

К. Г.-М. Н. Т. А. Щербакова (✉), д. Г.-М. Н. А. И. Шевелёв,
К. Г.-М. Н. П. П. Сенаторов

ФГУП ЦНИИгеолнеруд, г. Казань, Россия

УДК 622.368.2:666.762.32 (470)

НОВОЕ ВЫСОКОМАГНЕЗИАЛЬНОЕ КАРБОНАТНОЕ СЫРЬЕ ДЛЯ ОГНЕУПОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ РОССИИ

Описаны гидромагнетитовые залежи двух генетических типов, выявленные на Халиловской магнетитоносной площади в Оренбургской обл. Приведены результаты аналитико-лабораторных исследований вещественного состава рудного материала. Указаны преимущества данного типа оруденения.

Ключевые слова: высокомагнезиальное карбонатное сырье, гидромагнетиты, магнетиты, расширение сырьевой базы, Халиловская магнетитоносная площадь (Оренбургская обл.).

В огнеупорной промышленности одним из основных сырьевых источников является магнетит, из которого изготавливают огнеупорные материалы для металлургии: крупноблочные и фасонные изделия, а также неформованные материалы (порошки, массы, смеси). Производят безобжиговые, обожженные и плавленные огнеупоры. Обожженные огнеупоры получают при высокотемпературном обжиге при 1300–1750 °С, плавленные (периклаз) — выше 2600 °С.

Ресурсный потенциал магнетита РФ представлен утвержденными промышленными запасами на 2014 г. в количестве 2,5 млрд т кристаллических магнетитов древних осадочных толщ, а также прогнозными ресурсами всех категорий 2,6 млрд т двух геолого-промышленных типов — кристаллические магнетиты и хемокластогенные магнетиты кайнозойских депрессий.

Разведанные запасы магнетита России, учитываемые Госбалансом, распределены на территории страны крайне неравномерно (рис. 1). Большинство из них сосредоточено в Сибирском регионе — 94,3 % (Иркутская обл. 83,2 %, Красноярский край 11,1 %), на Урале — 5,3 % и Дальнем Востоке — 0,4 %. Распределенный фонд запасов составляет 9,5 % общего объема, причем часть из них находится на стадии подготовки к освоению. В группу разрабатываемых месторождений входят Саткинское, Березовское месторождения (Челябинская обл.) и Киргитейское месторождение (Красноярский край). Основная доля (> 90 %) промышленных запасов находится в нераспределенном фон-

де (см. рис. 1) и является на данный момент нерентабельной по ряду причин: дисбаланс между географическим размещением добычи, переработки магнетита (основные объемы

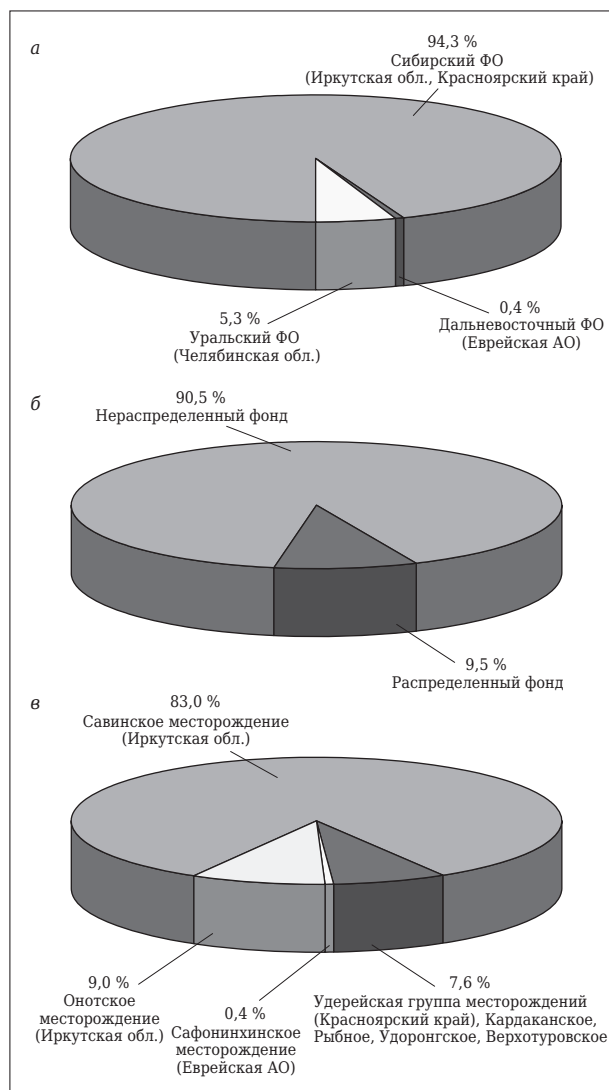


Рис. 1. Распределение запасов магнетита по субъектам

✉
Т. А. Щербакова
E-mail: root@geolnerud.net



Рис. 2. Месторождение Канвеара (Австралия) — кластогенного гидромагнетита озерной фации

сконцентрированы в Челябинской обл.) и крупных потребителей сырья и магнезиальной продукции в пределах Центральной и Сибирской металлургических баз; практически полное погашение запасов, доступных для открытой отработки на Саткинском месторождении, а подземная отработка на Гологорском участке ведет к росту затрат на добычу магнетита и удорожанию продуктов его передела; недостаточный объем производства высококачественных магнезиальных продуктов, а дефицит компенсируется существенными объемами импорта (до 60 тыс. т за 2012 г. по данным Федеральной таможенной службы РФ). В период подъема производственного потенциала страны появилась необходимость в развитии и расширении сырьевой базы неметаллических полезных ископаемых, в том числе и магнетита. Выявление месторождений магнезиального сырья, расположенных вблизи его основных потребителей, в обжитых, экономически освоенных районах с хорошо развитой инфраструктурой, доступных для открытой отработки, является весьма актуальной задачей.

За рубежом известны месторождения и проявления гидромагнетита, формирование которого проходило в условиях озерных обстановок континентальных депрессий кайнозоя. Подобные месторождения известны в Австралии, Турции, Греции и в других странах. В австралийском штате Квинсленд открыты месторождения низкожелезистого криптокристаллического гидромагнетита озерного типа Марлбороу, Канвеара, Меримел и Ямба [5]. Все месторождения находятся на северо-западе от г. Рокхемптон. Общие запасы этих объектов превышают 500 млн т. Самым крупным из них является месторождение Канвеара с запасами 260 млн т промышленного гидромагнетита. Месторождение сложено мягкими гидромагнетитосодержащими аргиллитами, песчаниками и грунтами, насыщенными от 20 до

95 % гидромагнетитовыми нодулями (рис. 2). Месторождения успешно разрабатываются. Сырье обогащается на фабрике в Рокхемптоне. Это хемокластогенные магнетиты (гидромагнетиты), формирование которых связано с выветриванием гипербазитовых массивов и отложением продуктов выветривания в речных и озерных структурах континентальных депрессий. Изучив особенности и закономерности магнетитообразования в терригенно-карбонатных кайнозойских комплексах, создали модель формирования магнетит-гидромагнетитовых руд в осадочных толщах озерно-речных фаций [1, 2]. Такое моделирование позволило выявить перспективные площади с потенциальным оруденением нового для нашей страны геолого-промышленного типа — хемокластогенных магнетитов (гидромагнетитов) кайнозойских депрессий [3, 4]. Одним из таких объектов является Халиловская площадь в Оренбургской обл.

Работами ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» в пределах Халиловской магнезитоносной площади впервые установлено магнетит-гидромагнетитовое оруденение нового геолого-промышленного типа. Прогнозные ресурсы этих руд в приповерхностном залегании, с учетом прямых признаков оруденения, апробированы ФГУП «ЦНИИгеолнеруд» на Халиловской площади по кат. Р₃ в количестве 150 млн т. Халиловская площадь расположена в Гайском районе. Район хорошо освоен, с развитой сетью автомобильных, железных дорог и ЛЭП. Площадь объединяет одноименный массив серпентинитов и прилегающие к нему депрессионные кайнозойские структуры. Халиловский серпентинитовый массив занимает площадь до 260 км². По серпентинитам развита кора выветривания, с которой генетически связано магнетит-гидромагнетитовое оруденение.

Установлено, что Халиловская площадь наиболее перспективна на выявление гидромагнетитовых руд, связанных с кайнозойскими комплексами, развитыми в депрессиях, расположенных как на самом массиве, так и на прилегающих к нему. Одним из наиболее перспективных участков на гидромагнетитовое оруденение является Центрально-Халиловское проявление, расположенное в средней части Халиловского массива. Объект представляет собой ряд межгорных озерно-речных долин (впадин), хорошо выработанных процессами дезинтеграции и денудации, в результате которых голоценовые делювиальные и аллювиальные отложения развиты на дне (ложе) долин. Их борта сложены серпентинитами. Широко представлена зональность полного профиля коры выветривания по серпентинитам. В цен-

тральных частях межгорных долин выявлены озерные магнезит-гидроталькит-гидромагнезитсодержащие отложения. Площадь локализации гидромагнезитов в межгорных долинах имеет протяженность 700–2000 и ширину 500–700 м (рис. 3).

Кроме того, гидромагнезиты выявлены в зоне выветрелых серпентинитов коры выветривания, на участках, выходящих на дневную поверхность и расположенных на склоновых элементах межгорных впадин. Размер участков достигает 150–170×40–50 м и более, они имеют округлые и эллипсовидные формы и четкие границы. На участках полностью отсутствуют почвенный слой и травяная растительность, с поверхности залегает зеленовато-серая масса из дресвы и более мелкой фракции выветрелого серпентинита, разогретой до 40 °С в летний период. Среди дресвы проявляется тонкодисперсный белый порошок в пойкилитовых текстурах — гидромагнезит, который местами образует мелкие комочки, легко растирающиеся вручную. Содержание гидромагнезита составляет 10–50 %. 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 образует гидромагнезит в виде тонкодисперсных агрегатов белого цвета (рис. 4).

В аккредитованных лабораториях ЦНИИ-геолнеруда проведены анализы проб: химический, рентгенографический фазовый, термический, эмиссионный спектральный, а также электронная микроскопия. Установлено, что озерные четвертичные отложения межгорных депрессий Центрально-Халиловского участка представляют собой мелоподобные агрегаты белого и серого цветов. Содержание гидромагнезита в них варьирует от 50 до 90 %. В ассоциации с гидромагнезитом находятся (табл. 1) хризотил, лизардит (9–49 %), гидроталькит (2–20 %), доломит (до 15 %), хлорит (до 8 %), кварц (до 2 %), слюда (< 1 %). Химический состав отложений озерного терригенно-карбонатного комплекса межгорной впадины Центрально-Халиловского участка (табл. 2) представлен преимущественно оксидами магния, кремния и углерода. Незначительным содержанием (первые проценты) отмечаются оксиды железа, алюминия и кальция; оксиды натрия и калия — десятые доли процента, оксиды фосфора и серы — сотые

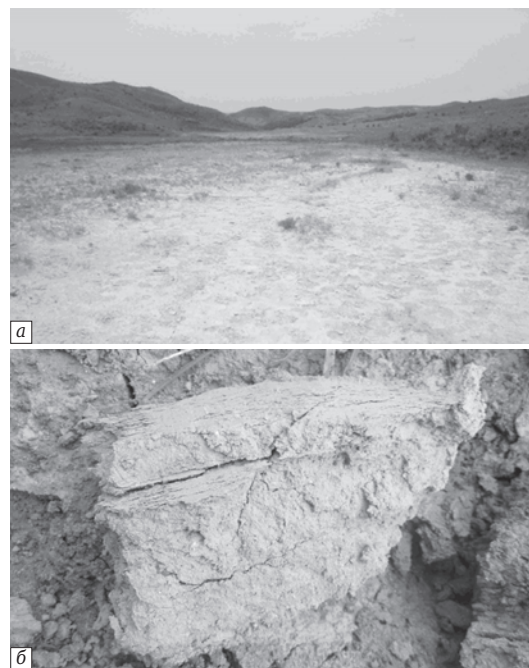


Рис. 3. Развитие гидромагнезитовых мергелей в межгорных долинах на Центрально-Халиловском участке

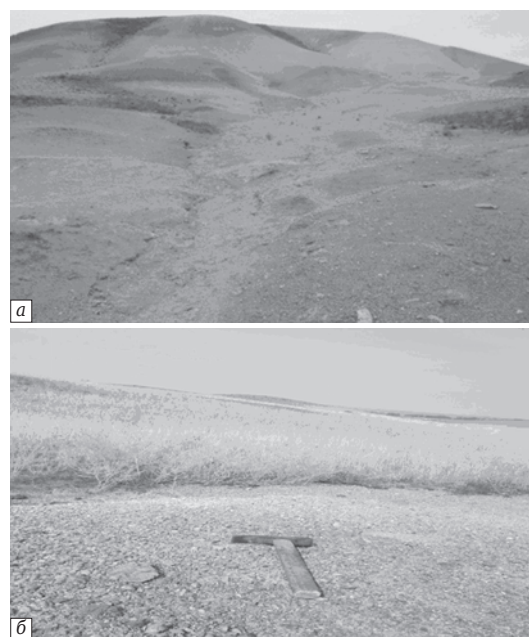


Рис. 4. Развитие дисперсного гидромагнезита по выветрелым серпентинитам на Центрально-Халиловском участке

доли процента. Основная масса осадочного материала представлена серпентином и гидромагнезитом.

Термоаналитические исследования проведены на синхронном термоанализаторе, который позволяет осуществлять одновременно в одном образце в одинаковых условиях программированного нагрева два метода термического анализа — термогравиметрический и диффе-

Таблица 1. Минеральный состав магнезитоносных осадочных комплексов Халиловской площади

Расположение на массиве	Номер пробы	Зона отбора пробы	Фазовый состав, мас. %
Ц	X-30	Маршрут-3	Серпентиновый минерал (лизардит) — 56, гидромагнетит — 36, гидроталькит — 8
Ц	X-33	Маршрут-3	Серпентиновый минерал (лизардит, хризотил) — 79, гидроталькит — 21, кварц — следы
Ц	X-34	Маршрут-4	Серпентиновый минерал (лизардит) — 29, гидромагнетит — 50, гидроталькит — 2, магнезит — 19, амфибол, слюда — следы
Ц	X-36	Маршрут-4	Гидромагнетит — 59, кварц — 6, серпентиновый минерал — 27, хлорит — 8
Ц	X-37	Маршрут-4	Гидромагнетит — 89, серпентиновый минерал — 9, кварц — 2, слюда — < 1
Ц	X-74	Маршрут-5	Серпентиновый минерал (лизардит) — 49, гидромагнетит — 50, хлорит — 1

Таблица 2. Химический состав магнезитоносных осадочных комплексов Халиловской площади

Номер пробы	Содержание, % (на абсолютно сухую навеску)														$\Delta m_{\text{прк}}, \%$
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	CO ₂	Σ	
X-26	37,81	0,02	0,34	3,33	0,47	0,04	6,15	30,57	0,04	0,09	0,07	< 0,05	8,98	99,93	21,00
X-30	25,42	0,01	0,28	3,34	0,62	0,06	0,28	41,33	0,11	0,04	0,04	< 0,05	11,34	99,96	28,43
X-33	37,04	0,01	0,05	4,56	0,74	0,07	0,09	40,01	0,01	0,01	0,02	< 0,05	1,16	99,63	17,02
X-34	16,94	0,06	1,30	1,81	0,91	0,05	1,36	38,35	0,09	0,13	0,05	< 0,05	22,72	99,65	38,60
X-36	26,72	0,28	7,05	3,42	0,70	0,07	15,60	17,10	0,27	0,81	0,03	0,11	20,17	99,95	27,79
X-49	49,41	0,79	11,95	5,99	1,63	0,12	6,64	8,78	1,28	1,54	0,23	< 0,05	4,67	99,85	11,49
X-74	24,02	0,04	0,74	2,37	0,91	0,05	1,24	37,31	0,11	0,11	0,10	0,47	13,81	99,45	31,98
X-37	9,32	0,07	1,07	0,64	0,32	0,02	1,48	37,41	0,13	0,22	0,05	0,09	28,80	99,70	48,88

рентгеновскую сканирующую калориметрию. По результатам термографии авторы установили, что в отличие от магнезита, для которого регистрируется один эндотермический эффект, соответствующий диссоциации карбоната с образованием периклаза, для гидромагнетита выявляется сложная комбинация эффектов. Первый эндотермический эффект (30–215 °С) соответствует удалению слабосвязанной воды. Следует отметить достаточно низкую температуру начала ее удаления и собственно сам интервал дегидратации, что может свидетельствовать об избыточном содержании слабосвязанной воды, способной легко удаляться из системы. Второй эндотермический эффект с максимумом при 309 °С соответствует удалению структурной воды. Диссоциация собственно магнезитовой составляющей образца идет в 2 этапа и регистрируется в виде эндотермических эффектов с максимумами при 438 и 523 °С. Дополнительный экзотермический эффект и двухступенчатость диссоциации можно объяснить дополнительным образованием MgCO₃ в результате взаимодействия вновь образующихся продуктов в системе.

Таким образом, термообработка природного чистого магнезита может дать оксид магния до 47,6 %, а гидромагнетит 53,2 %, поскольку последний в своем молекулярном составе содержит значительное количество слабосвязанной и структурной воды. Гранулометрические исследования гидромагнетитовых мергелей определили доминирующее присутствие алевро-глинистой фракции (до 80–99 %), которая представлена на 60–70 % высокомагнезиальными карбонатами. Это напрямую влияет на выбор способа обогащения рудного материала.

Исследования показали перспективность использования гидромагнетит-серпентинитовой рудной массы в производстве периклазофорстеритовых и других огнеупоров, а также возможность рентабельной добычи открытым способом в районе с развитой инфраструктурой. Халиловская площадь с выявленными гидромагнетитовыми залежами, находящаяся в сравнительной близости от основных производителей и крупных потребителей огнеупоров, представляет несомненный практический интерес.

Библиографический список

1. **Шевелёв, А. И.** Геологическое строение и локализация кайнозойских магнезитов / А. И. Шевелёв, Т. А. Щербакова // Высокомагнезиальное минеральное сырьё. — 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.** Перспективы выявления месторождений кайнозойских магнезитов в России / Т. А. Щербакова, А. И. Шевелёв // Разведка и охрана недр. — 2010. — № 3. — С. 22–25.
4. **Заявка 2014138908 Российская Федерация, МПК G 01 V 9/00.** Способ прогноза и поисков хемокластогенных магнезитов в кайнозойских депрессионных структурах / Щербакова Т. А., Шевелёв А. И. (РФ) ; заявитель ФГУП ЦНИИГеолнеруд ; заявл. 25.09.14. — 8 с.
5. **Schmid H.** Turkey's Salda Lake. A genetic model for Australia's newly discovered magnesite deposits / H. Schmid // Industrial Minerals. — 1987. — № 239. ■

Получено 25.02.15

© Т. А. Щербакова, А. И. Шевелёв,
П. П. Сенаторов,
2015 г.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ИНФОРМАЦИЯ

мирСтекла
Производство. Архитектура. Декор

Уважаемые друзья, коллеги!

**Приглашаем вас принять участие в летней сессии
международного форума**



«СТЕКЛО И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ-XXI»

в рамках выставки

«МИР СТЕКЛА-2015»

Ключевая тема мероприятия:

**«Инновационная модель развития стекольной промышленности
в современных экономических условиях».**

*Цель форума — анализ современного состояния
и развития стекольной отрасли.*



Организатор:

Национальный объединенный совет предприятий
стекольной промышленности «Стеклосоюз».

Дата проведения: 9–10 июня 2015 г.

Место проведения: ЦВК «Экспоцентр», павильон № 2, конференц-зал

Адрес: Россия, Москва, Краснопресненская набережная, 14

Подробности на сайте www.steklosouz.ru