. – *Сп. БГД*, 43, 3, 258–270.
- Григорян, С. В. 1987. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведке рудных месторождений. М., Недра, 498 с.
- Дюлгер, В., Б. Илиев, В. Кербелова, Г. Л. Рубо. 1980. Применение геохимических методов для выяснения морфологии рудовмещающих структур (на примере полиметаллического месторождения Лозен в НРБ) – В: Оценка глубокозалегающих рудных месторождений по их ореолам. М., ИМГРЭ, 86–101.
- Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. 1983. М., Недра, 183 с.
- Квятковский, Е. М. 1972. Литохимические методы поисков эндогенных рудных месторождений. Л., Недра, 183 с.
- Куйкин, С., П. Попова. 1974. Първични геохимични ореоли на стратиформното оловно-цинково находище „Каламината“, Западен Балкан. – *Изв. ГИ, сер. Рудни и нерудни пол. изк.*, 23, 289–310.
- Куйкин, С., Г. Бояджиев, Н. Ненов, Е. Краварска, В. Вълчев. 1978. Елементи-индикатори на стратиформните полиметални находища тип Седмочисленици. – *Геохим. минерал. и петрол.*, 8, 82–98.
- Малаяков, Й. 1976. Тектонско положение на нискокристалинните метаморфити от Югоизточна Странджа. – *Геотект., тектонофиз. и геодинам.*, 5, 57–78.
- Матвеев, А. А., А. П. Соловов. 2011. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. Учебник для вузов. М., КДУ, 564 с.
- Методические рекомендации по количественной оценке рудных месторождений на основе геохимических данных (на примере объектов НРБ). 1990. М., ИМГРЭ, 107 с.
- Морозова, И. А. 1992. Геохимия ландшафтов и поиски полезных ископаемых. М., ИМГРЭ, 131 с.
- Овчинников, Л. Н. 1990. Прикладная геохимия. М., Недра, 1990. 248 с.
- Панайотов, А. 1980. Геохимические поиски скрытых месторождений полезных ископаемых в НРБ. – В: Оценка глубокозалегающих рудных месторождений по их ореолам. М., ИМГРЭ, 3–85.
- Панайотов, А., Б. Илиев, В. Кербелова, В. Дюлгер, Г. Я. Абрамсон, Г. Л. Рубо, Г. Э. Федотова, А. А. Шашков. 1980. Использование геохимических методов на стадиях предварительной и детальной разведки некоторых рудных месторождений НРБ. – В: Оценка глубокозалегающих рудных месторождений по их ореолам. М., ИМГРЭ, 102–115.
- Панайотов, А. И. 1984. Некоторые особенности состава и строения первичных геохимических ореолов основных типов гидротермальных рудных месторождений НРБ. – В: Материалы XXVII МКГ. М., 222–231.
- Попова, П., Р. Димитров. 1971. Вторични и първични ореоли на разсейване на елементите на участък Бук от полиметалното находище Плакалница. – *Год. ДСО „Геоложки проучвания“*, 20, 149–167.
- Соловов, А. П. 1985. Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 293 с.
- Сочеванов, Н. Н., Горелова Е. К. 1975. Расчеты и методы изображения геохимической зональности по центрам тяжести продуктивности элементов. – В: Методы обработки цифровой информации при геохимических поисках. М., ИМГРЭ, 83–90.
- Справочник по геохимическим методам поисков полезных ископаемых. 1990. М., Недра, 335 с.
- Чекваидзе, В. Б., С. А. Миляев, И. З. Исакович. 2004. Комплексная петрографо-минералого-геохимическая методика поисков золоторудных месторождений. М., Бородино-Е, 132 с.

Постъпила май 2011 г.