

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. Дашенко 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 Байкинской 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-

ски полное погашение запасов, доступных для открытой отработки на Саткинском месторождении. Подземная отработка увеличивает затраты на добычу магнетита и удорожает продукты его передела, поэтому запасы относятся к нераспределенному фонду. В настоящее время ОАО «Комбинат «Магнетит» ориентирован на месторождения магнетита красной группы (Киргитейское, Тальское), при этом промышленная металлургическая зона Урала остается без местной сырьевой базы. Более 90 % общих многомиллионных запасов магнетита в России находится в нераспределенном фонде, что связано с нерентабельностью их разработки, обусловленной неблагоприятным географо-экономическим положением месторождений, отсутствием инфраструктуры, дальними транспортными перевозками, истощением запасов для открытой добычи. Это вызывает необходимость оценки новых перспективных площадей и объектов, а также новых видов магнезиального сырья.

За рубежом — в Австралии (шт. Квинсленд), Турции, Греции и других странах — известны месторождения и проявления хемокластогенных магнетит-гидромагнетитов, формирование которых проходило в условиях озерных обстановок континентальных депрессионных структур кайнозоя [2, 5]. В Австралии открыты месторождения низкожелезистого криптокристаллического магнетита озерного типа: Марлбороу, Канвеара, Меримел и Ямба [5]. Все четыре месторождения находятся в 45–95 км к северо-западу от столицы шт. Квинсленд — г. Рокхемптона и имеют очень схожее геологическое строение и качество руды. Общие запасы объектов составляют более чем 500 млн. т магнетита. Самым крупным из них является месторождение Канвеара с запасами 260 млн. т промышленного магнетита, открытое в 1985 г. Месторождение имеет площадь свыше 31 км², среднюю мощность рудной зоны 7,75 м (от 2,5 до 15,5 м) и сложено мягкими магнетит-гидромагнетитсодержащими аргиллитами, песчаниками и грунтами, которые насыщены (от 20 до 95 %) магнетит-гидромагнетитовыми нодулями. Все объекты успешно разрабатываются. Большую часть магнетита Австралии производит компания «Квинсленд Магнетизм Pty Ltd», которая поставляет высококачественную электроплавленную и жженую магнезию на мировой рынок огнеупоров, а также кальцинированный магнетит для широкого диапазона применения.

На территории России месторождений данного геолого-промышленного типа нет. Однако на основании разработанных прогнозно-поисковых критериев выделены перспективные площади для их обнаружения [4]. К числу перспективных объектов [1–3] с выявленными гидромагнетитовыми проявлениями относится и Халиловская магнезионосная площадь.

Перспективность площади на кайнозойский магнетит-гидромагнетит установлена при проведении ЦНИИГеолнеруд мелкомасштабных минерагенических исследований в 2011–2013 гг. в рамках госконтрактов № ВБ-04-34/37 «Оценка перспектив освоения минерально-сырьевого потенциала нерудных полезных ископаемых для обеспечения нефтегазового и металлургического комплексов» и № АП-72/2 «Разработка инвестиционных проектов геологического изучения перспективных объектов нерудных полезных ископае-

мых в пределах первоочередных минерально-сырьевых центров экономического развития». Аналитические исследования каменного материала проводились в аккредитованных лабораториях АТСИЦ ФГУП ЦНИИГеолнеруд.

Халиловская площадь расположена в Гайском районе Оренбургской области. Район достаточно хорошо освоен, с развитой сетью автодорог, железнодорожных путей, линий ЛЭП, с населенными пунктами (пос. Халилово, Новорудный и др.). В 30 км от Халиловской

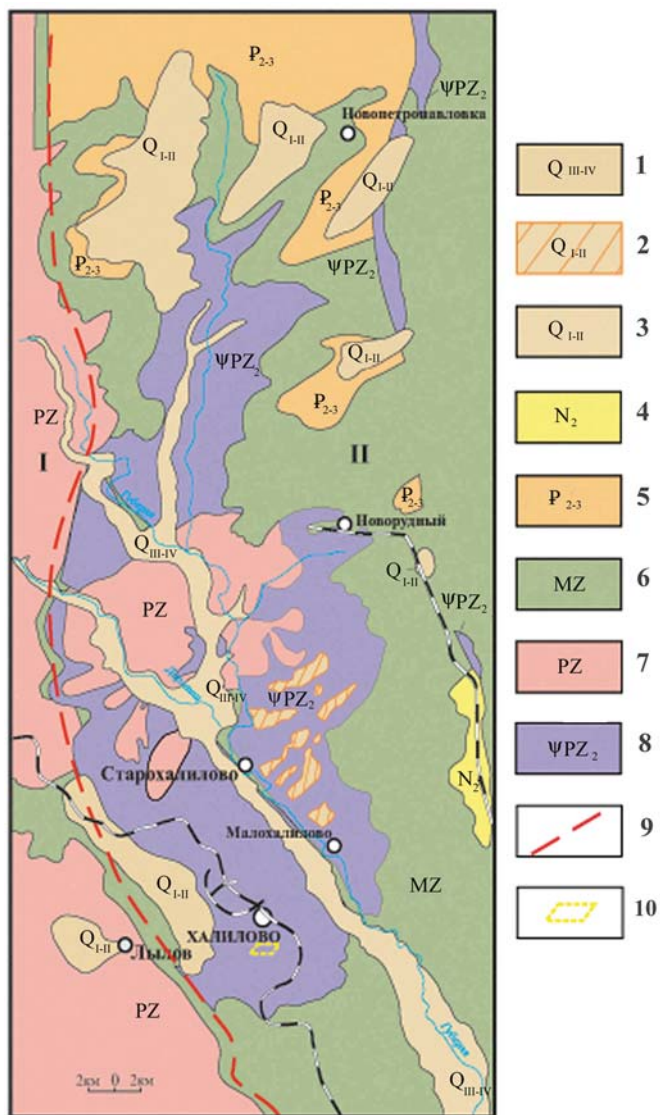


Рис. 1. Геологическая карта Халиловской магнезионосной площади (составлена Т.А. Щербаковой по материалам Геологической карты м-ба 1:200 000 номенклатуры М-40-V). 1–3 — четвертичная система: 1 — верхний-современный отделы, аллювиальные отложения (суглинки, пески, галечники), 2 — современный отдел, озерные отложения (мергели, суглинки, супеси с магнетитом и гидромагнетитом), выделенные прогнозно-ревизионными работами ФГУП «ЦНИИГеолнеруд» (2011–2013 гг.), 3 — нижний-средний отделы, озерные отложения (суглинки, мергели, галечники); 4 — неоген: плиоцен (пестроцветные глины); 5 — палеоген: эоцен-олигоцен (пески, конгломераты, мергели); 6 — мезозой нерасчлененный (мергели, глины, пески, конгломераты); 7 — палеозой нерасчлененный (глинисто-кремнисто-углистые сланцы, туфы, песчаники); 8 — интрузии среднепалеозойские — серпентиниты; 9 — граница тектонических структур — антиклинория Урал-Тау (I) и Приуральской зоны западного крыла зеленокаменного синклинория (II); 10 — Халиловское месторождение аморфного магнетита

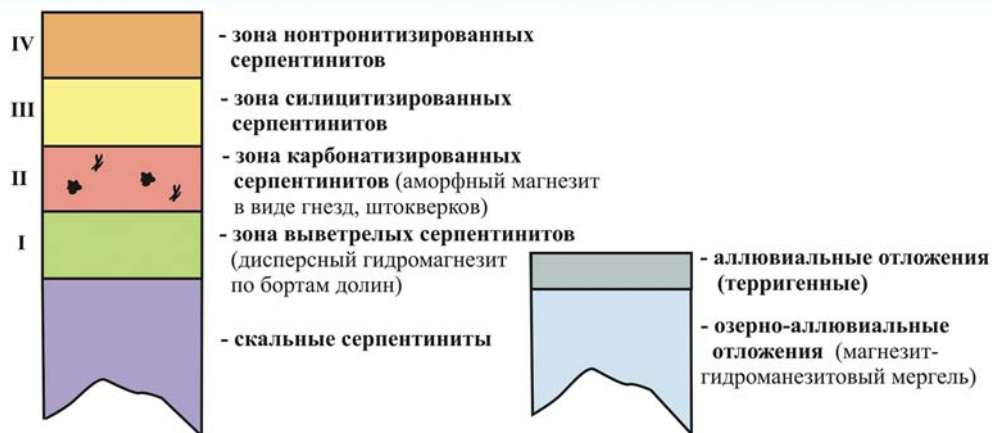


Рис. 2. Профили коры выветривания по серпентинитам и озерно-речных отложений на Халиловском массиве

площади находится действующая обогатительная фабрика металлургического комплекса в г. Гай.

Халиловская площадь включает одноименный массив серпентинитов, наложенные и прилегающие к нему депрессионные кайнозойские структуры (рис. 1). Халиловский серпентинитовый массив занимает площадь до 260 км². По серпентинитам развита кора выветривания. Степень зрелости и глубина гипергенных процессов различаются в разных частях массива. С корой выветривания серпентинитов связано магнезит-гидромагнезитовое оруженение.

Прогнозно-ревизионные работы показали, что на большей части массива отмечается полный профиль коры выветривания, где выделяются следующие зоны (сверху-вниз):

- охлажденный нонтронитизированных серпентинитов;
- силицитизированных серпентинитов;
- карбонатизированных серпентинитов с локализацией аморфного магнезита;
- выветрелых серпентинитов с локализацией дисперсного гидромагнезита (рис. 2).

Профиль коры выветривания по серпентинитам Халиловского массива, выделенный авторами, имеет следующие особенности.

Вверху разреза располагается **зона нонтронитизированных и охристых серпентинитов** темно-бурого, вишнево-красного и охристого цвета, интенсивно трещиноватых, выщелоченных с образованием ячеистых текстур, где стенки ячеек сложены силицитовым материалом (реже карбонатным), а центральная камерная часть представляет реликты ожелезненного серпентинита. По породе отмечаются белые мучнистые примазки, корочки и натеки кальцита (незначительное распространение). Секущие трещины в породе выполнены мелкими кристалликами молочного и льдистого кварца, беловато-серого халцедона и опала, которые инкрустируют стенки трещинок разного порядка (линейных и оперяющихся). Минеральный состав нонтронитизированных серпентинитов представлен гётитом (10–30 %), серпентином (5–10 %), кварцем (20–60 %), кальцитом (5–20 %), гипсом (до 10 %) и примесями доломита, талька, слюды. Содержания породообразующих оксидов отражают преобладание

SiO₂ — 60–90 %, Fe₂O₃ — 7–30 %, CaO — 0,5–30 %, незначительное присутствие MgO — до 2–3 %; остальные компоненты составляют *n*·(0,1–0,01) %. Геохимическая специализация данных образований определяется повышенными содержаниями малых элементов — Fe, Co, V (на 1–2 порядка выше фоновых). Значительная часть зоны нонтронитизированных серпентинитов эродирована и проявляется на вершинах водоразделов. Видимая мощность зоны варьирует от 0 до 4–6 м.

Зона силицитизированных серпентинитов зеленовато-серого, блеклого цвета с белыми и прозрачными прожилками силикатных минералов (опал, халцедон, кварц), трещиноватых, выветрелых и слабо дезинтегрированных, в рельефе выделяется уступами и сглаженными вершинками, расположенными гипсометрически ниже зоны нонтронитизированных серпентинитов. Насыщенность серпентинитов описываемой зоны силицитами неравномерная и колеблется от 10–15 до 30–35 %. Содержание серпентинита в породе составляет 52–80 %. Интенсивность проявления процессов силицитизации напрямую связана с развитой системой трещиноватости серпентинитов и их химическим распадом с образованием свободного кремнезема. Выделяется он по трещинам, пустотам и другим полостям размером от *n*·0,1 до 2–3 см и реже до 10–15 см в форме таких минералов, как кварц, халцедон, опал. Геохимическая особенность серпентинитов данной зоны заключается в спорадически повышенных содержаниях кобальта, меди и повсеместных высоких содержаниях хрома, никеля и марганца. Последний в породе проявляется в виде дендритов оксида марганца по основной массе и в виде примазок черного цвета по микротрещинам. Мощность зоны силицитизированных серпентинитов колеблется от 1 до 5 м и более.

Ниже по разрезу размещается **зона карбонатизированных серпентинитов** зеленовато-серого цвета, интенсивно трещиноватых (от макротрещин, образующих системы субпараллельных, взаимоперпендикулярных и разветвленных трещин, до микротрещин, разбивающих породу на мельчайшие отдельности). Текстульные особенности серпентинитов в данной зоне обусловлены особенностями распределения магнезитовых агрегатов: мелко-тонкопрожилковатых (параллельно и перпендикулярно), гнездовидных, жилообразных, штокверковых. Основная масса в породе представлена серпентинитом (лизардит, хризотил — от 57 до 100 %), в котором выделяются карбонатные агрегаты, преимущественно магнезитового состава (до 20–25 % — визуально по обнажениям). Примесями являются кварц (до 1–4 %), глинистые минералы (до 2–9 %), хлорит, амфибол (до 1–2 %). Среди основной массы серпентинитов отмечается чередование рудных интервалов (сер-

пентиниты насыщены агрегатами магнезитов) и безрудных, где карбонаты отсутствуют полностью.

В зоне карбонатизированных серпентинитов по основной массе и трещинкам в серпентинитах эпизодически наблюдаются охристые налеты оксидов и гидроксидов железа, образованных миграционными трещинными водами.

В пределах массива выделяются следующие морфологические типы магнезитовых агрегатов: жильные, гнездовидные и штокверковые.

Жильные магнезиты представляют собой белые аморфные агрегаты, выполняющие линейно вытянутые трещины с ровными и зазубренными очертаниями. Размер жил по простиранию достигает нескольких метров (до 7–8 м) с падением на северо-восток и юго-запад под углом 10–30°, мощность их варьирует от 4–5 до 18–23 см. Жилы имеют прерывистый характер, выклиниваются по простиранию. По химическому составу магнезиты данного типа характеризуются высокими содержаниями основных компонентов (MgO — 44,5 % и CO_2 — 50,2 %) и незначительным количеством примесей (CaO до 3 % и SiO_2 до 1,4 %); содержания остальных оксидов (Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , TiO_2 , Fe_2O_3 , FeO , MnO , P_2O_5) составляют $n(0,1–0,01)$ %.

Гнездовидные магнезиты — это скопления шаровидных, глобулевидных агрегатов белого аморфного магнезита размером до 1,5–2 м в поперечнике, имеющие овально-округлые формы, концентрически-скорлуповатое строение и ветвисто-разноориентированные очертания с набором мелких стяжений (размером от первых сантиметров до 10–12 см). Границы магнезитов и серпентинитов четкие и выделяются цветовыми контрастами. Химический состав магнезитов этих текстурных разновидностей отличается повышенным содержанием кремнезема (до 6,6 %), что связано с процессами опализации, которая локализуется по периферии магнезитовых стяжений в виде корочки или оторочки. Также отмечается слабая кальцитизация магнезитовых агрегатов (в среднем содержание CaO составляет 2,4 %), а повышенное содержание P_2O_5 (до 0,04 %) объясняется микробиологической деятельностью магнезиально-карбонатных биоматов. Геохимические особенности гнездовидных текстурных разновидностей проявляются в аккумуляции таких малых элементов, как кобальт и никель.

Штокверковые магнезиты развиты в пределах массива весьма ограниченно, главным образом в южной его части. Они представляют собой совокупность множества прожилков, субпараллельных, взаимоперпендикулярных (решетчатых), а также разноориентированных. Размер штокверков варьирует от первых метров (в большинстве случаев) до 8 м и более (редко). Прожилки выполнены почковидными агрегатами магнезита (2–5 см в поперечнике). В штокверковых телах концентрация магнезитовых агрегатов достигает 50–80 %, их вещественный состав отличается следующими особенностями: минеральная фаза сложена магнезитом (84–88 %) с примесями серпентинита (реликты), доломита, кальцита, кварца (первые проценты); химический состав показывает доминант оксида магния (44,54 %) при ППП — 50,29 %. Сочетание сближенных штокверковых тел образует некоторое «ядро», вокруг которого фикси-

руются безрудные серпентинитовые интервалы, что наблюдалось на юге массива, в карьере Халиловского месторождения аморфного магнезита. Это месторождение с балансовыми запасами кат. C_1 52 тыс. т и C_2 15 тыс. т и содержанием магнезита в руде 5 % в настоящее время отработано.

Завершает разрез коры выветривания **зона выветрелых серпентинитов** зеленовато-серого цвета, местами с голубоватым оттенком, трещиноватых, массивной однородной текстуры. Степень выветривания разная, и серпентиниты отличаются по физико-механическому состоянию — от крепких и полускальных до сыпучих и дезинтегрированных. По микро- и макротрещинам эпизодически развит волокнистый серпентинит — серпофит, но в целом трещины пустотелые, проточные, с охристыми налетами на отдельных участках. Серпентиниты этой зоны характеризуются постоянством минерального состава: 95–98 % хризотила и лизардита с незначительными примесями хлорита, глинистых минералов или доломита. Содержания основных породообразующих химических компонентов таковы (%): SiO_2 38,5–41,62, MgO 36,39–38,99, FeO 0,96–1,25, Fe_2O_3 5,06–6,19, CaO 6. Остальные компоненты отмечаются в количестве $n(0,1–0,01)$ % и являются изоморфно примесными, не образуя самостоятельных минеральных фаз. Геохимическая специализация выветрелых серпентинитов имеет базитовый спектр малых элементов — Ni, Cr, Co.

Зона выветрелых серпентинитов находится в погребенной позиции и на отдельных участках массива вскрыта эрозией с выходом на дневную поверхность. В последнем случае по выветрелым серпентинитам выделяются участки (области), которые имеют внешние специфические особенности и проявления микробиологической деятельности, способствующей формированию новообразованных минералов (магнезиальных карбонатов).

Скальные серпентиниты — породы зеленовато-темно-серого и зеленовато-черного цвета, массивные, плотные, однородные, трещиноватые. Их описание дается по обнажениям, вскрытым карьером. Состав серпентинитов лизардит-хризотилитовый (92–98 %) с незначительной примесью пироксена, плагиоклаза, хлорита. Контакт скальных серпентинитов и зоны выветрелых серпентинитов сглаженный, переход постепенный, визуально он отмечается сменой цветовой гаммы.

В центральной части Халиловского массива выделены наложенные межгорные впадины (долины), которые имеют трапециевидный поперечный профиль и пологопадающий в западном направлении продольный профиль. По форме они изометричные и линейно-вытянутые в субширотном направлении. Борты долин сложены серпентинитами, преимущественно зоны выветрелых серпентинитов. Дно выполнено голоценовыми осадочными отложениями, являющимися магнезитоносными. Разрез представлен буровато-зеленовато-серыми и темно-серыми суглинками и супесями в основании и гидромагнезитовыми мергелями в верхней части. Мощности осадочных отложений варьируют от 0,2 м по периферии структур до 5–6 м (видимые) в центральных частях.

Эти осадочные комплексы являются результатом пееотложения продуктов выветривания серпентинитов,

прилегающих к данным структурам. В современном состоянии здесь отмечаются только нижние зоны коры выветривания, следовательно, процессы дезинтеграции и денудации привели к распаду и переотложению зон нонтронитизированных и силицитизированных серпентинитов, реликты которых отражаются в осадках в виде охристой пигментации, присутствием кремнезема и кварцевой компоненты в составе супесей и суглинков. Мергели залегают в приповерхностной позиции и локализуются на отдельных участках в пределах каждой структуры. Они формируются в виде чашеподобных тел, называемых мультикапами. Мультикапы имеют изометричные и эллипсовидные формы размером до 300–500 м.

На Халиловской площади выделены три геолого-генетических типа магнезиального сырья, два из которых связаны с корами выветривания по серпентинитам — аморфные магнезиты зоны карбонатизированных серпентинитов и дисперсные гидромагнезиты зоны выветрелых серпентинитов. Третий тип — хемокластогенные магнезит-гидромагнезиты — связан с озерно-речными фациями наложенных кайнозойских структур и возник за счет переотложения пород первых двух типов.

Аморфные магнезиты зоны карбонатизированных серпентинитов представлены плотными фарфоровидными агрегатами белого цвета с раковистым изломом; встречаются и более рыхлые разности серовато-белого цвета с пустотками выщелачивания. Текстурные особенности магнезитов в данной зоне связаны с особенностями распределения агрегатов: гнездовидные, жиловобразные, штокверковые. Основная масса породы образована карбонатизированным серпентинитом (лизардит, хризотил) в ней выделяются карбонатные агрегаты, преимущественно магнезитового состава (до 20 %). В условиях денудации двух верхних зон на дневной поверхности установлены участки дезинтеграции магнезитоносных серпентинитов, где происходит естественное обогащение рудного материала (рис. 3).

Дисперсные гидромагнезиты выявлены, описаны и опробованы на участках, расположенных на склонах межгорных впадин (рис. 4). Размер этих участков, имеющих округлые и эллипсовидные формы, варьирует от 30×30 до (150–170)×(40–50) м и более. На участках полностью отсутствует почвенный слой, с поверхности порода сложена зеленовато-серой массой из дресвы и более мелкой фракции выветрелого серпентинита. Среди дресвы проявляется тонкодисперсный белый порошок, по составу — гидромагнезит, который местами образует мелкие комочки, легко растирающиеся руками. Содержание гидромагнезита в среднем 20 %. По нашим данным гидрокарбонат магния образуется за счет микробиологической активности, которая приводит к деструкции силикатных и алюмосиликатных минеральных фаз. В результате жизнедеятельности микроорганизмов выделяется активный CO₂, который, взаимодействуя с освободившимся при деструкции серпентинита магнием, формирует гидромагнезит в виде тонкодисперсных агрегатов белого цвета.

Хемокластогенные магнезит-гидромагнезиты развиваются, как уже отмечалось, в межгорных долинах (рис. 5). Рудный материал имеет рыхлое состояние и горизон-

тальное приповерхностное залегание. По вещественному составу это мергели светло-серого, серого и частично темно-серого цвета, уплотненная текстура их напоминают халву, где карбонатная составляющая представлена гидромагнезитом, гидроталькитом и магнезитом в алев-



Рис. 3. Участки дезинтеграции магнезитоносных серпентинитов с естественным обогащением рудной массы на Центрально-Халиловском участке



Рис. 4. Развитие дисперсного гидромагнезита по выветрелым серпентинитам на Центрально-Халиловском участке



Рис. 5. Развитие гидромагнезитовых мергелей в межгорной долине на Центрально-Халиловском участке

ро-глинистых фракциях. Содержание высокомагнети-альных карбонатов — от 20 до 90 %. Наиболее качественные руды формируются в чашевидных мелких структурах — мультикапах или образуют шлейф вдоль долины.

Одним из наиболее перспективных на магнезит-гидромагнетитовое оруденение участков является Центрально-Халиловский, расположенный в средней части серпентинитового массива, в бассейне р. Губерля (левобережье, среднее течение). Объект представляет ряд межгорных речных долин (впадин) протяженностью 700–2000 м и шириной 500–700 м, хорошо выработанных процессами дезинтеграции и денудации, в результате чего на дне (ложе) структур развиты голоценовые делювиальные и аллювиальные отложения. В пределах центральной части долины в межгорных структурах (долинах) выявлены озерные магнезит-гидроталькит-гидромагнетитсодержащие отложения.

В качестве объектов для сравнительной геолого-экономической оценки прогнозируемой Халиловской площади были взяты Рокхемптонская площадь с магнезитовыми месторождениями в шт. Квинсленд в Австралии и Халиловское месторождение аморфного магнезита.

Прогнозные ресурсы кат. Р₃ Халиловской площади учитывают потенциальную возможность открытия месторождений хемокластогенных магнезитов по результатам региональных исследований. Качество и количество прогнозных ресурсов определялось по аналогии с промышленными месторождениями, которые успешно разрабатываются. Апробированные прогнозные ресурсы Халиловской площади по кат. Р₃ составили 150 млн. т (протокол №33/13 от 29.11.2013 г. ФГУП ЦНИИгеолнеруд).

Прогнозная оценка Халиловской площади на основании установленных критериев и поисковых признаков предполагает наличие аморфных магнезитов в зоне карбонатизированных серпентинитов, дисперсных гидромагнетитов в зоне выветрелых серпентинитов коры

выветривания, а также магнезит-гидромагнетитовых тел в кайнозойских отложениях речных и озерных фаций вблизи серпентинитовых массивов.

Возможная протяженность рудных тел в кайнозойских отложениях — от первых десятков до сотен метров, мощность рудных тел будет установлена при поисковых работах. Залегание магнезитовых тел практически приповерхностное.

Прогнозируемые геолого-промышленные типы магнезитоносных отложений имеют ряд преимуществ: приповерхностное залегание рудных тел, рыхлый (не скальный) характер рудной массы, возможно простая технология добычи, переработки, обогащения и т.д. Серпентинит-гидромагнетитовая композиция предполагает перспективу использования ее для производства периклаз-форстеритовых огнеупоров. Халиловская площадь располагается в сравнительной близости от металлургических комплексов (Челябинский, Магнитогорский и др.), что позволит избежать больших затрат на транспортные расходы при переработке сырья и реализации продукции. Рекомендуются проведение поисковых работ на Халиловской перспективной площади.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевелев А.И., Щербакова Т.А. Геологическое строение и локализация кайнозойских магнезитов / Высокомагнетиальное минеральное сырье. — М.: Наука, 1991. — С. 153–157.
2. Щербакова Т.А. Условия и закономерности магнезитоаккумуляции в терригенно-карбонатных кайнозойских комплексах: Автореф. дис. канд. геол.-минер. наук. — Казань, 2007.
3. Щербакова Т.А., Шевелев А.И. Перспективы выявления месторождений кайнозойских магнезитов в России // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 3. — С. 22–25.
4. Щербакова Т.А., Шевелев А.И. Способ прогноза и поисков хемокластогенных магнезитов в кайнозойских депрессионных структурах: Заявка 2014 138908 РФ, МПК G01V9/00 (2014.01). Заявл. 25.09.2014 г.
5. Schmid H. Turkey's Salda Lake. A genetic model for Australia's newly discovered magnesite deposits // Industrial Minerals. — 1987. — № 239.

© Щербакова Т.А., Шевелев А.И., 2015

Щербакова Татьяна Анатольевна // root@geolnerud.net
Шевелев Анатолий Иванович // root@geolnerud.net

ГЕОФИЗИКА

УДК 55.550.370

Багрянский А.А.¹, Приходько А.Ю.^{1,2}, Боурнас Н.¹,
Лего Ж.¹ (1 — Geotech Ltd, 2 — ООО «Геотехаэро»)

АЭРОЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ZTEM ДЛЯ ГЛУБИННОГО ИЗУЧЕНИЯ НЕДР

Представлена инновационная аэроэлектромагнитная технология магнетовариационного зондирования ZTEM, основанная на измерениях в воздухе вариаций вертикальной компоненты естественного магнитного поля в аудио диапазоне частот, а также на синхронном измерении вариаций горизонтальных компонент поля на земле. Технология сочетает высокую детальность и большую глубину исследований; множество практических примеров демонстрируют эффективность

использования ее при поисках и изучении различных видов полезных ископаемых. **Ключевые слова:** аудиоманнителлурическое зондирование, аэрогеофизика, поиски месторождений.

Bagryanskiy A.A.¹, Prikhodko A.Yu.^{1,2}, Bournas N.¹, Legault J.¹
(1 — Geotech Ltd, 2 — Geotехаero)

AIRBORNE ELECTROMAGNETIC TECHNOLOGY ZTEM FOR DEEP EXPLORATION

The paper presents an airborne electromagnetic technology of magnetovariational sounding ZTEM. The technology is based on measurements of the vertical component of natural magnetic field variations in the audio frequency range, and simultaneous measurements of variations of the horizontal components of the field on the ground. The technology combines abilities of high detail and deep investigations. The numerical