

должны лицензироваться при наличии у недропользователя соответствующего обогащательного оборудования и стать объектом повышенного внимания геологического контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Беневольский Б.И., Голенев В.Б. Минерально-сырьевая база драгоценных металлов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 5. — С. 124–143.
2. Гальцева Н.В., Горячев Н.А., Чугунов А.Н. О повышении инвестиционной привлекательности минерально-сырьевой базы Северо-Востока России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2013. — № 6. — С. 30–37.
3. Литвиненко И.С., Голубенко И.С. О проблеме оценки прогнозных ресурсов золота в отвальном комплексе отработанных россыпных месторождений на Северо-Востоке России // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. — 2014. — № 1. — С. 25–31
4. Проблемы и перспективы социально-экономического развития Магаданской области / Н. В. Гальцева, О. В. Акулич, Г. Н. Ядрышников и др. — Магадан: Полиарк, 2008.
5. Прусс Ю.В. Технология сплошной переработки отвального комплекса россыпной золотодобычи / Проблемы освоения техногенного комплекса месторождений золота: Материалы межрегиональной науч. конф. — Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2010. — С. 47–54.
6. Россыпи золота Северо-Востока России (модели для прогноза, поисков и разведки) / Под ред. М.М. Константинова и др. — М.: Комитет природных ресурсов по Магаданской области, Минприроды РФ, 1999.
7. Техногенные минерально-сырьевые ресурсы / Под ред. Б.К. Михайлова. — М.: Научный мир, 2012.
8. Шилов Н.А. Учение о россыпях. — М.: Изд-во академии горных наук, 2000.

© Литвиненко И.С., Голубенко И.С., 2015

Литвиненко Иван Степанович // litvinenko@neisri.ru
Голубенко Ирина Сергеевна // golubenko@neisri.ru

УДК 553.061.12553.495+553.411.072(282.256.3)

Данковцев Р.Ф., Шашорин Б.Н., Выдрич Д.Е.
(ФГУП «ВИМС»)

ПЛОТНОСТНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА НЕДР СЕВЕРО-ЕНИСЕЙСКОГО УРАН-ЗОЛОТОНОСНОГО РАЙОНА И ГЛУБИННЫЕ ФАКТОРЫ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ

*Изучена плотностная инфраструктура верхней коры Северо-Енисейского уран-золотоносного района; сформулированы глубинные факторы контроля оруденения, обеспечивающие возможность целенаправленного металлогенического районирования территории. **Ключевые слова:** локальные очаги разуплотнения, каналы термофлюидного транзита, структурно-энергетические рудоконтролирующие пороги (области сужения каналов транзита).*

Dankovtsev R.F., Shashorin B.N., Vydrich D.E. (VIMS)

DENSITY INFRASTRUCTURE DEPTHS OF THE NORTH-YENISEI URANIUM-GOLD-BEARING AREA AND DEPTH FACTORS MINERAGENIC CONTROL

*Studied density infrastructure of the upper crust of the North-Yenisei uranium-gold-bearing area; formulated depth the factors controlling mineralization, providing purposeful metallogenic zoning. **Key words:** local pockets of decompression, channels thermofluids transit, structure-energy ore-controlling thresholds (the area of narrowing channels transit).*

Северо-Енисейский рудный район располагается в пределах Центрально-Ангарского и Восточно-Ангарского тектонических блоков Енисейского кряжа (рис. 1). Он сложен дислоцированными и метаморфизованными от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций терригенными, терригенно-карбонатными и карбонатными отложениями рифея. Значительный геологический объем Северо-Енисейского рудного района составляют неопротерозойские (R_3) гранитные массивы тейского, ерудинского, татарско-аяхтинского и глушихинского комплексов, которые в совокупности со складчатой и разрывной тектоникой играют важную роль в размещении месторождений полезных ископаемых [1–7].

В составе *тейского* и *ерудинского* комплексов выделяются гранитоиды Тейского, Каламинского и Ерудинского массивов, расположенные в северо-восточной части Центрально-Ангарского тектонического пояса (рис. 1). В строении этих массивов преобладают амфибол-биотитовые, биотитовые граниты, а также гранитоиды, диориты и плагиограниты, относящиеся к известково-щелочной и известковой магматическим сериям. Геохимические особенности пород данных массивов показывают, что они соответствуют промежуточным характеристикам *S*- и *I*-типов гранитов. Их образование произошло в узком интервале времени — от 880 до 865 млн. лет [1, 2].

В составе *татарско-аяхтинского* комплекса выделяются гранитоиды Аяхтинского и Чиримбинского массивов, расположенные в центральной части Центрально-Ангарского геоблока в зоне влияния Татарского и Ишимбинского надвигов (рис. 1). Породы данных массивов представлены амфибол-биотитовыми гранитами нормальной щелочности, низкощелочными гранитами и субщелочными разностями с подчиненным количеством кварцевых сиенитов и лейкогранитов. Они отвечают геохимическим особенностям гранитов *A*- и смешанного *S-I*-типов [1, 2], образовались в узком временном интервале — 760–750 млн. лет (через 100–120 млн. лет после формирования пород тейского комплекса) в период коллизии Центрально-Ангарской пластины с Сибирским кратоном при плавлении преимущественно коровых магматических источников палеопротерозойского возраста [1, 2].

В составе *глушихинского* комплекса выделяются гранитоиды Глушихинского, Лендахского, Верхнекилейского, Гремяхинского, Гаревского и Стрелковского массивов, расположенные преимущественно в западной части Центрально-Ангарского пояса (рис. 1). Становление указанных массивов, согласно U-Pb данным по циркону, произошло в интервале 752–718 млн. лет [1]. Они сложены преимущественно лейкогранитами, относящимися к щелочно-известковой и известково-щелочным сериям. Основные геохимические особенности этих пород, соответствующих редкометалльным гранитам *A*-типа [1], проявлены в обогащенности кремнеземом, калием, железом, фтором, значительном обеднении европием, барием и стронцием [1]. Граниты *глушихинского* комплекса рассматриваются многими исследователями как поздне- или постколлизийные, образованные вслед за синколлизийными *татарско-аяхтинскими* гранитами.

В балансе сырьевых ресурсов Северо-Енисейского района ведущее значение имеет золото. На схемах металлогенического районирования Енисейского края [3, 4] отчетливо выделяется Центрально-Енисейский золотоносный пояс, расположенный большей своей

частью в пределах Центрально-Ангарской структурно-формационной зоны (рис. 1). Он вытягивается согласно генеральному северо-западному простиранию основных пликтивных и дизъюктивных структур Енисейского края. В его пределах выделяются Au-рудные

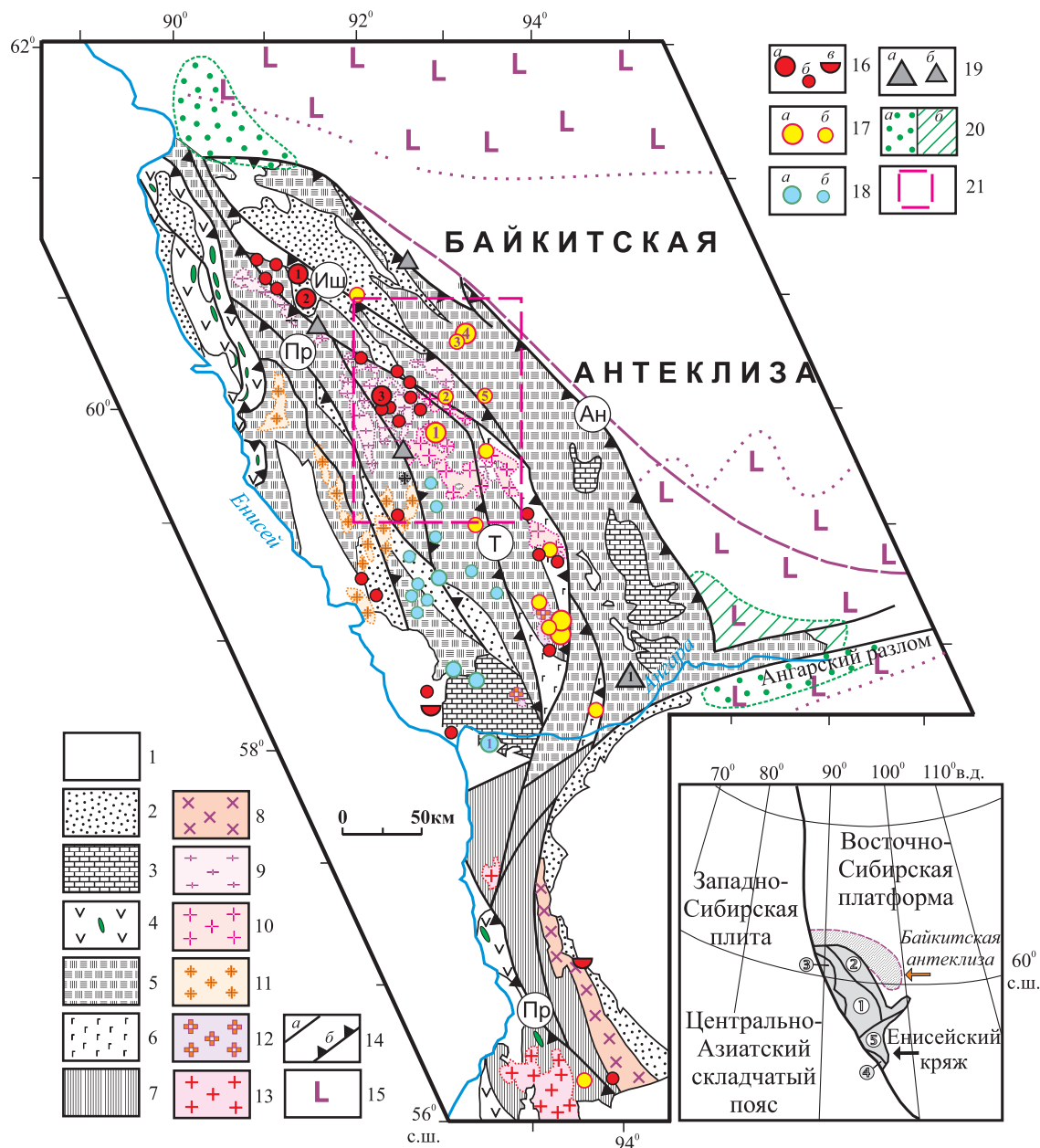


Рис. 1. Схематическая карта Енисейского края (по материалам [1, 2, 4, 6, 7]): 1 — чехол (PZ-CZ); 2 — молассы (NP₂₋₃); 3 — преимущественно карбонатные отложения (NP₂₋₃); 4 — офиолитовые и островодужные комплексы Приенисейского пояса (NP₂), плагиограниты с возрастом 700–630 млн. лет; 5 — метаморфизованные от зеленосланцевой до амфиболитовой фаций флишеидные отложения MP (?) — NP; 6 — офиолиты Рыбинско-Панимбинского пояса (MP — NP?); 7 — гранулит-амфиболитовые комплексы (PP₃). Гранитоиды: 8 — таракские (1840 млн. лет), 9 — тейские и ерудинские (880–865 млн. лет), 10 — аяхтинские (760–750 млн. лет), 11 — глушихинские (750–720 млн. лет), 12 — татарские (630 млн. лет), 13 — посольненские и нижнеканские (511–455 млн. лет); 14 — разломы (а), надвиги (б). Надвиги: Иш — Ишимбинский, Т — Татарский, Пр — Приенисейский, Ан — Анкиновский; 15 — область интрузивного траппового магматизма (250±5 млн. лет) на Сибирской платформе; 16 — месторождения (а, в) и рудопроявления (б) урана гидротермального генезиса (а, б), инфильтрационные стратиформные (в). Месторождения (цифры в красных кружках): 1 — Кедровое, 2 — Олень, 3 — Осинское; 17 — золоторудные месторождения: крупные (а), средние и мелкие (б). Месторождения (цифры в желтых кружках): 1 — Олимпиадинское, 2 — Благодородное, 3 — Полярная Звезда, 4 — Советское, 5 — Эльдорадо; 18 — месторождения (а) и рудопроявления (б) полиметаллов: 1 — Горевское (крупное); 19 — месторождения железа: крупные (а), мелкие (б): 1 — Нижнеангарское; 20 — площади сохранившихся первичных сульфидных руд в средне-позднекембрийских терригенно-карбонатных отложениях Приангарского меденосного бассейна Сибирской платформы (а), площади необедненных древних зон окисления и вторичного сульфидного обогащения в тех же отложениях (б); 21 — контур площади, в пределах которой проводилось изучение плотностной инфраструктуры верхней коры Северо-Енисейского рудного района. Цифры в кружках на схеме-врезке — геоблоки Енисейского края: 1 — Центрально-Ангарский, 2 — Восточно-Ангарский, 3 — Исаковский, 4 — Предивинский, 5 — Ангаро-Канский

узлы (Советский, Верхне-Енашимский, Ерудинский, Вегудинский, Аяхтинский, Татарский, Раздольнинский и др.), включающие крупные и малые месторождения коренного золота (в т.ч. Олимпиадинское уникальное), а также большое количество россыпных месторождений Au (рис. 1). В рассматриваемом Северо-Енисейском районе располагаются 2 крупных (Советское, Олимпиадинское) и ряд средних и мелких месторождений золота (Благодатное, Полярная Звезда, Эльдорадо и др.).

Данные месторождения относятся к золото-кварцевой и золото-мышьяковисто-сульфидной формации, обнаруживают пространственную, а по мнению многих геологов и генетическую связь с гранитоидами тейского, ерудинского, татарско-аяхтинского комплексов [4, 5]. Они располагаются в экзоконтактной части гранитных массивов на разном удалении и протягиваются цепочкой, согласно генеральному северо-западному простиранию основных разрывных и складчато-разрывных структур Енисейского кряжа (рис. 1). Эпоха Au-рудобразования охватывает значительный промежуток времени, включая периоды накопления золота в углеродсодержащих черносланцевых толщах рифея, его перераспределения и концентрации в тектонических зонах в процессе регионального и дислокационного метаморфизма, термального воздействия на геологическую среду неопротерозойских гранитоидных комплексов [4–6]. Наиболее продуктивные периоды Au-рудобразования на Енисейском кряже, которые соответствуют времени формирования крупных промышленных месторождений коренного золота (Олимпиадинское, Советское, др.), датируются R_{2-3} –V [4–6].

Урановые проявления Енисейского кряжа пространственно разделяются на северо-восточную и юго-западную группы объектов. Объекты северо-восточной группы, локализованные в рифейских депрессионных структурах, расположены в пределах Центрально-Ангарского геоблока на СЗ продолжении (окончании) Центрально-Енисейского золотоносного пояса (рис. 1). Урановое оруденение концентрируется в Кедрово-Вороговской и Уволжской впадинах, образуя одноименные урановорудные узлы (рис. 1). Первый (Кедрово-Вороговский) включает в себя мелкие месторождения урана Кедровое и Олень и более 10 рудопроявлений и проявлений урановой минерализации (рис. 1). Расположенный юго-восточнее Уволжский рудный узел образован Осиновским месторождением урана и 17 рудопроявлениями и проявлениями урановой минерализации (рис. 1). Как и Au-рудные объекты, месторождения и рудопроявления U расположены в зоне влияния Татарского и Ишимбинского надвигов, локализируются в дислоцированных породах раннего и позднего протерозоя, тяготеют к узлам пересечения продольных (СЗ) и поперечных (субширотных — СВ) разрывных нарушений. Средний возраст уранового оруденения на Осиновском месторождении, определенный изотопно-свинцовым методом, составляет 560 млн. лет [7].

Железо. На Енисейском кряже известно одно крупное (Нижнеангарское) и ряд мелких (Енашиминское, Исаковская зона, Органовское) месторождений Fe осадочного (Нижнеангарское, Исаковская зона) и контак-

тово-метасоматического (Енашиминское, Органовское) генезиса (рис. 1). В рудном узле Нижнеангарского месторождения (Ангаро-Питском) рудовмещающими являются дислоцированные слабометаморфизованные терригенные отложения верхнего рифея. Железные руды сложены обломочным гематитом, который сцементирован эпигенетическим гематитом с примесью кварцевых песчаников [6, 7].

Полиметаллы. К числу наиболее общих особенностей полиметаллического оруденения Енисейского кряжа относятся: сравнительная простота минерального состава руд и ограниченность их минеральных типов (профилирующая роль сфалерита и галенита); разнообразие вмещающих пород при ведущей роли известняков; подчинение оруденения структурному контролю; сходство гидротермальных изменений рудовмещающих пород (окварцевание, сидеритизация, анкеритизация и др.); значительная удаленность подавляющего большинства рудных объектов от крупных интрузий; главным образом, наложенный характер оруденения. На современном уровне изученности полиметаллических рудных объектов Енисейского кряжа выделяют две рудные формации [6, 7]: 1) галенит-сфалеритовую метасоматическую в карбонатных породах; 2) колчеданно-полиметаллическую в силикатных породах. Первая является ведущей по значению — ей принадлежат шесть из семи известных месторождений (Горевское и др.) и около 70 % рудопроявлений. В данной формации сосредоточено 9/10 выявленных запасов свинца и цинка [6, 7]. Наиболее крупный объект данной формации (Горевское месторождение) располагается в крыле синклиналиной зоны, осложненной мелкой складчатостью и разломами различных направлений. Абсолютный возраст оруденения на Горевском месторождении по данным изотопного состава свинца определяется в 870 ± 100 млн. лет [6, 7].

Физико-геологическая модель Северо-Енисейского рудного района включала в себя расчеты (в м-бе 1:200 000), и построение (в м-бе 1:500 000) семи горизонтальных планов (гармоник) локальных аномалий Dg (сечение изолиний 2 мГл) с шагом по глубине 2 км, и опорных глубинно-плотностных (ГП) и физико-геологических (ФГ) разрезов по двум представительным профилям. По соответствующим гармоникам построены объемные карты, отображающие инфраструктуру плотностных неоднородностей нижнего (8–12 км) и верхнего (2–4 км) уровней верхней коры. На разрезах, построенных по всему комплексу гармоник, детализируются характерные особенности инфраструктуры верхней коры в целом от поверхности до глубины 12 км. ГП-разрезы фиксируют фактические данные по компьютерной технологии расчетов, ФГ-разрезы построены в авторской физико-геологической интерпретации. Полученные построения в совокупности составляют глубинную физико-геологическую модель изученного объема недр, уменьшенную для большей компактности до масштаба 1:1 000 000, предлагаемую в качестве базовой основы геолого-прогнозных карт выделяемых рудоперспективных площадей.

На объемной карте нижнего уровня верхней коры (рис. 2), построенной по 7, 6 и 5-й гармоникам, детали-

зируются фрагменты плотностных неоднородностей, определившихся на карте плотностной инфраструктуры масштаба 1:2 500 000. Ареал разуплотнения, охватывающий юго-запад площади, соответствует северо-восточной части мезоабиссального магмогенерирующего резервуара и его центра максимального накопления флюидизированного вещества и энергии. Хорошо видно, что на уровне 10 км этот центр резко сужается, приобретая трубчатую форму, четко фиксирует положение термофлюидного потока и предупре-

ждает его дальнейшее расщепление. В центральной части ареала разуплотнения на уровне 8 км отмечается вискаяя, слабоуплотненная овальная плита, что можно интерпретировать как компенсационное прогибание, вызванное выносом вещества резервуара на верхние уровни.

Уплотненная плита, занимающая практически весь северо-восток и восток территории Северо-Енисейского рудного района, охватывает весь объем низов верхней коры и соответствует краевой зоне Енисейского кряжа, сопряженной с Байkitской антеклизой (ее фрагмент отмечен в верхнем правом углу рис. 2). Сближенное положение разнознаковых элементов инфраструктуры нижнего уровня верхней коры определяется только тем, что их граничные контуры построены по опорным изолиниям -2 и $+2$ мГл.

Объемная карта верхнего уровня верхней коры построена по 3-й и 2-й гармоникам (рис. 3), которые в совокупности достаточно полно раскрывают особенности плотностной инфраструктуры Северо-Енисейского рудного района, сложность которой еще более усилилась бы с использованием 4-й гармоники. Выявленная на этом уровне (гипабиссальном) картина распределения плотностных неоднородностей существенно видоизменилась в сравнении с нижним уровнем. Разуплотненные элементы приобрели обособленный характер развития по площади, преобладающими стали их фестончатые очертания, резко различной оказалась степень контрастности локальных центров. Уплотненные элементы также расчленились на обособленные плиты линейной, овальной и даже кольцевой формы. Все это явилось результатом разветвления магистрального термофлюидного потока на три ветви: северо-западную, северо-восточную и юго-восточную (рис. 3). Над наиболее глубинным интервалом этого потока располагается гранитоидный очаг с двумя центрами, окаймленный сплошным кольцом вискачих плотных плит разной мощности. Далее по направлению магистрального транзита над областью его разветвления развивается сложный по форме очаг с центрами повышения контрастности в отдельных фестонах. Последние дают начало протяженным термофлюидным потокам на северо-запад, северо-восток и юг, которые активно корродируют консолидированную краевую плиту Енисейского кряжа, с образованием при этом крупных обособленных очагов гранитоидной магмы.

В плоскостях ГП- и ФГ-разрезов по представительным профилям наглядно проявляются глубинные структурно-морфологические характеристики определившихся плотностных неоднородностей и их взаимосвязи во всем объеме верхней коры (рис. 4). На профиле Ю-С ее нижняя половина на южном фланге занята линзой контрастно (до -12 мГл)

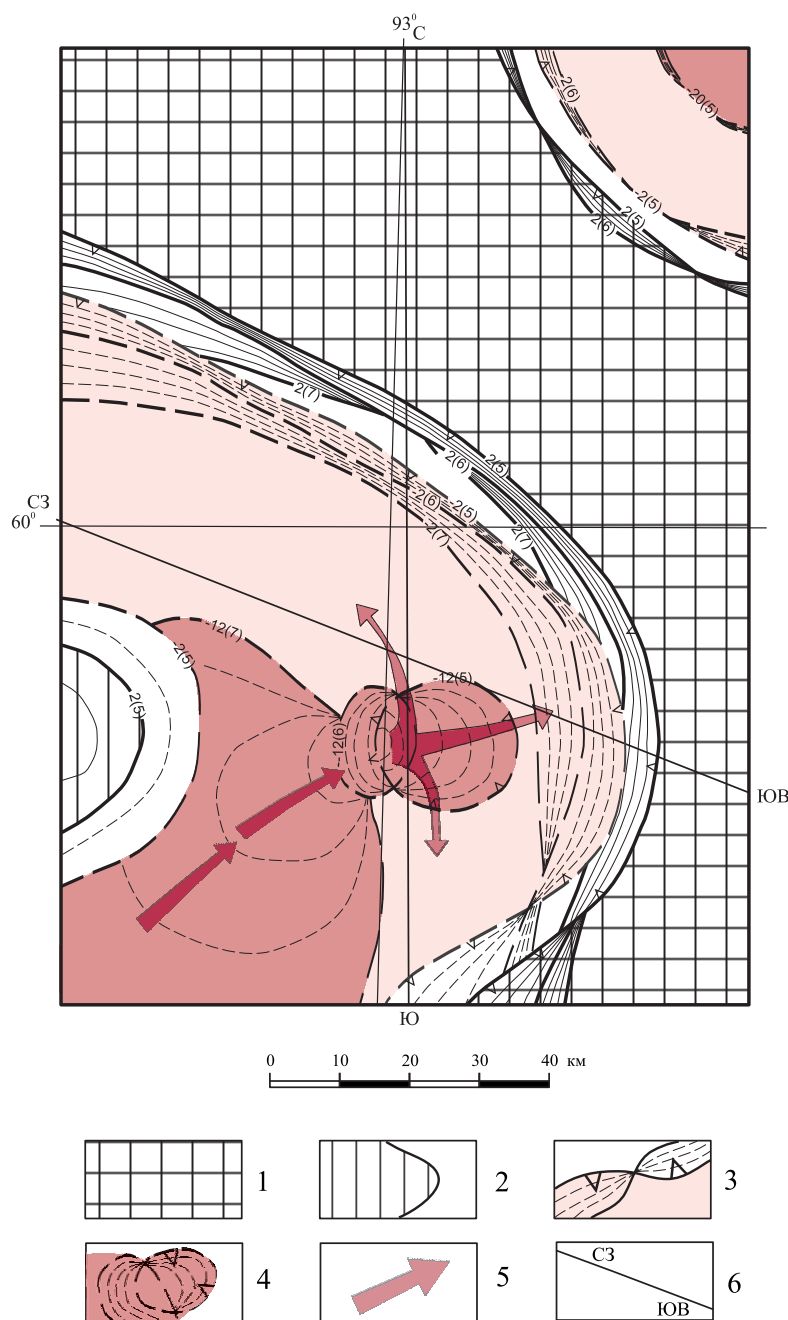


Рис. 2. Объемная инфраструктура плотностных неоднородностей (в изолиниях мГл) в интервале глубин 8–12 км (нижний уровень верхней коры): 1 — площадь сквозного развития уплотненных литокомплексов верхней коры (по изолинии 2 мГл); 2 — вискаяя бескорневые плиты верхней коры; 3 — ареалы развития процессов разуплотнения на нижнем уровне верхней коры (по изолинии -2 мГл); 4 — центры концентрации вещества и энергии (<-12 мГл) — крупные очаги (резервуары) магмогенерации; 5 — основные направления термофлюидного транзита; 6 — линии опорных профилей

разуплотненных горных масс, которые интерпретируются как мезоабиссальный магмогенерирующий резервуар (рис. 4). В кровле этого резервуара локализуются различные по размерам и морфологии фестоны и апофизы меньшей интенсивности (до $-2...-4$ мГл), которые рассматриваются как его конечные гранитоидные (гипабиссальные) выплавки, прорывающие слабо уплотненную кровлю каркаса коры, расчленяя ее на отдельные висячие плиты. В краевой части одной из таких слабо уплотненных плит, на выклинивании

гранитоидных выплавок приповерхностного уровня размещается золоторудное месторождение Олимпиада (рис. 3, 4).

На северном фланге этого профиля картина резко меняется. Его большую часть занимают контрастные плотные плиты и блоки, среди которых зажата сравнительно компактная линза разуплотнения (до -16 мГл) в верхней части разреза. Четко фиксируется канал, по которому осуществляется связь этой линзы с резервуаром южного фланга. По всем признакам плотностной

инфраструктуры этот канал сформирован в зоне крупного надвига, по которому был сорван блок нижней плотной плиты и перемещен на поверхность. В образовавшуюся полость внедрились магматические производные и со временем накопились в ней в достаточно крупном объеме. В непосредственной близости к этой обстановке сформировалось месторождение золота Советское, также в плотном блоке, сопряженном с разуплотненной пластиной (рис. 3, 4).

Профиль СЗ-ЮВ построен в поперечном сечении висячей уплотненной плиты, вмещающей рудный узел с месторождением Олимпиада, с тем, чтобы точнее определить особенности рудолокализирующей обстановки. В результате анализа разрезов выявлены все те же особенности, что и на профиле Ю-С. Дополнительно к ним было установлено, что конечные выплавки процессов магматической дифференциации в мезоабиссальном резервуаре и в приповерхностном уровне, являющиеся рудоносными, практически всегда используют зоны надвигов, формирующихся, очевидно, синхронно с развитием магмогенерирующего резервуара. Естественно, что наиболее благоприятными для транзита флюидорасплавов и флюидорастворов являются такие синхронные каналы. Именно такие позиции занимают граниты татарско-аяхтинского комплекса (760–630 млн. лет), считающегося рудоформирующим [4, 5]. В отличие от них, проявленные здесь же тейские и ерудинские граниты (880–865 млн. лет) отвечают более ранним фазам развития Енисейской астенолинзы и производят впечатление реликтовых гранитоидов, переработанных более поздними фазами.

Глубинные факторы минерагенического контроля. В плане Северо-Енисейского рудного района основным термофлюидным источником является наиболее контрастно (< -16 мГл) разуплотненное ядро магмогенерирующего резервуара, располагающееся на уровне 10–12 км, на юго-западе площади (рис. 2). Над его центром на глубине 8–6 км выделяется выступ, очерченный изолинией — 8 мГл, выполняющий роль основания канала термофлюидного транзита. Примечательно то, что этот выступ на глубине 4–2 км окаймляется кольцом плотных висячих плит (рис. 3),

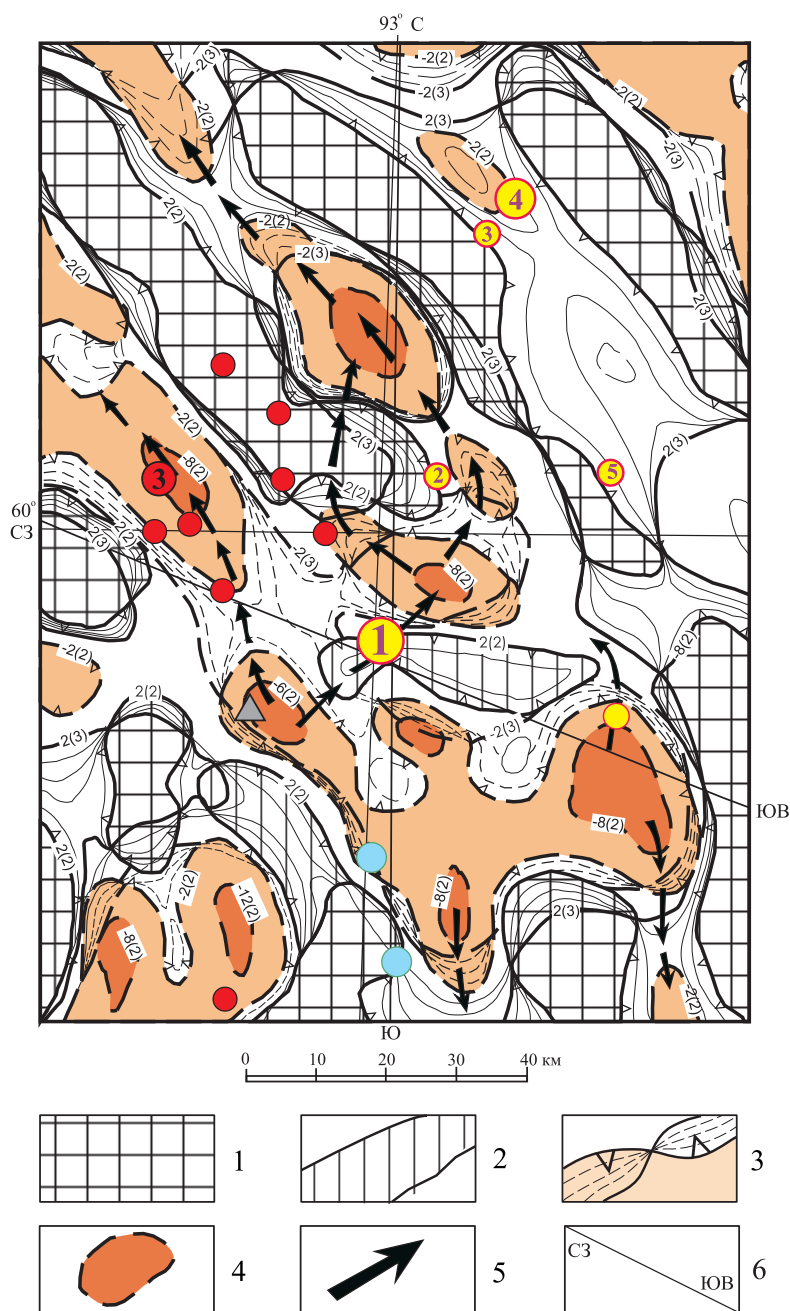


Рис. 3. Объемная инфраструктура плотностных неоднородностей (в изолиниях мГл) в интервале глубин 2–4 км (верхний уровень верхней коры): 1 — зоны и блоки уплотненных литоконгломератов на приповерхностном уровне (по изолинии 2 мГл); 2 — висячие бескорневые плотные плиты и карнизы; 3 — простые и сложные очаги разуплотнения (по изолинии -2 мГл); 4 — центры концентрации вещества и энергии; 5 — направления транспортировки термофлюидных потоков на приповерхностном уровне коры; 6 — линии опорных разрезов. Металлогения — см. на рис. 1 (16–19).

ГП-разрез по профилю Ю - С (инфраструктура локальных аномалий $\Delta g_{\text{лок}}$ (мгЛ)

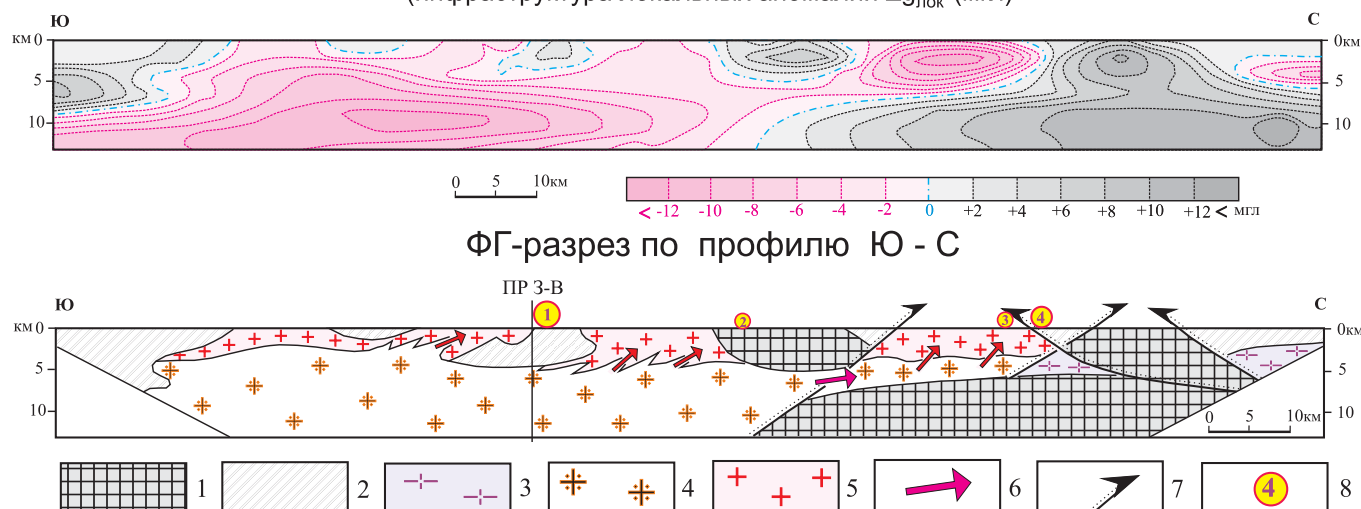


Рис. 4. Глубинно-плотностной (ГП-) и физико-геологический (ФГ-) разрезы по профилю Ю-С: 1 — консолидированные литокон-
плексы позднего палеопротерозоя (1.8–1.6 млрд. лет); 2 — осадочно-метаморфизованные литокон-
плексы (флишиодные) мезо- и неопротерозоя (1.6–0.7 млрд. лет); 3 — гранитоиды раннего (880–865 млн. лет) этапа развития магмогенерирующего резервуара; 4 — магмогенери-
рующий резервуар на позднем (760–630 млн. лет) этапе развития; 5 — гранитоидные выплавки на гипабиссальном и приповерхностном
уровнях коры; 6 — основные направления термофлюидного транзита на заключительном этапе ГРЭМ-системы; 7 — надвиги и взбросы;
8 — положение на разрезе рудных объектов (номера и названия объектов на рис. 1).

являющихся, вероятно, передовым фронтом выноса из резервуара сидерофильных элементов. При подходе к этому кольцу канал транзита резко сужается и в месте утонения мощности покрывки прорывается за ее пределы, где образует овальный раздуд на уровне 4 км. Таким образом, место прорыва можно назвать своеобразным «структурно-энергетическим» порогом.

Образовавшийся раздуд на гипабиссальном уровне стал новым, по отношению к мезоабиссальному, резервуаром накопления вещества и энергии. Дальнейшее направление термофлюидного транзита резко изменилось с поперечного на продольное, ориентированное вдоль Центрального северо-западного пояса Енисейского кряжа: две крупные ветви направились на северо-запад, две менее крупные — на юг (рис. 3). Первые на своем пути образуют новые автономные очаги накопления вещества и энергии (при участии порогов или без них), а вторые проявлены менее активно и быстро выклиниваются за пределами резервуара (рис. 3).

Наконец, последними в цепи трансформаций магматических производных базовых резервуаров являются локальные очаги на приповерхностном уровне, имеющие по отношению к ним авто- или аллохтонный характер. В пределах Северо-Енисейского рудного района, как отмечалось при описании ФГ-разрезов, с этими очагами пространственно ассоциируют гранитоиды татарско-аяхтинского комплекса (760–630 млн. лет). По нашему мнению, учитывая близкое соседство новообразованных резервуаров и локальных очагов, первые логичнее относить к аяхтинскому (760–750 млн. лет), а вторые — к татарскому (630 млн. лет). В эти же возрастные пределы укладываются абсолютные возраста золоторудных месторождений. При этом проявляется закономерное омоложение оруденения: Олимпиадинское

золото-сульфидное месторождение, локализующееся над центральным раздудом термофлюидного потока, несколько старше Советского, золото-кварцевого, приуроченного к удаленному от него новому локальному резервуару. Еще дальше по простиранию северо-западных ветвей транзита сформированы урановые месторождения типа «несогласия», возраст которых приближается к 500 млн. лет [7].

Глубинно-геологические критерии эндогенного рудообразования. Общие итоги анализа всех выполненных на Енисейском кряже геолого-геофизических построений [3, 4] и результатов их глубинной и металлогенической интерпретации положены в основу формулирования уточненных ведущих критериев эндогенного рудообразования. Поскольку глубинно-геологические критерии многократно и в разных масштабах были обсуждены при рассмотрении складчатого обрамления Сибирской платформы [8–10], наиболее наглядной представляется табличная форма их изложения (табл. 1), включающая краткие важнейшие характеристики содержания критериев в их системной последовательности и их значения в металлогеническом контроле.

Критерии в итоговой таблице носят принципиальный обобщенный характер проявленности в чистом виде, без учета их усложнений в зависимости от тех или иных частных факторов, которые следует иметь в виду на практике. На первом месте в рубрикации таблицы показаны уровни проявления критериев в соответствии с уровнями модельных построений, на которых базируется вся дальнейшая глубинно-геологическая и металлогеническая интерпретация результатов анализа. Следующие позиции, в соответствии с исходными положениями концепции ГРЭМ-систем, занимают характеристики их основных элементов. Вещественно-

энергетические источники подразделяются на ряд категорий, функционирующих на разных глубинных уровнях, либо последовательно сменяющих друг друга, либо пульсационно образующих ряд разобщенных циклов. Формы и места их развития в земной коре также могут

различаться от широких ареалов до компактных обособлений и частично смещаться вверх или вниз от опорных границ разделов земной коры. Эволюция ГРЭМ-системы сопровождается образованием разноплановых полей тектонических напряжений на различных глубинных

Глубинно-геологические критерии эндогенного рудообразования

Уровень проявления критерия	Элементы ГРЭМ-системы, формы их развития, место в разрезе земной коры	Режим развития верхней коры на этапе формирования энергоносителя	Трансформации энергоносителей и их проявленность в каркасе коры	Формы теплопереноса с низших на высшие уровни	Функции критерия в процессе эндогенного рудообразования
1	2	3	4	5	6
Абиссальный (20–30 км)	Начальный вещественно-энергетический источник; СУБ (серпентинит-ультрабазитовый) бассейн; граница раздела нижней и верхней коры	Общее воздымание над ареалом СУБ-бассейна и денудация консолидированного основания	Дифференциация внутри СУБ-бассейна на жидкую базальтовую фазу и ультрабазитовый рестит с образованием в его кровле очагов базальтовой магмы; базальтоиды в трещинно-жильных структурах	1. Кондуктивная (вертикальная рассеянная) в центре СУБ-бассейна с развитием процессов ареального метаморфизма и метасоматоза в кровле. 2. Кумулятивная (латеральная, концентрированная) на флангах СУБ-бассейна с развитием процессов базификации кровли у энергетических порогов	Дорудные предпосылки развития процессов эндогенного рудообразования
Мезоабиссальный (10–20 км)	Промежуточный вещественно-энергетический источник; флюидно-магматические ФМ — резервуары; границы раздела нижнего и верхних структурных этажей	Орогенный депрессионно-сводовый над ареалами развития ФМ-резервуаров с формированием: 1) наложенных прогибов и подвижных поясов (ранний орогенез); 2) разнотипных магматических комплексов в прогибах и внутренних поднятиях (поздний орогенез)	Дифференциация базальтоидных очагов СУБ-бассейна с последовательным формированием магматических серий габбро-диорит-гранодиорит-гранитного состава и образованием комплексов: 1) раннеорогенных основного и среднего состава в вулканической форме в депрессиях; 2) позднеорогенных среднего и кислого состава в интрузивной форме в сводовых поднятиях	1. Кондуктивная в центрах ФМ-резервуаров с развитием ореолов метасоматических изменений литокомплексов кровли. 2. Кумулятивная на флангах ФМ-резервуаров с формированием базифицированных висячих плит перед или за энергетическим порогом и локальных гранито-гнейсовых куполов и гранитоидных очагов за ним	Предрудные процессы накопления исходного рудного вещества и перевода рудных элементов в подвижную форму
Гипабиссальный (0–10 км)	Завершающий вещественно-энергетический источник; локальные магматические очаги среднего, кислого или щелочного составов; границы раздела верхних структурных этажей и узлы пересечения крупных разрывных структур	Переходный от орогенного к суб-платформенному с формированием структурных планов поверхности: 1) брахиформно-складчатых внутри консолидированных геоблоков; 2) линейно-складчатых в подвижных поясах	Дифференциация гранитоидного расплава внутри ФМ-резервуара с его распадом на ряд остаточных очагов, которые функционируют как рудогенерирующие (для халько- и литофильных металлов) и образуют конечные выплавки на данном уровне	Кондуктивная или кумулятивная в зависимости от степени гетерогенности и типа складчато-разрывных дислокаций вмещающих литокомплексов и структурно-геохимических ловушек	Рудоформирующие процессы мобилизации накопленного рудного вещества и его переотложения в обстановках разгрузки рудоносных растворов
Транско-ровый	Активизационный вещественно-энергетический источник; флюидно-магматические кратковременные импульсы активизации астенотиниз; верхние горизонты коры	Орогенный, суб-платформенный, платформенный с образованием комбинаций разноуровневых трещинных структур	Дифференциация флюидно-магматического плюма на силикатную и сульфидную фазы с образованием инъекций базитового и ультрабазитового состава и халько-сидерофильных рудных ассоциаций	Инъективная (вертикальная концентрированная) транскоровая	Рудоформирующие процессы в обстановках резкого изменения термодинамических, кислотно-щелочных, окислительно-восстановительных и других параметров рудоносных расплавов

уровнях, оказывающих существенное влияние на режимы развития верхней коры на разных этапах, что определяет ее районирование по геодинамическим условиям эндогенного рудообразования [8–10].

Формы трансформаций энергоносителей и тепло-массопереноса наиболее многообразны, т.к. определяются большим числом факторов, связанных как с характеристиками самого энергоносителя, так и с физико-химическими условиями и инфраструктурой вмещающей геологической среды. Так, базальтовая фаза дифференциации СУБ-бассейна в условиях растяжения может рассеяться в кровле с образованием даечных полей или поясов, а в условиях сжатия пройти весь цикл магматической дифференциации с образованием в апикальной зоне многофазных массивов преимущественно гранитоидного состава батолито- или лополито-образного типа. Формы тепло-массопереноса также могут меняться при переходе с одного уровня на другой от кондуктивной на кумулятивную и наоборот. Проявление транскоровых энергоносителей вообще трудно-предсказуемо, поскольку не подчиняется ни закономерностям эволюции ГРЭМ-систем, ни определенным типам геологических структур и распознается только по локальным контрастным положительным аномалиям поля силы тяжести на гипабиссальном уровне.

Наиболее однозначно определяются функции критериев в процессе эндогенного рудообразования в ходе полного цикла эволюции ГРЭМ-системы и завершающих импульсов активизации астенотиниз. Ранжирование критериев по этому признаку обеспечивает возможность целенаправленного металлогенического районирования изучаемой территории при проявлении вещественно-энергетических источников (энергоносителей) на потенциально-рудные области, районы, поля и узлы и планирования площадей концентрации прогнозно-поисковых и поисково-разведочных работ. Поэтому проблема разработки глубинно-геологических критериев эндогенного рудообразования имеет не только теоретическое, но и несомненное практическое значение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Верниковский В.А., Верниковская А.Е. Тектоника и эволюция гранитоидного магматизма Енисейского кряжа // Геология и геофизика. — 2006. — Т. 47. — № 1. — С. 35–52.
2. Даценко В.М., Александровский Ю.С., Косоруков А.П. и др. Главнейшие эпохи и геодинамические обстановки гранитоидного магматизма и эндогенного рудообразования в структурах юго-западного обрамления Сибирской платформы // Отечественная геология. — 1994. — № 10. — С. 27–39.
3. Данковцев Р.Ф., Шашорин Б.Н., Выдрич Д.Е. Глубинные рудоформирующие энерго-магматические системы Енисейского кряжа и Байкитской антеклизы // Разведка и охрана недр. — 2015. — № 3. — С. 8–16.
4. Константинов М.М., Данковцев Р.Ф., Симкин Г.С. и др. Глубинное строение и закономерности размещения месторождений Северо-Енисейского золоторудного района (Россия) // Геология рудных месторождений. — 1999. — Т. 41. — № 5. — С. 425–436.
5. Константинов М.М., Некрасов Е.М., Сидоров А.А. и др. Золоторудные гиганты России и мира. — М.: Научный мир, 2000.
6. Ножкин А.Д. Раннепротерозойские окраинно-континентальные комплексы Ангарского складчатого пояса и особенности их металлогении // Геология и геофизика. — 1999. — Т. 40. — № 11. — С. 1524–1544.
7. Плющев Е.В., Соловьев Н.С., Жданов А.В. и др. Рудные узлы России. — СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2001.
8. Шашорин Б.Н. Глубинные «очаги» разуплотнения в плитном сценарии алтаид / Общие вопросы тектоники. Тектоника России: Матер. XXXIII Тектонического совещания. — М.: ГЕОС, 2000. — С. 593–596.

9. Шашорин Б.Н. Палеогеодинамические факторы эндогенного уранового рудообразования: Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. — М.: ФГУП «ВИМС», 2004.

10. Шашорин Б.Н. Глубинная тектоника западного и восточного секторов Центральной Азии и закономерности размещения полезных ископаемых (W, Sn, Au, U) / Тектоника земной коры и мантии. Тектонические закономерности размещения полезных ископаемых: Матер. XXXVIII Тектонического совещания. — М.: ГЕОС, 2005. — Том 2. — С. 351–358.

© Данковцев Р.Ф., Шашорин Б.Н., Выдрич Д.Е., 2015

Данковцев Рафаэль Федорович // vims@df.ru
Шашорин Борис Николаевич // shashorin.boris@yandex.ru
Выдрич Денис Евгеньевич // devrich@mail.ru

УДК 553.682.2.041:549.623.7(470.56)

Щербакова Т.А., Шевелев А.И. (ФГУП «ЦНИИгеолнеруд»)

МАГНЕЗИТ-ГИДРОМАГНЕЗИТОВОЕ ОРУДЕНЕНИЕ НА ХАЛИЛОВСКОМ СЕРПЕНТИНИТОВОМ МАССИВЕ

*На Халиловской перспективной площади (Оренбургская область) выявлены три типа магнезит-гидромагнезитовых руд, связанных с корами выветривания серпентинитов. Приведены данные лабораторно-аналитических исследований и оценены прогнозные ресурсы. Сырье имеет практический интерес, на площади рекомендуется проведение поисковых работ. **Ключевые слова:** серпентинит, магнезит, гидромагнезит, кора выветривания, прогноз, перспектива, Оренбургская область.*

Shcherbakova T.A., Shevelev A.I. (TSNIIgeolnerud)

MAGNESITE-HYDROMAGNESITE ORES ON THE KHALILOVO MASSIF

*Three types of magnesite-hydromagnesite ores are revealed on the Khalilovo area of Orenburg region. They are related to serpentinite weathering erosion. The results of analytical studies and forecast resources are included. Ore has practical interest and area need conducting prospecting. **Key words:** serpentinite, magnesite, hydromagnesite, weathering erosion, forecast, prospect, Orenburg region.*

В последнее десятилетие в огнеупорной промышленности стал использоваться широкий спектр новых композиционных соединений высокотемпературных минеральных видов — как в качестве основных компонентов, так и в виде добавок, что позволяет достичь рентабельности производства и повысить качество огнеупорных изделий. Одним из основных компонентов для огнеупорного производства является магнезит, и ежегодное потребление его в данной отрасли составляет более 90 %.

Разведанные промышленные запасы кристаллического магнезита в РФ на 2014 г. составляют 2,6 млрд. т по 14 месторождениям, учтенным Госбалансом. Распределение месторождений на территории России крайне неравномерно: они известны в Восточной Сибири (83,3 %), на Урале (15,5 %) и на Дальнем Востоке (1,2 %). Все запасы представлены одним геолого-промышленным типом — кристаллическими магнезитами древних осадочных толщ. Основным производителем магнезита является ОАО «Комбинат «Магнезит» в Челябинской области, острой проблемой которого является практиче-