

ЛИТЕРАТУРА

1. Линде, Т.П. Литий России: состояние, перспективы освоения и развития минерально-сырьевой базы / Т.П. Линде, О.Д. Ставров, Н.А. Юшко и др. // Минеральное сырье. Серия геолого-экономическая. — 2000. — № 6. — 116 с.
2. Ткачев, А.В. О происхождении зональности пегматитов / А.В. Ткачев // Отечественная геология. — 1994. — № 7. — С. 52–58.
3. Ткачев, А.В. Металлогеническая эволюция гранитного пегматито-генеза в истории Земли: основные тенденции и вероятные причины / А.В. Ткачев // Бюллетень МОИП, сер. геол. — 2011. — Т. 86. — № 1. — С. 41–57.
4. Ткачев, А.В. Крупнейшие мировые миоцен четвертичные бор-литиевые провинции. Статья 3. Геодинамический сценарий формирования / А.В. Ткачев, Т.В. Романюк // Бюлл. МОИП, отд. геологич. — 2010. — Т. 85. — Вып. 1. — С. 27–47.
5. Ткачев, А.В. Глобальные тенденции в эволюции металлогенических процессов как отражение суперконтинентальной цикличности / А.В. Ткачев, Д.В. Рундквист // Геология рудных месторождений. — 2016. — Т. 58. — № 4. — С. 295–318.
6. Ткачев, А.В. Веб-ГИС «Крупнейшие месторождения мира» / А.В. Ткачев, С.В. Булов, Д.В. Рундквист и др. // Геоинформатика. — 2015. — № 1. — С. 47–59.
7. Bradley, D.C. Passive margins through earth history / D.C. Bradley // Earth-Science Reviews. — 2008. — V. 91. — P. 1–26.
8. Christmann, P. Chapter 1 — Global lithium resources and sustainability issues / P. Christmann, E. Gloaguen, J.-F. Labbé et al. // Lithium Process Chemistry: Resources, Extraction, Batteries and Recycling. A. Chagnes & J. Światowska (eds.). Elsevier, Amsterdam, 2015. — P. 1–40.
9. Condie, K.C. Preservation and recycling of crust during accretionary and collisional phases of Proterozoic orogens: a bumpy road from Nuna to Rodinia / K.C. Condie // Geosciences. — 2013. — V. 3. — P. 240–261.
10. Duarte, J.C. The future of Earth's oceans: consequences of subduction initiation in the Atlantic and implications for supercontinent formation / J.C. Duarte, W.P. Schellart, F.M. Rosas // Geological Magazine. — 2018. — V. 155 (1). — P. 45–58.
11. Gumsley, A.P. Timing and tempo of the Great Oxidation Event / A.P. Gumsley, K.R. Chamberlain, W. Bleeker et al. // PNAS, 2017. — V. 114 (8). — P. 1811–1816.
12. Kesler, S.E. Global lithium resources: relative importance of pegmatite, brine and other deposits / S.E. Kesler, P.W. Gruber, P.A. Medina, G.A. Keoleian, M.P. Everson, T.J. Wallington // Ore Geology Reviews. — 2012. — V. 48. — P. 55–69.
13. Labrosse, S. Thermal evolution of the Earth: secular changes and fluctuations of plate characteristics / S. Labrosse, C. Jaupart // Earth Planet. Sci. Letters. — 2007. — V. 260. — P. 465–481.
14. McCauley A., Bradley D.C. The global age distribution of granitic pegmatites / A. McCauley, D.C. Bradley // Canadian Mineralogist. — 2014. — V. 52. — P. 183–190.

© Ткачев А.В., Рундквист Д.В., Вишневская Н.А., 2018

Ткачев Андрей Владимирович // a.tkachev@sgm.ru; avtkachev@mail.ru
Рундквист Дмитрий Васильевич // dvr@sgm.ru
Вишневская Наталья Анатольевна // 200962@mail.ru

УДК 550.84

Григоров С.А. (ФГБУ «ИМГРЭ»)

СТРУКТУРЫ ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ЛОКАЛИЗАЦИИ И РАНЖИРОВАНИЯ РУДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА СТАДИИ СРЕДНЕМАСШТАБНЫХ ПОИСКОВ

Эффективность поисков рудных месторождений может быть кардинально увеличена путем структурно-геохимического анализа исходных данных. Структура автономного геохимического поля ореолообразующей и рудообразующей систем является самодостаточным инструментом идентификации и оценки рудных объектов на стадии среднemasштабных поисков без привлечения

дорогостоящих геологических и геофизических исследований. Ключевые слова: поиски рудных месторождений, структура геохимического поля, концентрическая зональность, фрактальная структура, локализация, ранжирование, рудные узлы, рудные поля.

Grigorov S.A. (IMGRE)

THE STRUCTURES OF GEOCHEMICAL FIELDS, AS A TOOL FOR LOCALIZATION AND RANKING OF ORE OBJECTS AT THE STAGE OF MEDIUM-SCALE SEARCHES

The efficiency of prospecting for ore deposits can be cardinally increased by a structural-geochemical analysis of the initial data. The structure of the autonomous geochemical field of the halo-forming and ore-forming system is a self-sufficient tool for identifying and evaluating ore objects at the stage of medium-scale searches, without involving costly geological and geophysical studies. Keywords: searches for ore deposits, geochemical field structure, concentric zoning, fractal structure, localization, ranking, ore sites, ore fields.

Среди практических задач поисковой геологии на первом месте стоит обоснование локализации рудных узлов и рудных полей как основы для оценки состояния ресурсов полезных ископаемых, государственного учета и управления минерально-сырьевой базой страны.

Эмпирический опыт системного исследования структур геохимических полей и хорошо изученных рудных объектов позволяет утверждать, что формирование обширного класса рудных месторождений является продуктом необратимого нелинейного, прерывисто-непрерывного процесса эволюции геохимического поля рудообразующей системы. Концептуальным обоснованием является фундаментальная теория самоорганизации в процессе рассеяния (диссипации) энергии и вещества, применимая к любым системам в живой и неживой природе*. Законы самоорганизации из всего класса естественных наук не приемлет только поисковая геология и металлогения, традиционно основанные на исторических принципах и линейных моделях. Несоответствие законов природы и традиционных поисковых моделей является основной причиной низкой эффективности поисков вообще и решения прикладных задач геологии, в частности. На реальных примерах установлено, что рудные объекты в иерархическом ряду от рудных узлов до рудных тел адекватно отражаются в упорядоченных структурах геохимических полей, которые и являются аномалиями. Критериями локализации и ранжирования таксонов иерархической системы рудообразования служат четыре основных вида геохимической зональности в контексте фрактальной структуры: концентрическая зональность центробежного и центростремительного типа, синхронная зональность и латеральная зональность. **Фрактальная структура** представляет собой системы таксонов в

* Пригожин И.Р., Стенгерс И. Время, хаос, квант. — М: Прогресс, 1994. — 272 с.

виде разложенной в ряд или собранной матрешки, каждый из которых подобен по форме, но бесконечно разнообразен по набору элементов, что объясняет неповторимое многообразие минерального состава месторождений и характеризует геохимическую (рудную) специализацию. Самый крупный таксон в *линейном* ряду фрактальной дробности может быть *только один*, и он содержит около 70 % ресурсов и запасов минеральной компоненты на каждом иерархическом уровне. Концентрическая зональность *центробежного типа* формируется в процессе рассеяния химических элементов относительно центров приложения внешней энергии. Концентрическая зональность *центростремительного типа* образуется в границах замкнутого пространства рудообразующей камеры за счет внутренней энергии и направлена от периферии к центру. *Синхронная зональность* характеризует взаимоотношения пар, триад и более геохимических полей, сопряженных между собой без наложений в виде пазлов в контексте концентрических структур и фрактальной дробности. Синхронно-зональные взаимоотношения сохраняются без изменения в каждом таксоне системы. В этой связи сформулировано иное, чем общепринятое, представление о содержании понятия «аномалия геохимического поля». *Аномалией является высокоупорядоченная структура геохимического поля, отражающая рудные объекты в естественных границах таксонов иерархического ряда: рудный столб — рудное тело — рудная зона — рудное поле — рудный узел — рудный район. Самоорганизация исключает какую-либо иную конфигурацию структуры иерархического геохимического поля ореолообразующей и рудообразующей систем!*

В рамках указанных критериев геохимические поля рудных объектов представляют собой концентрические морфоструктуры, что служит обоснованием природных границ, рудной специализации, оценки локализованных прогнозных ресурсов кат. P_3 и P_2 , оценки полноты поисковой изученности и других характеристик прикладного плана. Физические размеры и концентрическая зонально-волновая структура таксонов системы служат основанием для ранжирования локализованных объектов по относительному минерагеническому потенциалу и позволяют на ранней стадии поисков отбраковывать рудопроявления и концентрировать ГРП на объектах первой очереди.

Иллюстрацией изложенной концепции может служить структурно-геохимический анализ, выполненный на площади Тенькинской золотоносной зоны (в ранге рудного района), расположенной в Колымском регионе. Золотоносная зона приурочена к одноименному тектоническому разлому, ко-

торый послужил геологическим обоснованием для ее локализации. В пределах зоны за 80 лет поисков открыты многочисленные россыпи золота, рудопроявления и месторождения разной размерности, включая уникальное Наталкинское месторождение. Известные в настоящее время объекты образуют отдельные группы, послужившие основанием для традиционного выделения серии рудных узлов. Однако, несмотря на высокую поисковую и геологическую изученность, не сформулированы представления о границах рудных узлов, нет обоснования полноты поисковой изученности и обоснованного представления об относительном минерагеническом потенциале золотоносности. Как следствие, не обоснована количественная оценка прогнозных ресурсов и нет основы для плана перспективного развития территории. Последнее особенно важно в связи с вводом в эксплуатацию Павликовского и планируемого ввода Наталкинских месторождений. Для гармоничного развития инфраструктуры этой территории требуется ясное представление о минерагеническом потенциале всей зоны в целом. На решение этой задачи и направлен структурно-геохимический анализ.

Анализ выполнен по данным геохимических поисков по потокам рассеяния в масштабе 1:200 000. Плотность и равномерность сети опробования исключают пропуск объектов в ранге рудных узлов и крупных рудных полей, что обеспечивает должную полноту исследований.

В контексте критериев структурно-геохимического моделирования ореолообразующей системы в геохимическом поле (ГП) золота при фоновом содержании менее 0,003 г/т обнаруживается одна кольцевая структура, замкнутая по периметру, которая позиционируется как аномалия ГП, отражающая Омчакский рудный узел (РУ), расположенный в центре Тенькинской зоны (рис. 1).



Рис. 1. Структура геохимического поля золота, отражающая Тенькинскую золотоносную зону

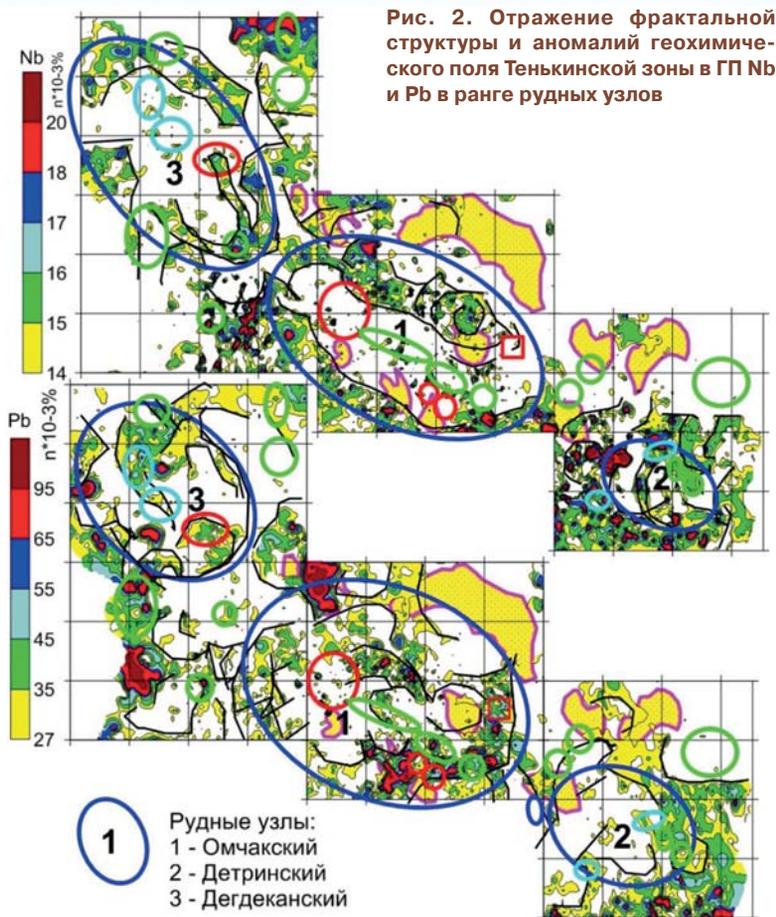


Рис. 2. Отражение фрактальной структуры и аномалий геохимического поля Тенькинской зоны в ГП Nb и Pb в ранге рудных узлов

На западном и восточном флангах зоны в связи с известными месторождениями и рудопроявлениями поле золота (в этом масштабе) не образует концентрических структур, что свидетельствует о меньшей энергетике рудообразующего процесса и, следовательно, меньшем потенциале фланговых объектов. Но уже в структурах синхронно-зональных ГП ниобия и свинца отражены три аномалии на уровне рудных узлов. Система таксонов имеет фрактальную структуру, в которой главный таксон расположен в центре зоны и отражает Омчакский РУ. На западном фланге зоны расположен Дегдеканский РУ, а на восточном фланге — Детринский РУ. Все известные месторождения, рудопроявления и контрастные ореолы золота размещены либо внутри кольцевых конструкций, либо в пределах областей фронтального концентрирования (рис. 2).

Относительные размеры позволяют ранжировать рудные узлы по минерагеническому потенциалу в последовательности: Омчакский (1600 км²) — Дегдеканский (1200 км²) — Детринский (600 км²). В итоге локализованы и ранжированы по относительному приоритету рудные объекты, характеризующие исчерпывающую полноту поисковой изученности Тенькинской золотоносной зоны.

Плотность опробования позволяет исследовать внутренне геохимическое строение рудных узлов и получить ориентировочные характеристики рудных полей в их составе.

В пределах Омчакской аномалии в ядре концентрически-зональной структуры ГП золота и ниобия расположены ореолы золота, отражающие положение известных и прогнозируемых объектов в ранге рудных полей (рис. 3).

Для полной и исчерпывающей оценки золотоносности на уровне рудных полей необходимо провести геохимические поиски в масштабе 1:50 000. Однако наиболее крупное Наталкинское рудное поле отражено аномалией в масштабе 1:200 000, характеризующая раз-

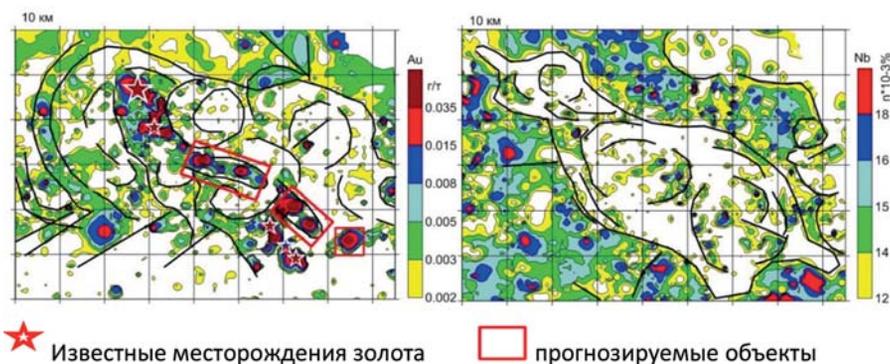


Рис. 3. Геохимическое строение Омчакского РУ в структурах ГП золота и ниобия

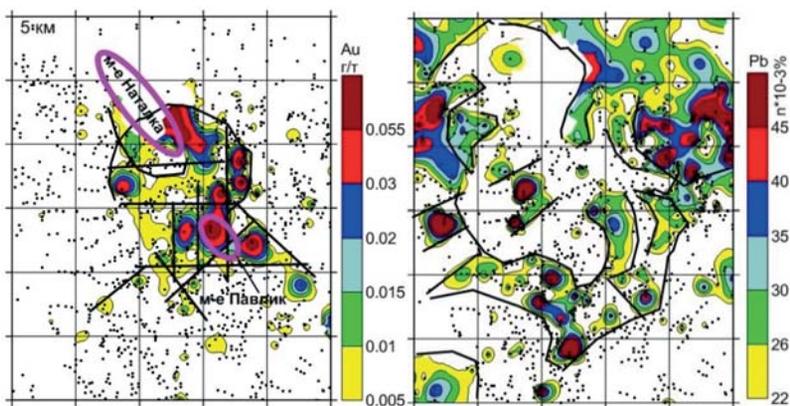


Рис. 4. Концентрически-зональная аномалия золота и свинца, отражающая Наталкинское рудное поле в потоках рассеяния

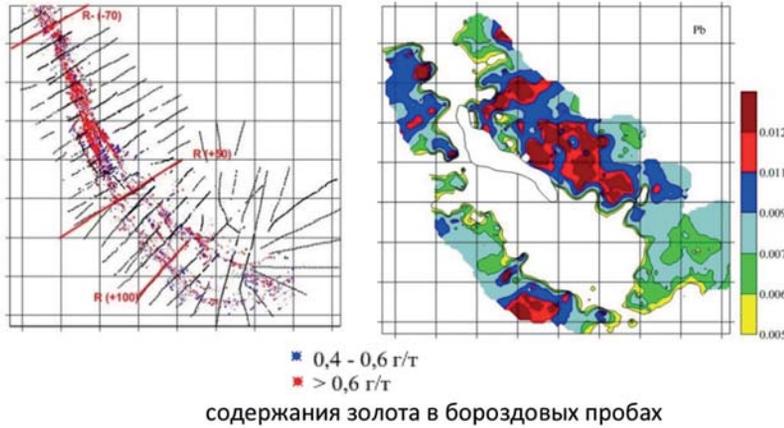


Рис. 5. Концентрически-зональная структура Наталкинского мегаштокверка в структурах ГП золота (на плане опробования) и свинца (в %)

решающую способность геохимических поисков по потокам рассеяния в условиях центральной Колымы (рис. 4).

Концентрически-зональная структура ГП золота и свинца, замкнутая по периметру, характеризует пространственное положение и размеры Наталкинского рудного поля, в котором размещены уникальное Наталкинское и крупное Павловское месторождения с суммарными запасами более 2000 т золота. Площадь рудного поля составляет около 250 км². Линейные структурно-геохимические ограничители характеризуют генеральные северо-западное и северо-восточное простирание контролирующих тектонических структур, что необходимо учитывать при планировании детальных поисков и разведки.

В первичных ореолах на стадии разведки сохраняется концентрически-зональная структура в ГП золота и свинца, в которой мегаштокверк расположен в ядре структурно-геохимического ансамбля (рис. 5).

Дегдеканский рудный узел отражен синхронно-зональной структурой ГП золота и ниобия, площадью около 1200 км². В ядре аномалии расположена серия островных ореолов, характеризующая положение объектов в ранге рудных полей (рис. 6). Контрастные ореолы золота за пределами ядра системы отражают объекты в ранге рудопроявлений, так как

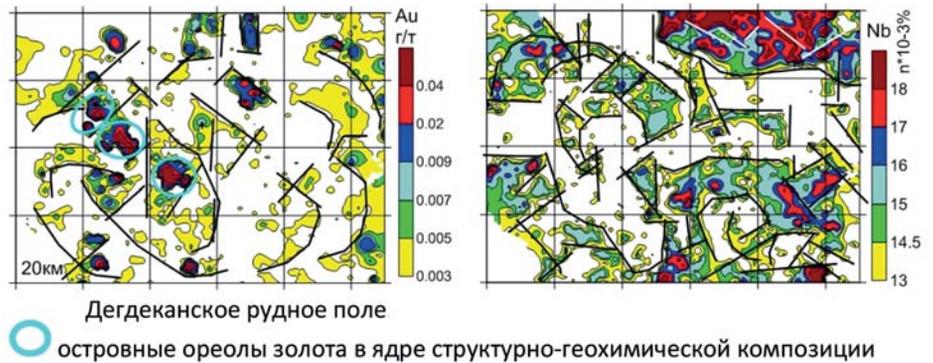


Рис. 6. Концентрически-зональная структура АГП, отражающая Дегдеканский РУ

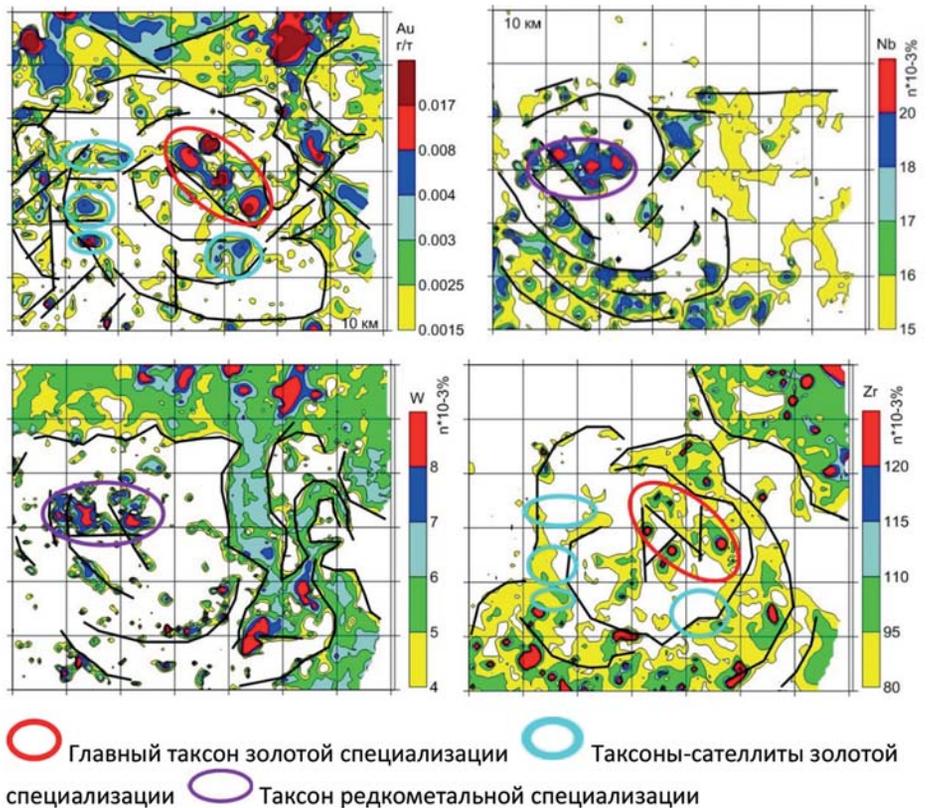


Рис. 7. Отражение Детринского полиформационного РУ в структурах ГП золота, ниобия, циркония и вольфрама

располагаются в области фронтального концентрирования рудных и породообразующих элементов.

Детринский рудный узел отражен концентрической, синхронно-зональной структурой ГП (золото + ниобий + цирконий) и (вольфрам + ниобий), формирующими полиформационный структурно-геохимический ансамбль с «золотым» и «вольфрам-ниобиевым» ядрами (рис. 7).

Критерием продуктивных геохимических полей и рудной специализации служат положение и геохимический состав в ядре концентрической структуры. На периферии аномалии ГП в области фронтального концентрирования локализуются

мелкие объекты и рудопроявления в виде таксонов-сателлитов.

В итоге структурно-геохимического анализа перспективная территория получила *полную и исчерпывающую* оценку минерагенического потенциала на золото. Установлено, что среднемасштабные геохимические поиски без привлечения какой-либо иной геологической и геофизической информации выполнили целевое назначение в части локализации и ранжирования таксонов ореолообразующей системы, отражающих рудные узлы. Определены объекты для проведения детальных поисков в пределах концентров (ядер) аномалий с целью локализации и оценки рудных полей и крупных рудных зон.

Количественная оценка *локализованных* прогнозных ресурсов кат. P₃ оценивается через площадь ядра АГП в границах внутреннего контура области фронтального концентрирования. Площади ядер АГП (в ГП ниобия) Тенькинской зоны примерно составляют: Дегдеканский РУ — 1200 км², Омчакский РУ — 1600 км², Детринский РУ — 600 км². Следует иметь в виду, что выбор элемента для прогнозной оценки не имеет строго обоснования. В ГП разных элементов площадь аномалий варьируется в широких пределах. Например, в «золоте» площадь Омчакской АГП составляет 2400 км², что в полтора раза превышает площадь аномалии в ГП ниобия. Приоритет имеют те элементы, которые формируют замкнутые концентрические структуры на сравниваемых объектах, а само сравнение допустимо в границах аномалий одного элемента.

Прогнозная оценка *локализованных* ресурсов золота кат. P₃ в пределах Тенькинской золотоносной зоны составляет:

1. Омчакский РУ — n·1000 т (потенциал реализован на 70 %).
2. Дегдеканский РУ — n·100 т (потенциал реализован на 50 %).
3. Детринский РУ — n·10 т (потенциал не реализован).

Таким образом, *нереализованный потенциал золотоносности Тенькинской золотоносной зоны на площади, обеспеченной развитой инфраструктурой, составляет сотни тонн золота.*

Приоритетными являются прогнозируемые объекты в пределах Омчакского рудного узла, организация (лицензирование) системных поисков на которых отвечает государственным интересам. Исчерпывающее представление о состоянии МСБ Тенькинской золотоносной зоны позволяет оптимизировать стратегию и тактику рационального развития горнодобывающего кластера, способного с кратным превышением заместить угасающую добычу россыпного золота.

Выводы

Синхронно-зональные связи не разрушаются при междууровневых переходах, накладываясь на различные структурно-вещественные комплексы вмещающей среды. Подобное физическое явление служит *исчерпывающим* доказательством автономности первичного планетарного геохимического поля. Что само по

себе требует пересмотра догматов традиционных (линейных) прогнозно-металлогенических построений во всех аспектах научной, учебной и прикладной деятельности.

Геохимический метод в модификации структурно-геохимического анализа исходной информации является самодостаточным инструментом идентификации и оценки рудных объектов на стадии среднемасштабных поисков, без привлечения дорогостоящих геологических и геофизических исследований.

© Григоров С.А., 2018

Григоров Сергей Александрович // grigorov44@list.ru

УДК 553.878(470.5):552.2

Ляшенко Е.А. (Роснедра)

О ТЕКСТУРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЯШМ ЮЖНОГО УРАЛА

Суть яшмы определяется ее текстурой, а не названием

*Рассмотрены классификации яшм, предложенные различными исследователями. Проведенный анализ показал, что они не в полной мере отражают разнообразие яшм Южного Урала. На основе текстурного строения предложена авторская систематика, охватывающая все разнообразие этого удивительного творения природы. **Ключевые слова:** яшма, Южный Урал, классификация, текстура.*

Lyashenko E.A. (Rosnedra)

ABOUT TEXTURAL-GENETIC CLASSIFICATION OF JASPERS SOUTHERN URALS

*The classifications of Jasper proposed by various researchers are considered. The analysis showed that they do not fully reflect the diversity of the Southern Urals Jasper. Based on textural structure of the author's taxonomy covering all the diversity of this amazing creation of nature. **Keywords:** jasper, Southern Urals, classification, texture.*

Любители цветного камня убеждены в том, что венцом, т.е. самым прекрасным творением природы среди горных пород в плане их декоративности — является яшма. Своим радужным многоцветием она чарует, радуется и восхищает нас, а необыкновенно дивными рисунками вызывает в нас любопытство и возбуждает фантазию. Нет другой горной породы, которую бы камнесамоцветчики описывали с такой теплотой и любовью.

Несомненно, яшма многолика даже в пределах одного тела, но ведь число ее месторождений и проявлений весьма велико — только в пределах Южного Урала их счет идет на сотни. Это косвенно подтверждается тем, что в изделиях из цветных камней, экспонируе-