

Григоров С.А. (ФГБУ «ИМГРЭ»)

РУДООБРАЗОВАНИЕ, ОРЕОЛООБРАЗОВАНИЕ И ПРИНЦИПЫ МЕТАЛЛОГЕНИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ КАК ОСНОВА ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Инновационная технология поисков рудных месторождений основана на использовании фундаментальных признаков самоорганизации в геохимическом поле методом структурно-геохимического моделирования иерархической ореоло- рудообразующей системы. Критериями самоорганизации являются концентрическая структура АГХП, синхронная и латеральная зональность в контексте фрактальной дробности, сформированные в сопряженных процессах рассеяния (диссипации) и концентрирования химических элементов вне зависимости от рудной специализации и структурно-вещественного состава вмещающей среды. Приведен пример эффективной реализации технологии. Даны рекомендации в части изменения основ геохимических поисков и металлогенического картирования. **Ключевые слова:** самоорганизация, диссипация, концентрирование, структура геохимического поля, поиски рудных месторождений, таксоны, иерархия, металлогеническое картирование.*

Grigorov S.A. (IMGRE)

ORE FORMATION, AUREOLE FORMATION AND PRINCIPLES OF METALLOGENIC MAPPING AS A BASIS FOR PROSPECTING FOR ORE DEPOSITS

*The innovative technology of prospecting for ore deposits is based on the use of fundamental signs of self-organization in the geochemical field by the method of structural and geochemical modeling of the hierarchical ore — ore-forming system. The criteria of self-organization are the concentric structure of the AGCP, synchronous and lateral zoning in the context of fractal fractionality, formed in the conjugate processes of scattering (dissipation) and concentration of chemical elements, regardless of the ore specialization and the structural and material composition of the host medium. An example of effective implementation of the technology is given. Recommendations are given in terms of changing the fundamentals of geochemical prospecting and metallogenic mapping. **Keywords:** self-organization, dissipation, concentration, structure of the geochemical field, search for ore deposits, taxa, hierarchy, metallogenic mapping.*

В настоящее время не остается сомнений в части признания самоорганизации в качестве *единого* механизма формирования рудных месторождений. Вместе с тем, теоретические основы и практические приемы поисков рудных месторождений основаны на детерминированных моделях и решении обратных задач, что противоречит принципам самоорганизации [1, 6, 7]. По этой причине до настоящего времени не сфор-

мулированы общепринятые представления о критериях геометризации таксонов ореоло- рудообразующей системы, взаимосвязи между объектами на сопряженных уровнях — от планетарных и региональных до локальных. Эти обстоятельства и являются основной причиной низкой поисковой эффективности и поэтому высокой затратности поисков рудных месторождений как в России, так и в мире. *Если нет ясного представления о предмете поисков, то не следует ожидать высокую эффективность.*

Одним из ведущих методов прогнозирования месторождений полезных ископаемых (МПИ) являются металлогенические карты, принципы построения которых основаны на визуализируемой (географической!) связи различных типов рудных месторождений со структурно-вещественными комплексами геологической среды в пространстве и времени. При этом сомасштабные геохимические карты не являются обязательным приложением к металлогеническим, характеризуя критический разрыв в принципах их построения. Парадоксальное отсутствие связи между двумя видами информационных основ, направленных на решение одной задачи, обусловлено несоответствием естественной (природной) первопричины и методологии построения карт обоих видов. На геохимических картах закартированы *статистические* ареалы химических элементов в «надфоновой» концентрации, не ориентирующие на построение иерархической системы искомым объектов и на обоснование границ системы металлогенических конструкций. На металлогенических картах отсутствует геохимическое обоснование граничных критериев, а металлогенические таксоны имеют структурно-вещественные границы без учета массовой геохимической информации. В основе обеих методологий лежат умозрительные предположения о рудогенезе, зависящие от субъективных представлений авторов о причинно-следственных связях картируемых явлений. Интерпретация и экстраполяция фактических данных геохимического опробования рудных объектов по сети, исключая инвариантные толкования в контексте фундаментальных критериев самоорганизации, открывает путь для построения металлогенической основы, системная взаимообусловленность таксонов которой служит исчерпывающим доказательством их естественной природы и не зависит от субъективных авторских предпочтений [1, 2, 3, 4, 5]. Критериями самоорганизации ореоло- и рудообразования служат постоянство «формы» и множественность «содержания», поддерживая известную философскую формулу. По этой причине при ограниченном наборе структурно-морфологических форм рудных тел нет абсолютного сходства минерального наполнения ни в одном случае. Критерий формы, единой для всех таксонов иерархии, заключается в концентрически-зональном распределении химических элементов относительно центров приложения ореоло- рудообразующей энергии. В рамках концентрической структуры геохимического поля (ГП) реализуются два типа геохимической зональности — синхронный и латераль-

ный в контексте фрактальной дробности. Синхронная зональность представляет собой структурные формы геохимических полей в виде пар, триад и реже ареалов химических элементов без секущих взаимоотношений в виде пазлов, раздельная структуризация которых часто не несет отчетливой информации об аномальности искомого объекта. Синхронно-зональные взаимоотношения между химическими элементами сохраняются на всех уровнях организации системы — от мегаблоков планетарного масштаба до рудных тел и столбов без изменения, разрушая традиционные представления о геохимической зональности [3, 5]. Фрактальная структура отражает систему, таксоны которой обладают свойствами подобия, характеризуя взаимообусловленную иерархию рудных объектов. Латеральная геохимическая зональность отражает различия между таксонами одного ряда. В связи с изложенным выше сформулировано иное, чем общепринято, представление о смысловом содержании понятия «геохимическая аномалия». *Аномалией является упорядоченная структура геохимического поля, отражающая рудные объекты в естественных границах таксонов иерархического ряда (АГХП): рудный столб — рудное тело — рудная зона — рудный блок — рудное поле — рудный узел — рудный район — провинции.*

В основе структурообразующего процесса лежат *центробежный* и *центростремительный* векторы энегмомассопереноса, *сосуществующие одновременно в режиме встречных потоков энергии и вещества*, что и обеспечивает взаимообусловленную преемственность в системе «рассеяние — концентрация».

В качестве примера рассмотрим результаты опережающего прогнозирования на уровне таксона, соответствующего рудному району (РР) — рудному узлу

(РУ) и последующего сгущения сети, приведшие к открытию и локализации рудного объекта в рангах рудной зоны — рудного тела (РЗ — РТ). Перед началом полевых работ, по ретроспективным данным (потоки м-ба 1:200 000), построена региональная модель рудообразующей системы в ранге рудного района для обоснования лицензионной площади. В региональном ГП золота локализована крупная концентрически-зональная структура в ранге рудного района (РР) в составе Анюйской золотоносной металлогенической зоны (Чукотка). Наиболее крупное из известных Каральвеемское месторождение золотокварцевой формации расположено на юго-западном фланге РР. Лицензионная площадь размещена в ядре региональной АГХП (рис. 1). Тектонический каркас, контролирующий распределение ореолов золота в пределах РР, обусловлен сочетанием ортогональной и диагональной планетарной сети. Однако приоритетной является северо-западная ориентировка структур. На южном фланге РР преобладают разрывы широтного направления. В центральной части примерно в равной мере сочленяются диагональная система с меридиональной, определяя положение центра симметрии АГХП. Аналогичное строение имеет ГП олова, в ядре которого локально проявлена северо-восточная ориентировка рудоконтролирующих структур, возможно связанных с глубинным кислым магматизмом (рис. 2).

Геохимическое поле меди находится в синхронно-зональной связи с оловом и золотом, отражая генетическую междуэлементную связь в региональном ореолообразующем процессе (рис. 3). При этом ГП меди в ядре системы контролируют северо-восточные тектонические структуры, характеризуя смену тектонических планов по мере формирования

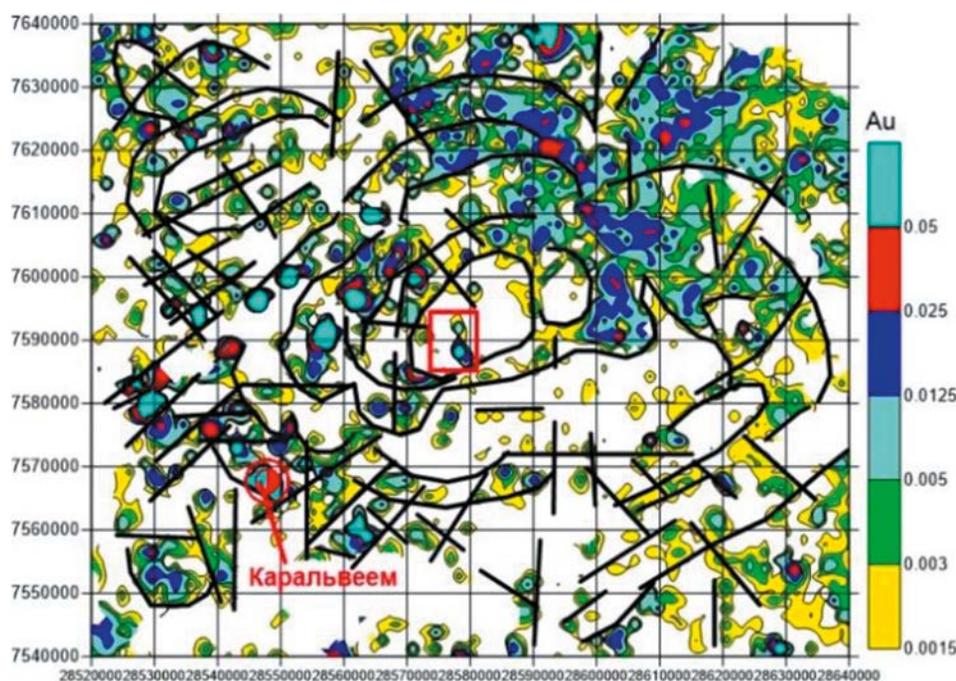


Рис. 1. Положение лицензионной площади и Каральвеемского месторождения в пределах АГХП золота первого порядка (г/т)

металлогенической конструкции первого порядка (РР — первый порядок в рассматриваемом масштабе). Концентрические структуры золота и меди в пределах РР позиционируются как отражающие иерархические уровни второго порядка, соответствующие рудным узлам (РУ). Обоснованием для выбора лицензии послужил структурно-геохимический фактор. Площадь лицензии размещена в области замыкания структуры РУ на южном фланге, несмотря на почти полное отсутствие ореолов с высокими содержаниями золота и меди [5]. В пределах лицензии выполнена детализация по потокам рассеяния (м-б 1:25 000)

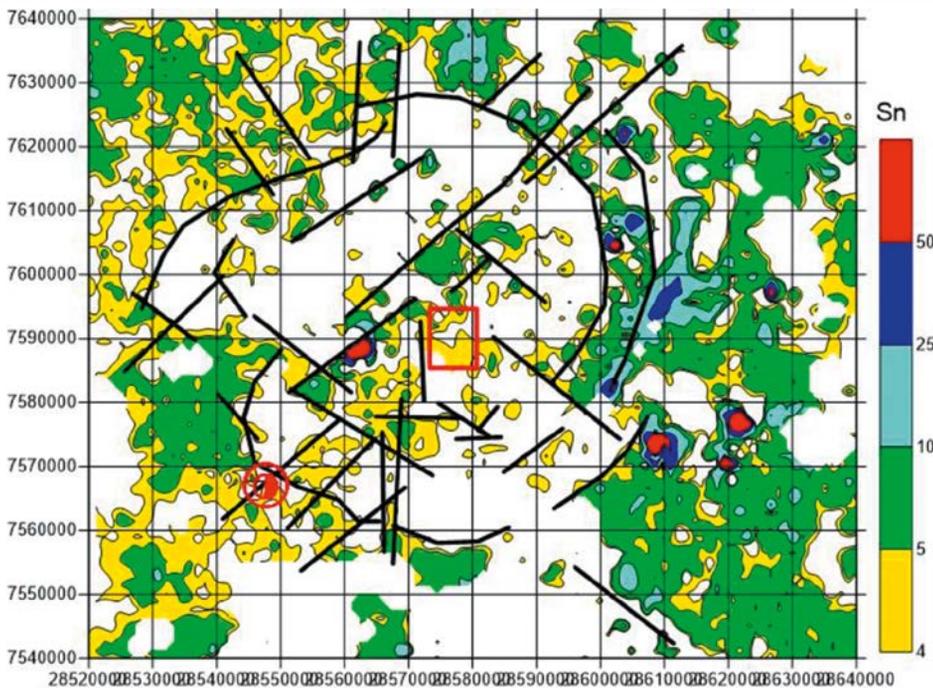


Рис. 2. АГХП олова, отражающая рудный район ($n \times 10^{-3}\%$)

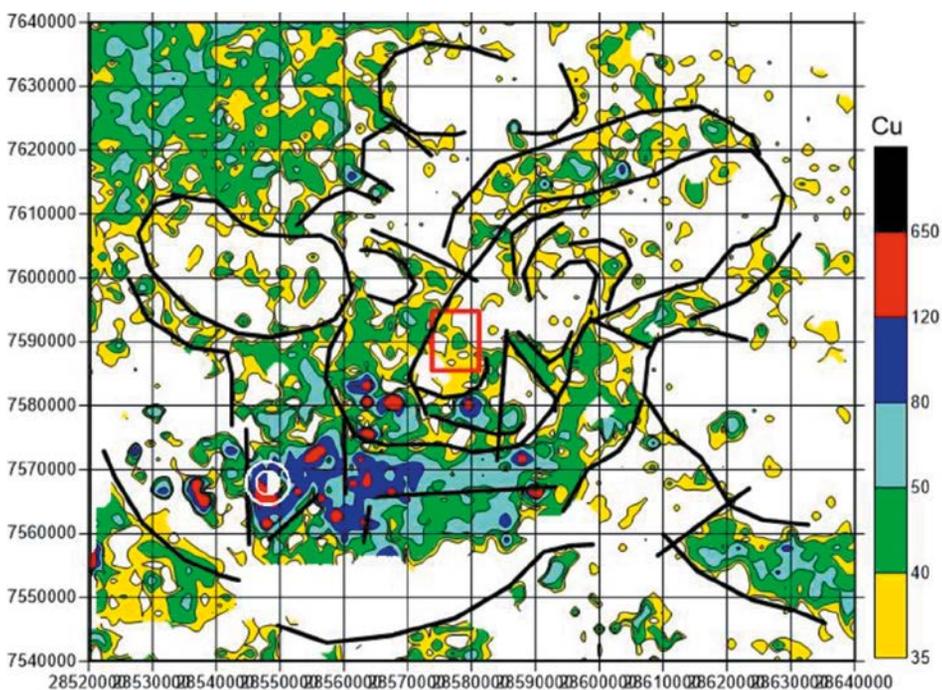


Рис. 3. Отражение рудного района в структурах синхронно-зонального ГП меди ($n \times 10^{-3}\%$)

с целью локализации объекта в ранге рудного поля (РП) — структуры ГП третьего порядка. Затем, в ядре АГХП третьего порядка проведены геохимические поиски по вторичным ореолам с трехкратным сгущением сети: 100×100 м, 50×50 м и 25×25 м. Для приведения содержаний химических элементов по потокам и вторичным ореолам к единой размерности (для картографической визуализации), вполне нормально нормирование на стандартное отклонение. Рас-

чет выполняется по формуле: $C_{\text{норм.}} = (C_i - C_{\text{гарм.}}) / S_{\text{стандарт.отклон.}}$, где: $C_{\text{норм.}}$ — нормированное содержание компонента, C_i — содержание компонента в некоторой точке, $C_{\text{гарм.}}$ — гармоническое среднее содержание по выборке в пределах области исследований, $S_{\text{стандарт.отклон.}}$ — стандартное отклонение содержаний компонента по выборке.

В результате детализации по потокам рассеяния локализована концентрическая структура АГХП, отражающая РП (рис. 4). В пределах РП распределение химических элементов подчиняется двум структурным планам, аналогично распределению в структуре ГП первого и второго порядков. Синхронно-зональная структура ГП (Ba+Au) ориентирована в северо-западном направлении и занимает фронтальную позицию относительно медь-свинец-цинк-мышьякового ядра, ориентированного в северо-восточном направлении. Структурно-геохимическая конструкция указывает на очевидный приоритет полиметаллической минерализации в минерации РП, золото в которой находится в подчиненном положении, что весьма характерно для медно-полиметаллических месторождений. Положение ядра системы в ранге РП послужило основанием для размещения сети регулярного опробования вторичных ореолов. Геохимическое поле серы является наиболее полным выражением морфоструктуры АГХП. В структуре ГП серы, как общего показателя сульфидного процесса, отражена типичная конструкция «бабочка», визуализируя направления конвективных потоков энергии и вещества в пространстве РП (рис. 5). Положение ядра системы указывает на размещение рудного объекта четвертого порядка в ранге рудной зоны (РЗ) — *конечной цели общих поисков*.

В ядре АГХП, локализованной по потокам рассеяния, выполнены поиски по вторичным ореолам, приведшие к обнаружению и геометризации рудной

зоны. Во вторичных ореолах, *с исчерпывающей полнотой*, локализована рудная зона в пределах вулканотектонической структуры правильной кольцевой формы. Главное рудное тело (РТ) представляет собой в иерархической (фрактальной) структуре объект пятого порядка (рис. 6). ГП порообразующего кальция сформировано относительно субвулканических тел, указывая на положение материнских магматических центров (рис. 7). Обращает на себя внимание тот факт, что при полном сходстве визуальных характеристик субвулканических тел и наличии большого количества подобных образований в непосредственной близости, их металлогеническое значение кардинально отлича-

ется. Относительно одних сформировано оруденение, а относительно других — нет. Рудная зона размещена между двумя центрами рудно-магматической системы (РМС) в области минимальных концентраций кальция, характеризую положение общих центров структурно-геохимической упорядоченности на уровне РЗ. В совокупности рудные объекты на уровне РЗ слагают фрактальную структуру по типу разложенной в ряд «матрешки», в то время как на региональном уровне визуализируется фрактальная структура АГХП по типу собранной «матрешки». Главное рудное тело расположено в раздвиге ГП меди (в центре симметрии) и сопровождается рудными сателлитами, примыкающими к

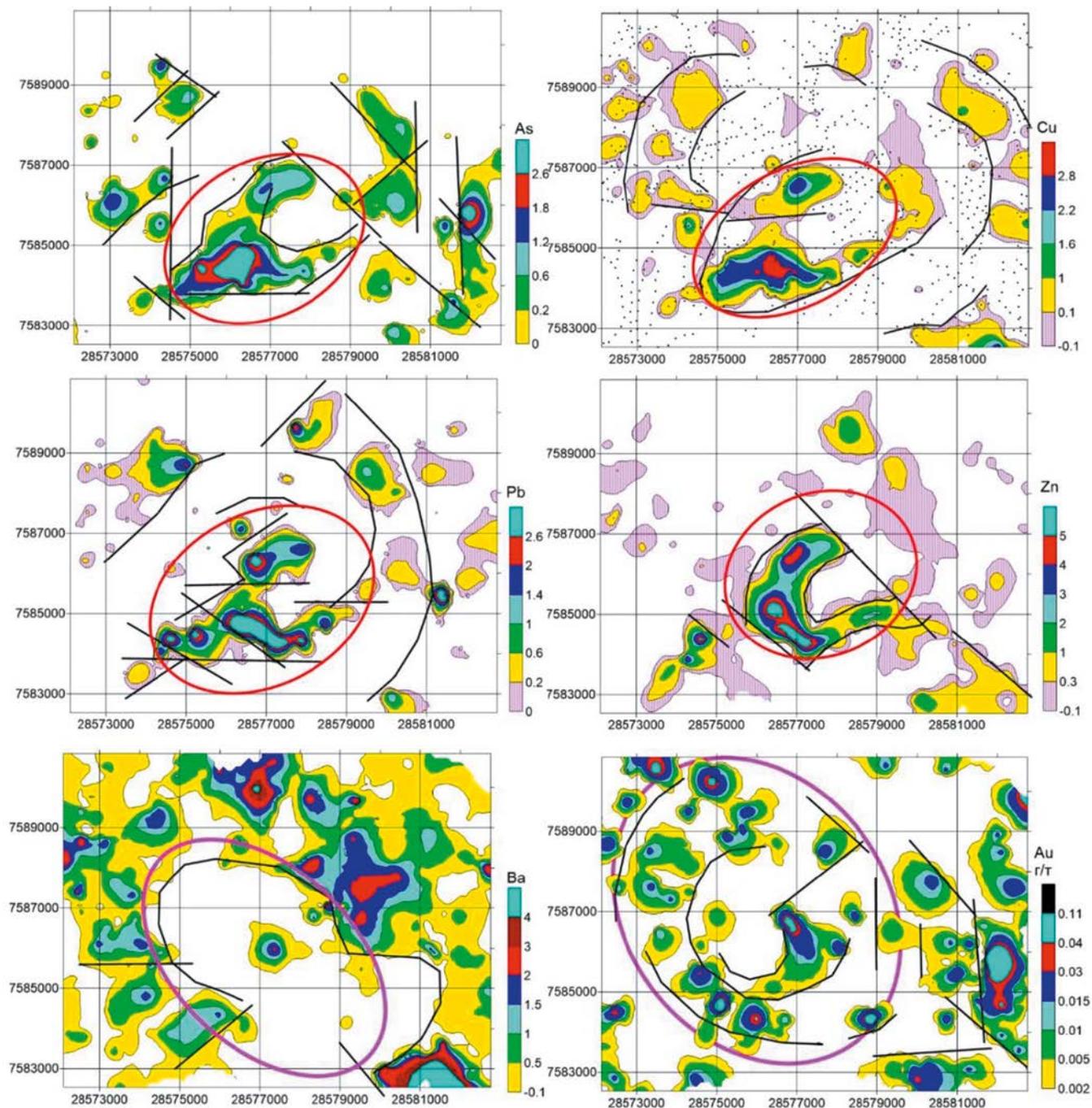


Рис. 4. Структуры ГП химических элементов, отражающих рудное поле «Останцовое» (в усл. ед.)

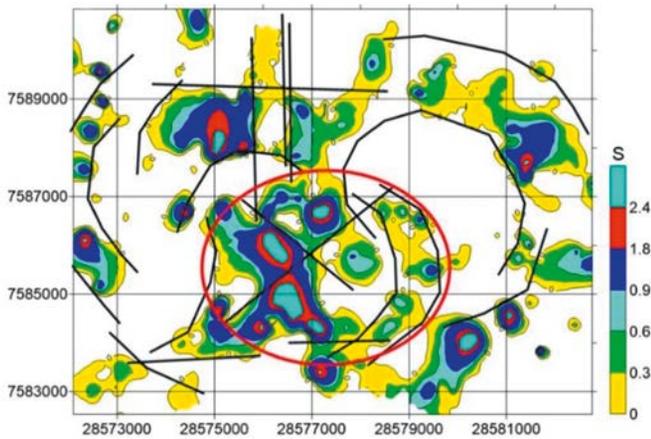


Рис. 5. Отражение рудного поля и рудной зоны «Останцовая» в ГП серы

нему по периметру. В центре фрактальной симметрии всегда располагается главный рудный объект, содержащий около 70 % запасов минерального вещества. Общая протяженность РЗ составляет 5000 м, что соответствует весьма крупным объектам с ресурсами $n \times 1$ млн т условной меди (кат. P_2).

Геолого-тектоническим выражением АГХП служит кольцевая структура, в ядре которой размещено субвулканическое тело дацитов. Оно является магматическим центром РМС и центром геохимической зональности четвертого порядка (рис. 7). Общее представление о содержании полезных компонентов дает фотография сульфатных (сезонных) выделов на поверхности в пределах главного РТ (рис. 8). Размер кристаллов достигает сантиметров, характеризую очень высокий уровень концентрации сульфидных

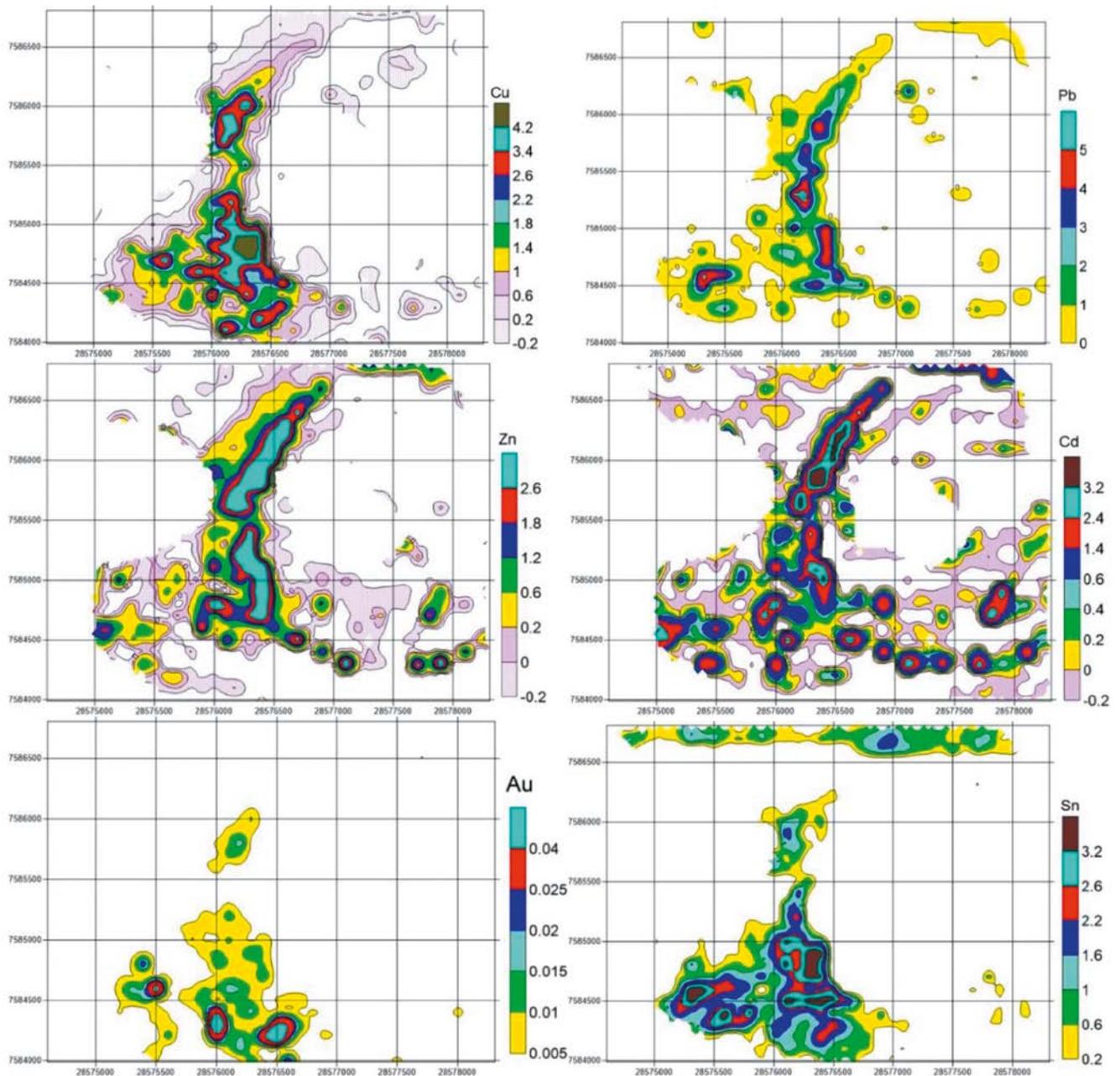


Рис. 6. Отражение рудной зоны «Останцовая» в структурах ГП рудных элементов

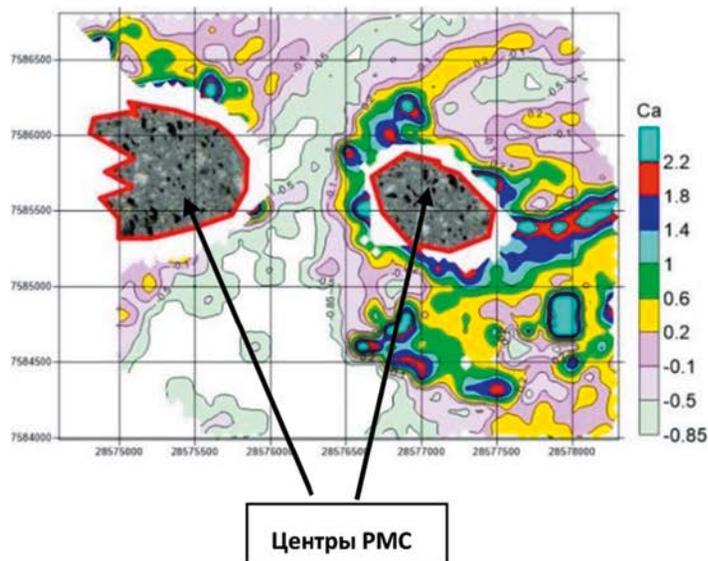
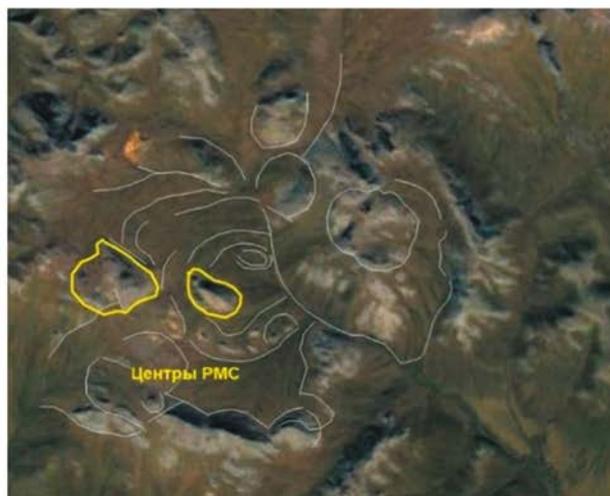


Рис. 7. Структурный каркас РП и РЗ на фотоплане и отражение магматических центров РМС в структуре ГП кальция



Рис. 8. Сульфатные высолы над рудным телом

минералов в коренном залегании (массивная, сливная руда). Главное РТ занимает площадь 500×500 м, что соответствует размерности весьма крупных месторождений меди и полиметаллов, поддерживая количественную оценку ресурсов на уровне $n \times 1$ млн т при содержании условной меди не менее 1,5 %.

Основными рудными компонентами являются медь, цинк, свинец и золото. Следует полагать присутствие широкого набора попутных компонентов (редких и рассеянных), характерных для медно-полиметаллических (колчеданных?) месторождений окраинных зон вулканической активности. Месторождения этого типа отличаются высокими содержаниями рудных элементов. Содержания меди (до 0,6 %), цинка (до 1,25 %) и свинца (до 1,0 %) во вторичных ореолах достигают промышленных значений, указывая на высокое качество первичной руды.

Выводы

1. Поиски, проведенные в кратчайшие сроки (1 год) в условиях арктического мелкогорья, завершились обнаружением и локализацией рудного объекта в рамках рудной зоны-рудного тела с *исчерпывающей полнотой*. Объект подготовлен для проведения разведочных работ и геолого-экономической оценки на стадии ТЭО временных кондиций.

2. Методика поисков рудных месторождений путем картирования продуктов самоорганизующейся рудообразующей системы не имеет аналогов в России и за рубежом, отличается высокой поисковой эффективностью и низкой затратностью.

3. Искомые рудные объекты в рамках РП и РЗ, несмотря на высокие содержания рудных элементов во вторичных ореолах, не обнаруживаются в региональных потоках рассеяния (в м-бе 1:200 000) по признаку локализации (визуализации) надфоновых содержаний (традиционные геохимические аномалии). Отсюда следует необходимость кардинального пересмотра общепринятой модели формирования потоков рассеяния, определения аномальности на основе надфоновых содержаний химических элементов, анализа и интерпретации аналитических данных геохимического опробования разных видов и масштабов.

4. Потоки рассеяния формируются за счет минерализации, сформированной в процессах *центробежного* энергопереноса (на промежуточных коллекторах) относительно центров ореолообразования. Процесс *накопления* минерального вещества формируется одновременно с *центробежной* дифференциацией (ореолообразование) в условиях *центростремительного* (встречного) перемещения энергии и вещества (рудообразование), конечным продуктом которого являются рудные зоны и рудные тела.

5. Прямые геологические наблюдения не обеспечивают адекватную поисковую эффективность и играют роль вспомогательной поддержки геохимическим поискам.

6. Металлогеническое районирование территорий с целью поисков рудных месторождений должно быть основано на принципах построения таксонов самоорганизующейся системы в ряду: металлогеническая зона — металлогеническая область — рудный район — рудный узел — рудное поле — рудная зона — рудное тело (месторождение по результатам ТЭО кондиций). Критерии локализации металлогенических таксонов (геохимические, геофизические, геологические) должны соответствовать фундаментальным свойствам самоорганизации как единственного, необратимого и универсального способа формирования рудных объектов.

7. Аниюская металлогеническая зона образована в перивулканической зоне Охотско-Чукотского вулканического пояса и имеет *медно-полиметаллическую специализацию* золотого оруденения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григоров, С.А. Локализация таксонов геохимического поля ореолообразующей и рудообразующей системы в масштабах 1:1 000 000 — 1:2 000 (структурная геохимия) / С.А. Григоров. — М.: ИМГРЭ, 2018. — 169 с.
2. Григоров, С.А. Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 90-летию ИГЕМ РАН «Породо-, минерало- и рудообразование: достижения и перспективы исследований». Геохимические критерии идентификации таксонов самоорганизующейся рудообразующей системы. Факты, выводы, практический результат / С.А. Григоров. — Москва, ИГЕМ РАН, 23–27 ноября 2020 г.
3. Григоров, С.А. Структурно-геохимическое районирование Арктического сектора Российской Федерации / С.А. Григоров, А.А. Кременецкий, И.Г. Спиридонов, А.Г. Пилицин // Разведка и охрана недр. — 2019. — № 1. — С. 35–39.
4. Григоров, С.А. Парадоксы геохимических поисков сверхкрупных месторождений / С.А. Григоров // Руды и металлы. — 2016. — №1. — С. 11–14.
5. Григоров, С.А. Геохимическая разведка рудных месторождений / С.А. Григоров, П.И. Кушнарев // Недропользование XXI век. — 2010. — № 5. — С. 26–33.
6. Иванюк, Г.Ю. Самоорганизация рудных комплексов / Г.Ю. Иванюк, П.М. Горяинов. — М.: Геокарт-Геос, 2009. — С. 392.
7. Пригожин, И. Время, хаос, квант / И. Пригожин, И. Стенгерс. — М.: Прогресс, 1994. — 272 с.

© Григоров С.А., 2021

Григоров Сергей Александрович // grigorovrim@mail.ru

УДК 550.8.053:519.2

Зиёмов Б.З.¹, Хусамиддинов А.С.², Садиров Ф.Х.², Ахмедов Ш.Б.¹ (1 — Ташкентский государственный транспортный университет, 2 — Институт сейсмологии им. Г.А. Мавлянова АН РУз)

К ПРОБЛЕМЕ ТЕКТОНИКИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ТЕРРИТОРИИ ГИССАРСКИХ ГОР ЮЖНОГО УЗБЕКИСТАНА

В работе дано современное представление о тектоническом строении и характеристиках разрывов юго-западной части Гиссарских гор на основе исследований

флексурно-разрывных зон, больших скачков поднятий и опусканий, поверхностных смещений отложений по направлениям северо-восток и юго-запад. Рассмотрены причины этих явлений и выделены крупные структурные единицы с перекрытием зоны множеств разрывов.
Ключевые слова: тектоника, разлом, мегаантиклиналь, фундамент, геодинамика, земная кора, тектонические блоки, новейшая тектоника, флексура, землетрясение.

Ziyomov B.Z.¹, Khusamiddinov A.S.², Sadirov F.H.², Akhmedov Sh. B.¹, (1 — Tashkent State Transport University, 2 — Institute of Seismology, RUz Academy of Sciences)

TO THE TECTONIC PROBLEM OF THE SOUTH-WESTERN TERRITORY HISSAR MOUNTAINS OF SOUTHERN UZBEKISTAN

Tectonic structure and characteristics of ruptures in the southwestern part of the Hissar mountains. The article presents the current state of the tectonic structure and characteristics of ruptures in the southwestern part of the Hissar mountains, exploring mainly flexural-rupture zones, large jumps of uplifts and subsidence, surface displacements developing in the northeast, also southwest directions. The reasons are presented and large structural units with overlapping zones of multiple ruptures are identified. **Keywords:** tectonics, fault, mega-anticline, foundation of geodynamics, earth, crust, tectonic blocks rushing, tectonic, earthquake flexure.

Обоснование. Гиссарские горы и их юго-западные отроги представляют собой современную сейсмо-тектоническую активную зону с соответствующим геологическим строением, тектоникой и составом геологических образований.

На современном этапе экономического развития Узбекистана меняется инфраструктура его регионов, строятся новые промышленные объекты и населенные пункты, прокладываются железнодорожные пути и автомагистрали, ведутся поиски, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. Промышленное развитие страны делает необходимым изучение геологического строения регионов, их тектонических элементов, крупных разрывных структур, геоморфологии, гидрогеологии, инженерно-геологических условий, что особенно важно для сейсмоактивных районов. К числу таких районов относятся и юго-западные территории Гиссарских гор, где проблемы сейсмических рисков на локальном уровне не были решены. В связи с этим проведенные авторами исследования были направлены на решение этой актуальной проблемы.

Результаты работ. Многие исследователи (М.А. Ахмеджанов, О.М. Борисов, В.С. Буртман, В.И. Старостиев и др.) рассматривают юго-западные отроги Гиссарского хребта как альпийскую мегаантиклиналь на южной границе Западного Тянь-Шаня. Роль мегаантиклинали (Байсунская) в современной структуре Тянь-Шаня интерпретируется как дополнительное следствие герцинского тектогенеза. Чрез-