

Л. С. Галецкий¹, Е. А. Ремезова¹, С. М. Лупинос², Д. В. Прутцков², В. В. Сивак³

ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ МАГНЕЗИТА УКРАИНЫ

Розглянуті розташування, геологічна структура та мінеральний склад родовищ талько-магнезитів і серпентинитів України. Дана оцінка запасів родовищ, розглянуті можливі напрями залучення руд у промислове виробництво. В зв'язку з розробкою нових технологій використання магнезиту для виробництва магнію показана доцільність ревізії родовищ і постановки розвідки на найбільш перспективних з них.

It is considered epy location, geological structure and mineralogical composition of deposits of talc– magnesites and serpentinites of Ukraine. The estimation of deposits' reserves is given, possible directions of involving of ores in industrial production are considered. In connection with new technologies development of the magnesite usage for magnesium production the expedience of deposits revision and organization of exploration on most perspective from them is shown.

Введение

В настоящее время на территории СНГ сырьем для электролитического производства товарного магния является карналлит, добываемый шахтным способом. В ходе эксплуатации Верхнекамского месторождения природного карналлита с 2006 г. на ОАО "Сильвинит" и ОАО "Уралкалий" возникли технологические трудности, которые повлекли затопление ряда шахт и сокращение объемов добычи [6]. Это вызывает интерес к разработке технологий получения хлор-магниевого расплава из магнезита – природного карбоната магния. Целью данного исследования является обзор минерально-сырьевой базы магнезитов в Украине и анализ перспектив их использования в металлургических производствах.

Обзор месторождений магнезита в Украине

Сегодня в Украине известны два месторождения, которые пока не разрабатываются. Талько-магнезиты образуют залежи метаморфогенного и гидротермально-метаморфогенного типов, которые приурочены к докембрийским толщам, содержащим железокремнистые формации [1, 5]. Они развиты в субмеридиональных структурах (Криворожско-Кременчугской, Конкско-Белозерской, Базавлуцкой, Орехово-Павлог-

радской). Распределение залежей в этих структурно-формационных зонах неравномерное. В настоящее время, кроме этих месторождений, известен ряд других перспективных рудопроявлений.

Правдинское месторождение (рис. 1, 2) талько-магнезитов и карбонатизированных серпентинитов расположено близ с. Грушевка Криничанского района Днепропетровской области в 25 км к югу от г. Днепропетровск. В геологическом строении месторождения принимают участие докембрийские кристаллические породы (карбонат-тальковые и карбонат-хлорид-тальковые сланцы; железокремнистые карбонатные кварциты; серпентиниты; амфиболиты и др.), кора их выветривания и перекрывающие их плиоцен-четвертичные песчано-глинистые отложения.

Месторождение находится в юго-западной части одноименного ультраосновного массива, который входит в Западносурскую полосу ультрабазитов. Это относительно крупное интрузивное тело северо-западного простирания с крутым северо-восточным падением. Протяженность массива – 5 км, ширина – от 300 м до 2,5 км, площадь – 11 км².

С северо-запада и юга указанный массив контактирует с комплексом гранитоидных пород, а с северо-востока – с осадочно-вулканогенными породами белозерской серии. Ультраосновные породы Правдинского массива представлены хризотилowymi, антигоритowymi серпентинитами, талько-магнезито-серпентиновыми и талько-магнезитовыми породами, а также талько-хлоритовыми и

© Л. С. Галецкий, Е. А. Ремезова, С. М. Лупинос, Д. В. Прутцков, В. В. Сивак, 2012

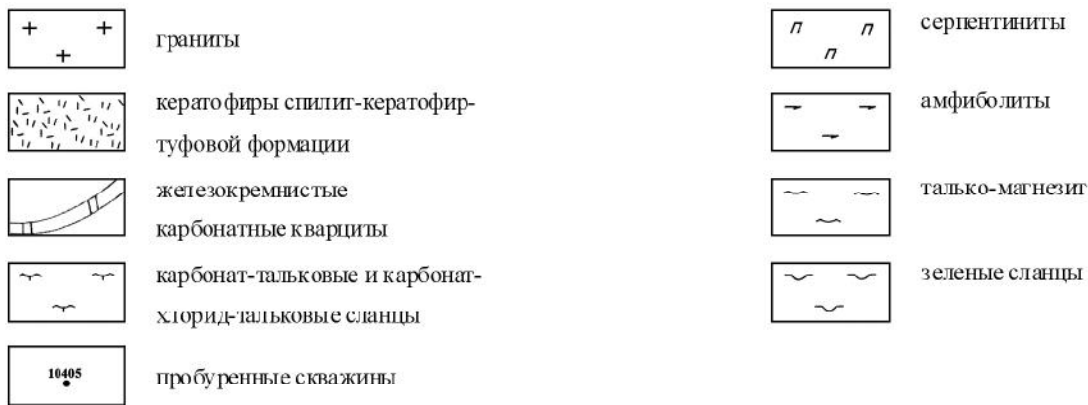
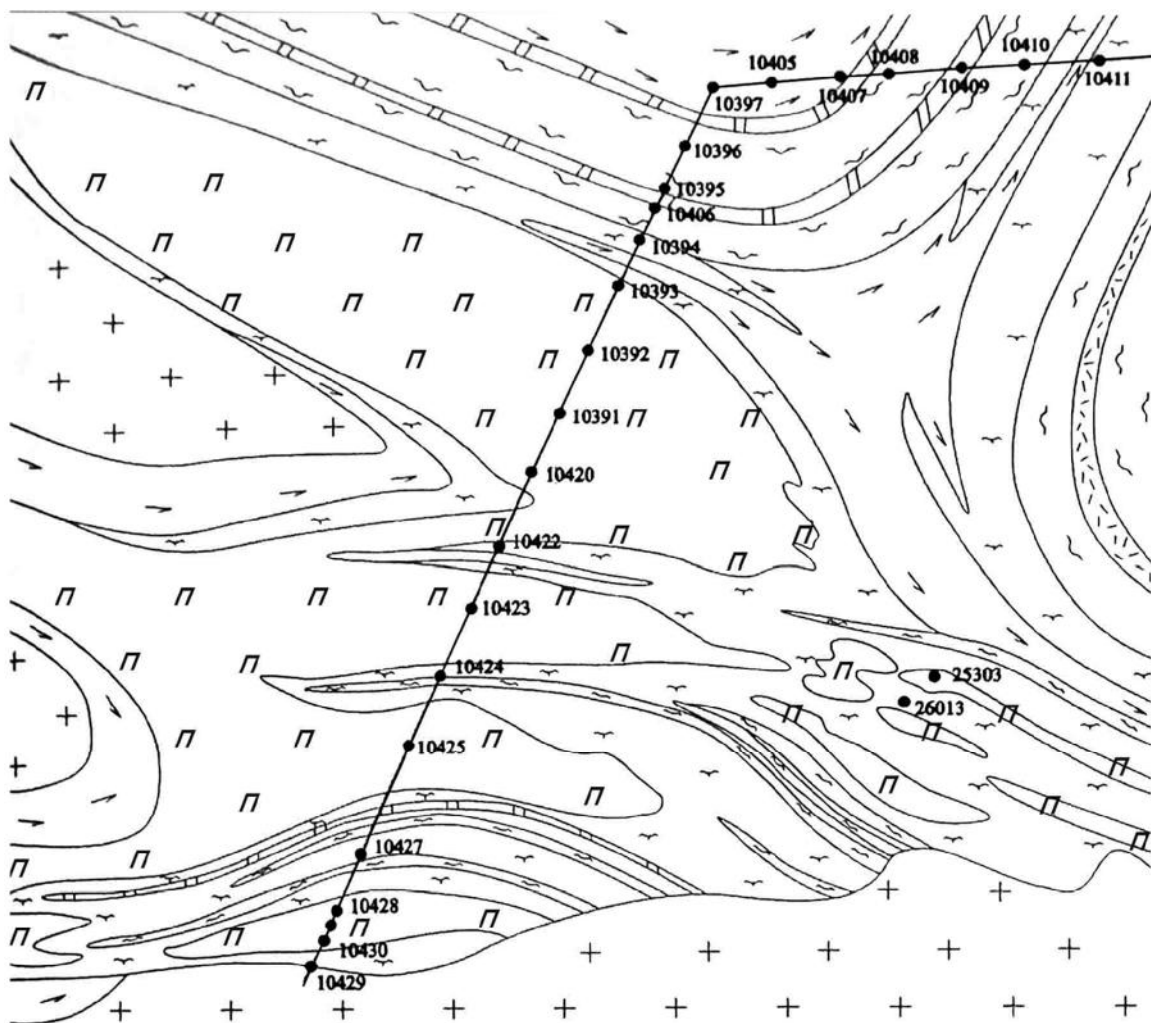


Рис. 1. Схематическая геологическая карта Правдинского серпентинитового массива Сурской брахисинклинали

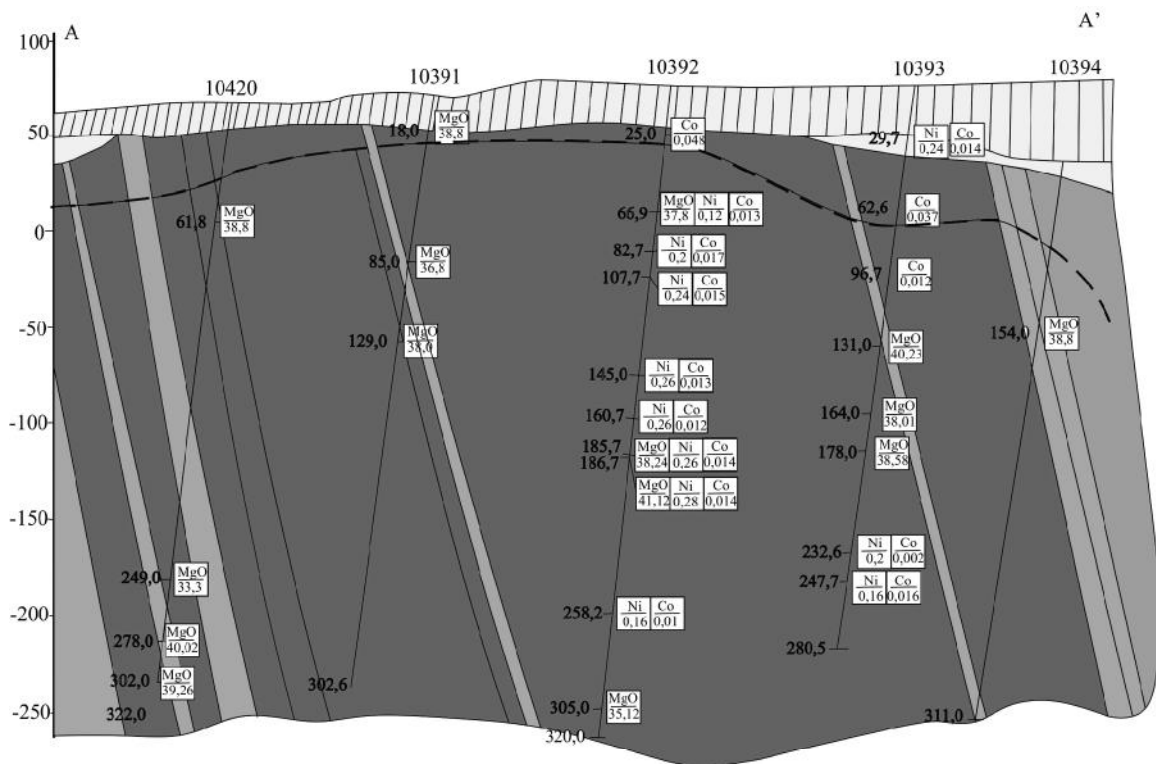


Рис. 2. Геологический разрез по линии А-А' северной части Правдинского массива

хлорито-карбонато-тальковыми сланцами. Более 2/3 массива сложено серпентинитами и талько-магнезитовыми породами. Последние составляют в массиве ряд полос (залей) протяжностью от 0,5 до 2,5 км, приурочиваясь к тектоническим нарушениям или к периферийным частям массива.

На месторождении выделено два типа руд: 1 – талько-магнезитовые породы; 2 – карбонатизированные серпентиниты. При этом учитывается химический (табл. 1) и минеральный состав, а также технологические свойства пород. Оценка качества проведена по следующим содержаниям лимитирующих компонентов (мас. доля, %): Mg – не менее 33; Al_2O_3 – не более 2; CaO – не более 2,5; Mg/SiO₂ – не менее 1,1.

Талько-магнезитовые породы (талько-магнезиты) состоят из талька (35–50%) и магнезита (40–60 %), незначительного количества серпентина (антигорита), доломита,

та, магнетита, хлорита. Массовая доля основных химических компонентов составляет, %: MgO – 32–36; SiO₂ – 25–30; Al_2O_3 – ниже 2; CaO – ниже 2.

Талько-магнезитовые породы имеют достаточно постоянный минеральный состав (тальк, магнезит, брейнерит, с небольшим количеством серпентина, магнетита, хромита, сульфидов, хлорита, доломита). Содержание карбоната в них достигает 15–93%. Количественные отношения между тальком и магнезитом варьируют от 40 до 44%.

Изученные образцы представляют собой породы светло-серой, серой и зеленовато-серой расцветки, средне- и мелкозернистые, текстура массивная, иногда сланцеватая, их структура порфирио- и лепидогранобластовая.

Магнезит (брейнерит) наблюдается в виде агрегатов и зерен изометрической, угловатой и вытянутой форм, реже присутствуют

Т а б л и ц а 1. Химический состав магнезитов Правдинского месторождения

Тип руды	Массовая доля, %			
	MgO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
Талько-магнезиты	34,84...36,41	27,17...29,59	0,28...0,79	0,26...0,76
Карбонатизированные серпентиниты	35,42...40,88	29,94...33,26	0,28...0,90	0,16...0,75

порфиобласты серовато-белого и белого цвета. Размеры зерен варьируют в широких границах – от 0,02 до 4,5 мм; преобладают зерна крупностью 0,05–0,4 мм. Отмечается неравномерное распределение минерала в породе; его количество колеблется от 45 до 55%. Отмечены зоны, где содержание магнетита достигает 65–80%. На участках пород карбонат-талькового состава содержание магнетита снижается до 40–45%, но в среднем содержание магнетита на 5–10 % превышает содержание талька.

Тальк в максимальных количествах содержится в приконтактных частях залежей. В юго-западном участке его количество составляет 41,7–80,0%. Тальк образует белые, бесцветные, иногда прозрачные агрегаты зерен продолговатой формы или представлен отдельными тонкими пластинками размером от 0,01x0,03 мм до 0,04x0,16 мм. Обычно он цементирует магнетит. Распределение минерала в породе неравномерно, часто он обособляется в отдельные участки линзовидной и неправильной форм или образует крупночешуйчатые прожилки с бледно-зеленой расцветкой, которые секут основную массу. В тальке отмечены включения магнетита.

Содержание железа в нем варьирует от 0,5 до 2,5%, а его железистость достигает 7,7–20%. Хромит содержится в подчиненном количестве в ассоциации с фукситом. Широко развиты пирит, пироксен, халькопирит и, реже, пентландит. Спорадически отмечается серпентин в виде редких реликтов (2–5%), но его содержание увеличивается в переходных серпентин-тальк-карбонатных породах. Талько-магнезиты являются комплексными рудами, поскольку, кроме талька (45–50%) и магнетита, содержат повышенное количество никеля, кобальта и хрома.

Карбонатизированные серпентиниты состоят из серпентина (лизардита, антигорита, серпофита (60–80%), карбоната (Ca-Mg-Fe) (20–40%), в том числе магнетита (10–30%), талька, магнетита, хромита. Изредка отмечаются оливин, бастит, сульфиды и др. Химический состав их такой (мас. доля, %): MgO – 36–41; SiO₂ – 31–37; Al₂O₃ < 1,0; CaO < 2,0; P и S в незначительных количествах.

Продуктивная толща месторождения с талько-магнезитами и карбонатизированны-

ми серпентинитами залегает среди метаморфических пород в виде крутопадающей (60–85°) пластиноподобной залежи северо-западного (субмеридионального) простирания. Протяженность этой толщи по простиранию – 800 м; ширина на поверхности – 150–350 м, мощность – 80–350 м. Она разведана до глубины 160–180 м, а отдельными скважинами – до 350 м. Зонай нарушений и полосой некондиционных пород продуктивная толща в центральной части месторождения разделена на юго-западный и северо-восточный участки (блоки). По первому участку протяженность составляет 600 м и мощность – 80–180 м, по второму протяженность – 800 м, мощность – 100–380 м. Мощность полосы разделяющих некондиционных пород – 10–45 м, с ростом глубины она увеличивается. С поверхности полоса представлена хлорит-карбонат-тальковыми породами, а с глубиной растет роль карбонат-тальк-хлоритовых и хлорит-актинолитовых пород.

Талько-магнезиты не имеют резких перепадов по мощности на всей территории разведанных участков и составляют в среднем около 55% объема разведанной продуктивной толщи. Карбонатизированные серпентиниты образуют в них линзовидные и неправильной формы тела, которые вытянуты по простиранию и падению залежи на 20–300 м при мощности от 1 до 80 м. Эти две разновидности руд отличаются по цвету. Талько-магнезиты – серые, серпентиниты – зеленые, серовато-зеленые породы. Отмечаются постепенные переходы одних в другие через серпентин-тальк-карбонатные породы. Мощность переходной зоны составляет 0,3–2,0 м, иногда до 15 м. Распределение серпентинитов и талько-магнезитов на юго-западном участке месторождения близко к равномерному, на северо-восточном участке отмечается рост объемов серпентинитов с северо-запада на юго-восток.

Правдинское месторождение талько-магнезитов и карбонатизированных серпентинитов было открыто в 1964 г. Новомосковской ГРЭ. Оно разведывалось в 1964–1968 гг., доразведывалось в 1971–1972 гг. ПГО "Южургеология" с утверждением запасов ГКЗ СССР в 1973 г. Общие запасы по категориям A+B+C₁ составляют 105 134 000 т, в том числе категории B – 29 502 000 т, категории C₁ – 75 632 т, при среднем содержании таль-

ко-магнезита и карбонатизированных серпентинитов 55 и 45%, соответственно. Прогнозные ресурсы до глубины 150 м составляют около 300 млн т. Для запасов установлены следующие кондиции по содержанию компонентов в пробе и по блоку (мас. доля, %): MgO – не менее 38,4; Al₂O₃ – не более 2; CaO – не более 2,5; Mg/SiO₂ – не менее 1,1. Максимальная мощность кондиционных прослоек, включенных в подсчет запасов, – 6 м, приблизительный линейный коэффициент вскрыши – 2 м³/м³.

При подсчете запасов применен метод параллельных вертикальных разрезов.

Технологические исследования талько-магнезитов и карбонатизированных серпентинитов, выполненные в годы разведки, подтвердили рентабельность добычи и возможность производства следующих основных кондиционных, в том числе и высокосортных продуктов:

1. Магнезитовых – брейнеритовых (выход 40%) и тальковых концентратов марок А и Б (выход 48%) многоцелевого назначения, которые производятся путем флотационного обогащения.

2. Форстеритовых огнеупоров, получаемых непосредственно из талько-магнезитов, а из карбонатных серпентинитов – при условии добавки 25% магнезитового концентрата.

3. Тонкоизмельченной талько-магнезитовой и карбонатно-серпентинитовой муки, которая может быть использована как наполнитель в различных производствах: при изготовлении инсектицидов для защиты растений, как высокоэффективное магнезиальное удобрение и мелиорант для кислых почв, как составляющая для жаростойких бетонов и для более долговечных рубероидов, а также для производства спецстекла и шлакобиталлов.

4. Блоков руды, из которых может производиться целнопилёный огнеупорный кирпич для вращающихся печей.

Месторождение характеризуется благоприятными горно-техническими и экономическими условиями (небольшой кровлей, значительной мощностью рудных тел и небольшими водопритоками в карьер) и может отрабатываться открытым способом. Вскрышные породы представлены корой выветривания и песчано-глинистыми обра-

зованиями неоген-четвертичного возраста (пески, глины, суглинки) суммарной мощностью от 5 до 35 м. Рыхлые породы имеют среднюю мощность 16 м. Средняя мощность рыхлой вскрыши – 16 м и скальной вскрыши – 3,9 м. Акционерным обществом "Днепр-Металл АГ" получена лицензия на разработку этого месторождения и ведется подготовка к его освоению [5].

Веселянское месторождение (рис. 3) талько-магнезитов открыто в 1952–1955 гг. в 15 км к юго-востоку от ж.-д. ст. Фисаки, на левом склоне р. Конка близ с. Веселянка Запорожского района Запорожской области в 25 км от г. Запорожье, на автостраде Москва – Симферополь. Район сложен кристаллическими сланцами докембрия (серпентинитами, тальк-карбонатными, тальк-хлоритовыми, хлорит-амфиболовыми породами). Месторождение талько-магнезитовых пород представлено тремя разведенными между собой крутопадающими (70–80°) залежами, которые вмещают линзы и прослойки серпентинитов.

Первая залежь имеет форму линзовидного тела, вытянутого в широтном направлении. Она прослеживается по простиранию на 600 м при мощности 50–100 м; на глубину залежь залегает до 100 м. Породы залежи на севере перекрываются хлоритовыми и кварц-хлоритовыми сланцами. В южной части прослеживается контакт и переслаивание талько-магнезитовых пород с амфиболитами и актинолитовыми сланцами. Встречаются граниты, которые в виде жил вскрывают породы железистой формации. Залежь талько-магнезитов включает прослойки хлоритовых, биотитовых и биотит-хлоритотальковых сланцев мощностью 0,2–2,0 м.

Вторая залежь более мощная и расположена к юго-востоку от первой на расстоянии 250 м. Простирание залежи широтное, но через 80 м оно резко меняется на северо-западное. Залежь прослежена на 1280 м и на глубину до 100 м, мощность ее составляет от 75 до 180 м. Падение залежи крутое на северо-восток под углом 75–80°. В зоне залежи встречаются розовые жильные граниты. Талько-магнезиты состоят из магнезита (24–63%), талька (16–48%), серпентина (3,0–30%), магнетита (3,0–8,0%). Отмечается присутствие благородного зеленовато-голубого талька в виде прожилок мощностью 5–20 см.

Третья залежь, прослеженная на 500 м при мощности до 100 м, имеет субширотное простирание и падение под углом 80–85°. Установлено присутствие чистого талькомагнезита, состоящего из одинаковых количеств талька и магнезита, а также талько-серпентинит-магнезита, в котором тальк

играет второстепенную роль, а основными минералами являются брейнерит и серпентин (антигорит). Магнезит находится в переманном количестве и преобладает над антигритом.

Наиболее распространенная разновидность талько-магнезита – зеленовато-серая

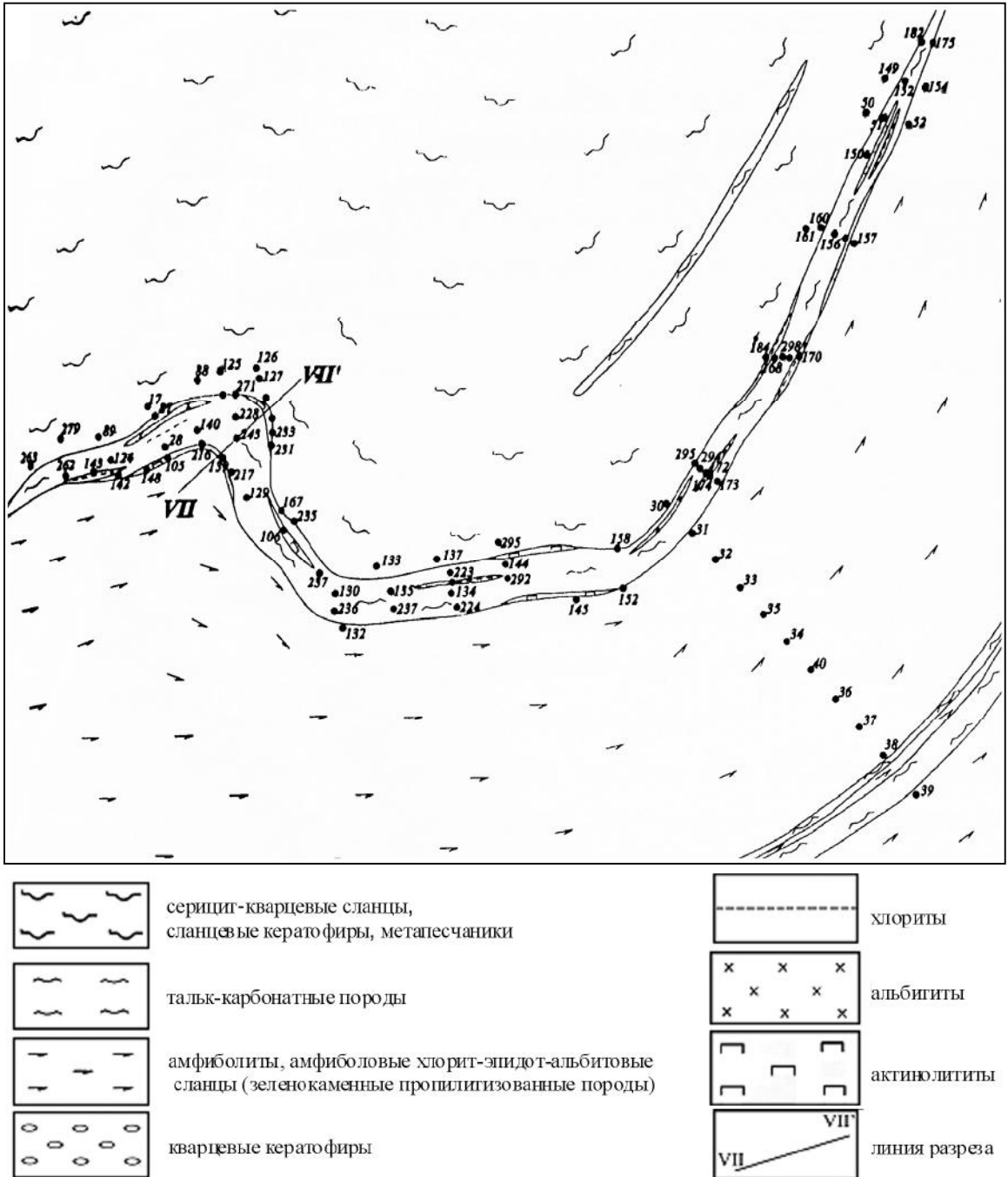


Рис. 3. Схематическая геологическая карта Веселянского месторождения талько-карбонатных пород

порода, плотная, жирная на ощупь, пористая, грубосланцеватая. Отмечается хорошая блочность – характерное свойство пород, пригодных для выпиливания огнеупорного кирпича. Содержание минералов по месторождению составляет (%): магнезит – 46–92; тальк – 42–77; магнетит – 1,5–10; кварц – 1,0–2,0 и пирит – до 1,0. Химический состав талько-магнезита относительно постоянен (мас. доля, %): MgO – 18,5–36,6; SiO₂ – 30,8; TiO₂ – 0,04; Al₂O₃ – 0,2–0,9; Fe₂O₃ – 0,1–4,5; FeO – 4,5–6,6; MnO – 0,08–0,2; CaO – 1,28; (Na₂O + K₂O) – 0,08–0,16; P₂O₅ – 0,02; SO₃ – 0,4–0,5; H₂O – 0,06–0,78; CO₂ – 25,0; П.п.п. – 24,80. В породах также содержатся элементы-примеси: Ni, Co, Cr, Zr, Cu, Pb, Ag, P, Zn [5].

В целом, химический состав талько-магнезитов этого месторождения и пород криворожской серии, которые относятся к перспективным новым объектам магнезита, достаточно близок (табл. 2).

Опробование талько-магнезитов Веселянского месторождения показало, что они пригодны для производства такой же продукции, что и из руд Правдинского месторождения.

Веселянское месторождение разведано в 1957 г., запасы его не утверждены. Они составляют по категориям (тыс. т): А – 16 338, В – 13 717, С₁ – 102 204, А+В+С₁ – 132 260. Прогнозные ресурсы по категории Р₂ до глубины 200 м достигают 250 млн т. Вскрыша мощностью 40–80 м представлена корой выветривания и песчано-глинистыми рыхлыми отложениями. Месторождение считается очень перспективным, и его ре-

альная значимость может быть уточнена после постановки детальной разведки [5].

Кроме того, в пределах Украинского щита при поисках никелевых руд в Побужье и Среднем Приднепровье исследованы серпентинитовые массивы, с которыми связаны перспективы расширения минерально-сырьевой базы магнезита. К ним относится Сурский участок в пределах северо-восточной части Правдинского массива, где выявлены комплексные руды для получения магнезита, магнетитового концентрата и хризотил-асбестового волокна. Среднее содержание MgO – 38,8%, ресурсы серпентинитов оценены в 500 млн т. Варваровский участок приурочен к ядру одноименного массива ультрабазитов. Серпентиниты прослежены отдельными скважинами на глубину 300–800 м, содержат до 40% MgO. Кроме магнезита, из этих руд возможно получение асбестового волокна. Сухохуторский участок также связан с одноименным массивом ультраосновных пород. Здесь впервые в зоне выветривания серпентинитов прогнозируются штокерковые залежи аморфного магнезита. Массив площадью около 10 км² сложен блоками серпентинитов и талько-магнезитов, усложнен тектоническими нарушениями северо-восточного, субмеридионального и других направлений. Отдельными скважинами серпентиниты прослежены на глубину 500 м. Содержание MgO составляет 36%. С нонтронитовой зоной массива связаны никелевые руды, а ниже залегают выветрелые серпентиниты, в которых выявлены жилы аморфного магнезита. Наблюдается до пяти жил на столб скважины, в которых содержа-

Т а б л и ц а 2. Химический состав талько-магнезитов Веселянского месторождения и пород криворожской серии

Компоненты	Массовая доля, %				
	1	2	3	4	5
SiO ₂	30,68	28,78	32,24	46,77	47,79
MgO	33,66	32,88	36,27	26,23	25,54
CaO	1,12	1,31	0,60	1,53	0,48
MnO	–	0,17	0,16	–	0,79
Al ₂ O ₃	0,71	2,60	2,58	9,36	5,68
Cr ₂ O ₃	0,67	–	–	–	–
Fe ₂ O ₃	5,98	4,68	5,27	3,46	3,89
FeO	4,47	5,13	4,60	5,41	7,03
Щелочи	0,06	–	–	–	–
CO ₂	22,34	20,00	19,30	–	–
H ₂ O	2,38	2,74	–	0,85	0,85

П р и м е ч а н и е. *Веселянское месторождение*: 1 – талько-магнезит, средняя проба; 2 – то же, восточный участок; 3 – то же, средняя проба обогащения; *Кривой Рог, рудник "МОГР"*: 4 – тальковый сланец; 5 – то же, балка Дубовая [1].

ние MgO – 38,7%, CaO – 46,39%. Ряд перспективных участков приурочены к капитановско-деренюхинскому комплексу Побужья. В настоящее время из выявленных 44 проявлений магнетитовых руд 17 являются перспективными.

Перспективы переработки магнетита на основе новых технологий

Традиционной областью применения магнетита является его использование для производства огнеупоров. Сегодня в Украине насчитывается 18 организаций-производителей огнеупорных изделий; поэтому, несомненно, они могут проявить заинтересованность к разработке украинских месторождений и получению сырья для производства магнетитовых, талько-магнетитовых и форстеритовых огнеупоров.

Кроме того, новым направлением использования магнетита являются теплонакопители, которые представляют собой электроустройство, позволяющее аккумулировать тепло, полученное по более дешевому тарифу в ночное время. Такую возможность дает многотарифная система учета электроэнергии. Теплонакопитель экономит электроэнергию как для потребителя, так и для производителя электроэнергии. В таких изделиях составной частью являются термокирпичи из магнетита, которые накапливают и сохраняют тепло до момента его отдачи в помещение практически без потерь. Подобные энергосберегающие технологии развиваются сейчас в странах Западной Европы и США [9].

Другим промышленно опробованным направлением может быть переработка магнетита для производства магния.

Разработанные технологические схемы извлечения магния из серпентинита и промышленных отходов производства асбеста базируются на солянокислотном выщелачивании руды или отходов с получением и последующей переработкой хлормagneйных растворов и кремнеземсодержащего остатка [10]. По другой разработанной схеме показана возможность выщелачивания оксидного магниевого сырья хлористым аммонием [11]. Однако промышленная реализация этих технологий требует существенных капитальных затрат и производ-

ственных площадей на создание и эксплуатацию гидрометаллургического передела.

Более короткий технологический и менее капиталоемкий путь разработан Институтом титана, в котором выполнены исследования процессов переработки магнетита методом хлорирования с получением хлормagneйных расплавов для электролитического производства магния [2– 4, 7, 8]. В ходе исследования кинетики процесса хлорирования в расплаве [3] и изучения механизма и кинетики процесса хлорирования в присутствии твердого восстановителя [2] показана целесообразность замены твердого восстановителя, используемого в процессе, на газообразный – оксид углерода. При исследовании механизма взаимодействия магнетита со смесью хлора и оксида углерода установлена диффузионная природа процесса, изучены закономерности массопереноса в системе [7], на основании чего была разработана технология хлорирования магнетита, реализованная на пилотной установке [4]. Предварительная газификация восстановителя позволила:

- повысить скорость хлорирования и удельную производительность хлоратора в 3 раза;

- понизить содержание примесей и улучшить качество получаемого хлоридного расплава, что позволяет улучшить показатели электролиза и повысить качество производимого электролитического магния;

- достигнуть практически полного использования хлора в процессе, что обуславливает сокращение удельного расхода хлора и снижение затрат на газоочистку;

- существенно сократить и упростить аппаратно-технологическую схему подготовки сырья к процессу хлорирования;

- повысить производительность и экономическую эффективность технологии, уменьшить удельное энергопотребление.

При промышленном оформлении разработанной технологии это даст существенное снижение капитальных затрат и себестоимости получаемого расплава хлорида магния и производимого из него магния. Полученные результаты позволяют реально рассматривать магнетит в качестве альтернативного сырья для магниевой промышленности.

В разработках Института титана использованы магнетиты Саткинского и Кирги-

тейского месторождения (Россия), отличающиеся незначительным содержанием примесей (до 2,0–6,0%). Переработка магнетитов украинских месторождений, в которых содержание примесных минералов более высокое, потребует их предварительное технологическое опробование и, возможно, разработку методов очистки от сопутствующих примесей.

Тем не менее наличие развитой инфраструктуры в регионах залегания месторождений, возможные незначительные эксплуатационные расходы при разработке позволяют рассматривать их как достаточно перспективные. Особенно интересно в этом плане Веселянское месторождение, расположенное в 25–30 км от запорожских предприятий – титано-магниевого комбината (ГП "ЗТМК"), ЧАО Завода полупроводников и ПАО "Запорожогнеупор". Это создает определенную перспективу комплексного использования его руд, особенно если с помощью методов селективного хлорирования кремнеземсодержащие минералы руды удастся вскрыть с получением хлоридов кремния для последующего производства поликристаллического кремния.

Выводы

В последние годы переоценка минерально-сырьевой базы магнетита Украины не проводилась. Однако, учитывая то обстоятельство, что экономические и промышленные требования к этому сырью изменились, целесообразно провести ревизию объектов и поставить разведку на наиболее перспективных из них. Это позволит расширить минерально-сырьевую базу для огнеупорной и магниевой промышленности, а возможно, и для других производств. Вопрос об эффективности использования магнетитов украинских месторождений в металлургической отрасли для производства магния и других сопутствующих элементов должен быть решен на основе предварительного исследования и технологического опробования сырья рассмотренных месторождений.

1. *Бондарчук В. Г.* Геологія родовищ корисних копалин України. – К.: Наук. думка, 1966. – 302 с.
2. *Лупинос С. М.* Исследование процессов хлорирования оксидного магниевого сырья

с использованием твердого восстановителя // *Металлург. и горноруд. пром-сть.* – 2011. – № 2 (267). – С. 75–79.

3. *Лупинос С. М., Прутцков Д. В., Петрунько А. Н.* Разработка технологии получения хлормagneиных расплавов из природного карбоната магния // Там же. – 2010. – № 4 (262). – С. 98–102.
4. *Лупинос С. М., Прутцков Д. В., Динник Ю. А.* Влияние состава расплава на кинетику процесса хлорирования карбоната магния смесью хлора и оксида углерода // *Теория и практика металлургии.* – 2011. – № 3–4. – С. 78–82.
5. *Металічні і неметалічні корисні копалини України.* Т. 2. Неметалічні корисні копалини / *Гурський Д. С., Єсипчук К. Ю., Калінін В. І.* та ін. – К.; Львів: Центр Європи, 2006. – 552 с.
6. *Мордюшенко О.* "Уралкалий" ликвидирует фабрики // *Коммерсантъ.* – 2011. – № 74 (4615).
7. *Прутцков Д. В., Лупинос С. М., Криворучко Н. П.* Исследование процесса хлорирования магнетита смесью хлора и оксида углерода на пилотной установке // *Металургія: Наук. пр. ЗДІА.* – Запоріжжя: РВВ ЗДІА, 2010. – Вип. 21. – С. 33–43.
8. *Прутцков Д. В., Лупинос С. М., Рябухин Ю. М.* Закономерности механизма взаимодействия магнетита со смесью хлора и оксида углерода и массоперенос в рассматриваемой системе // *Теория и практика металлургии.* – 2010. – № 3–4 (76–77). – С. 110–116.
9. *Теплоакопители.* Интернет – ресурс. <http://vertical.ua/tovar/teplonakopiteli>.
10. *Фрейдлина Р. Г., Грибов В. И.* Комплексная переработка промышленных отходов с получением сырья для производства магния и кремнеземной продукции // *Цвет. металлургия.* – 2010. – № 6. – С. 29–37.
11. *Щеголев В. И., Татакин А. Н., Безукладников А. Б. и др.* Исследования по подготовке оксидного магниевого сырья к электролитическому получению магния // *Цвет. металлы.* – 2000. – № 1. – С. 52–55.

¹Ин-т геол. наук НАН Украины,
Киев
E-mail: remezova-e@mail.ru

Статья поступила
27.10.11

²Гос. науч.-исслед. и проект. ин-т титана,
Запорожье

³ГП "ЗТМК",
Запорожье