

## **СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПРОИЗВОДСТВА МАГНИЯ**

Магниевая промышленность России на современном этапе развития представлена двумя электролитическими производствами ОАО «СМЗ» и ОАО «ВСМПО-АВИСМА», суммарная производительность которых составляет в среднем 24 тыс. т в год [1]. В то же время в соответствии со стратегией развития металлургической промышленности России на период до 2020 г. увеличение спроса на магний будет происходить совместно с развитием высокотехнологичных отраслей экономики – авиа- и ракетостроения, судостроения, автомобильной промышленности, нефтегазодобывающей отрасли. Согласно стратегии перспективный спрос на магний для нужд российской экономики оценивается в 75–80 тыс. т. В условиях увеличения объемов производства магния и сохранения экспортных поставок на уровне 2007 г., емкость внутреннего рынка магния к 2020 г. должна составить 100 тыс. т [2], что на 74 тыс. тонн больше, чем сегодняшний объем производства магния в России.

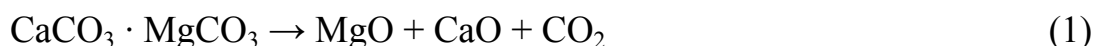
Альтернативой электролитическому способу получения магния является принципиально отличающийся силикотермический способ производства, который очень динамично развивается последние два десятилетия. На сегодняшний день на долю силикотермического способа приходится около 80 % от мирового объема производства магния в год [3].

При этом необходимо отметить, что электролитический способ получения магния из карналлитового сырья (русская технология) является достаточно сложным, многостадийным ресурсо- и капиталоемким экологически неблагоприятным. Так в электролитическом способе производства при получении тонны магния-сырца выделяется 2,9 т хлора и расходуется около 22 т природного карналлита, содержащего в своем составе 8,7 % магния (карналлит Верхнекамского месторождения).

Учитывая прогнозируемый спрос и недостатки электролитического способа производства магния, представляется интерес рассмотреть возможность получения магния в России из доломитового сырья по более экологически безопасной, ресурсосберегающей технологии производства – силикотермическим способом.

В настоящей работе дана качественная и количественная оценка сырьевой базы доломита Свердловской области, приведены геологическое строение, гидрогеологическая и горнотехническая оценка условий выработки месторождений доломита Свердловской области.

В качестве основного сырья для получения магния по силикотермическому способу служит доломит [4], который предварительно обжигают с целью получения оксидов Mg и Ca по уравнению реакции (1).



Силикотермический способ получения магния основан на восстановлении магния из обожженного доломита ферросилицием по уравнению реакции (2).



Для производства одной тонны первичного магния силикотермическим способом с учетом среднего содержания магния в руде (12 %) необходимо около 11,5 т доломитового сырья. Отходы силикотермического производства магния, представленные двух кальциевым силикатом, могут быть использованы для производства портландцемента.

Кроме того, процесс восстановления магния можно осуществлять в специальных ретортах, которые обогреваются природным газом. Это позволяет избежать существующего в Свердловской области дефицита электроэнергии, ограничивающего развитие производственных мощностей многих энергоемких производств и снизить себестоимость получаемого магния за счет использования более дешевого природного газа.

На территории Свердловской области имеются значительные разведанные доломитовые залежи с запасом сырья около 80 млн т, сконцентрированные в Билимбаевском районе на территории Муниципального образования «Город Первоуральск» и представленные Чернореченским и Бойцовским месторождениями [5]. В настоящее время доломиты Бойцовского месторождения используются в черной металлургии и для производства доломитовой муки и строительного щебня. Остальные месторождения не эксплуатируются.

Залежь доломитов Чернореченского месторождения приурочена к полосе развития карбонатных пород, которая расположена в зоне сочленения Дружининской структуры и Черемшанской синклинали Улсовско-Билимбаевского синклинория [6]. Она представляет собой пластообразное тело, простирающееся в северо-восточном направлении на 1040 м с крутым падением на восток под углом 70°. Ширина залежи доломитов 410–440 м. Текстура доломитов чаще массивная, реже – слоистая, участками – брекчиевая.

Формирование Чернореченского месторождения доломитов связывается с процессами накопления терригенных, терригенно-карбонатных и карбонатных толщ среднепалеозойского шельфового комплекса. В последующем эти залежи подвергались зеленосланцевому метаморфизму с частичным перераспределением органического вещества при формировании зон кальцити-

зации. Современная история месторождения обусловлена развитием карстовых процессов [6].

Строение залежи простое, глубина до 75 м от дневной поверхности (горизонт +260 м) [7]. По сложности геологического строения Чернореченское месторождение относится ко второй группе по классификации Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых. Горнотехнические условия отработки месторождения простые [7]. Запасы металлургических доломитов Чернореченского месторождения по категориям C1 + C2 составляют 29,8 млн т [8].

Бойцовское месторождение приурочено к северо-западной краевой части Черемшанско-Цибихинской синклинали, входящей в состав Билимбаевского синклинория, в пределах которого четко выделяются два стратиграфических горизонта, где локализуются промышленные залежи металлургических доломитов – это карбонатные толщи верхнего ордовика и эйфельского яруса среднего девона. Мощность толщи верхнего ордовика превышает 300 м и залегает в виде субмеридиональной полосы длиной 420 м, при ширине 190–230 м с азимутом простирания 20°, с восточным падением под средним углом 60°. Мощность отложений эйфельского яруса достигает 500 м.

Общие запасы Бойцовского месторождения составляют 15 млн тонн [5]. Бойцовское месторождение сложено в западной и центральной частях доломитами (69 % объема полезной толщи), в восточной части доломитизированными известняками (22,6 % объема), с подчиненными прослоями чистых известняков (4,0 % объема) и редкими прослоями песчаников (0,8 % объема). Доломиты пользуются наибольшим распространением на месторождении. Среди доломитов на месторождении выделены следующие разновидности: мраморовидные доломиты, псевдобрекчиевые доломиты, пелитоморфные доломиты и доломитовая брекчия. Наиболее распространены мраморовидные и псевдобрекчиевые доломиты. Пелитоморфные доломиты и доломитовая брекчия менее.

Строение залежи простое, глубина до 60–70 м от дневной поверхности (горизонт +250 м). По сложности геологического строения Бойцовское месторождение относится ко второй группе по классификации Государственной комиссии по запасам полезных ископаемых. Полезная толща месторождения обводнена, расчетные водопритoki в карьер до горизонта 250 м незначительны. Гидрологические условия разработки месторождения благоприятны. Горнотехнические условия отработки месторождения простые [5].

Оба месторождения (Чернореченское, Бойцовское) расположены в районе с развитой сетью автомобильных и железных дорог. Необходимые энергетические ресурсы для электроснабжения месторождений имеются. Снабжение электроэнергией Бойцовского месторождения осуществляется от Уральского энергетического кольца [5].

Для производства магнезия силикотермическим способом в качестве сырья может применяться практически любой доломит, но с целью достижения оптимальных показателей процесса крупным отечественным исследователем

силикотермического способа производства магния А.Ю. Тайцем все же сформулирован ряд требований к химическому составу доломита [4]:

1. отношение  $\text{MgO} : \text{CaO}$  (мас.) не ниже 0,65;
2. сумма примесей  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$  не выше 2,5 мас. %;
3. сумма  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  не больше 0,3 мас. %

В теоретическом составе доломита содержание основных компонентов составляет, в мас. %:  $\text{MgO}$  – 21,86;  $\text{CaO}$  – 30,41;  $\text{CO}_2$  – 47,73, а молярное соотношение  $\text{MgO} : \text{CaO}$  (моль) = 1 : 1 в массовом выражении имеет значение  $\text{MgO} : \text{CaO}$  (масс.) = 0,7188. Таким образом требование Тайца А.Ю. к соотношению  $\text{MgO} : \text{CaO}$  (мас.) = 0,65 допускает 10 % (отн.) избыток  $\text{CaO}$ .

В предыдущей работе [9] методами эмиссионного спектрального анализа с индуктивно-связанной плазмой и рентгенофазового анализа были исследованы химический и фазовый составы доломитовой руды месторождений Свердловской области. Результаты исследований показали, что среднее содержание компонентов в руде следующее:  $\text{MgO}$  18,74–20,39 %;  $\text{CaO}$  31,06–33,02 %;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,08–0,17 %;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0,03–0,04 %;  $\text{Na}_2\text{O}$  0,02–0,05 %;  $\text{SiO}_2$  0,004–0,007 %. При этом основная фаза в руде со структурой доломита, а дополнительная фаза, содержание которой изменяется в пределах 4,9–12,5 % со структурой кальцита. Таким образом, было установлено, что доломитовая руда месторождений Свердловской области достаточно высокого качества (не загрязнена вредными примесями щелочных и тяжелых металлов) и удовлетворяет технологическим условиям силикотермического способа.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что на территории Свердловской области имеются значительные разведанные залежи доломита высокого качества, кроме того, область обладает достаточным количеством сырьевых и топливно-энергетических ресурсов. Это обуславливает возможность и перспективность реализации ресурсосберегающей экологически безопасной технологии производства магния силикотермическим способом, а именно применения доломита в качестве сырья в силикотермическом способе производства магния.

#### Список использованных источников

1. Годовой отчет СМЗ 2010. Издательство Соликамск: РПК Графикс, 2011. 64 с.
2. Стратегия развития металлургической промышленности России на период до 2020 года. 2009. 133 с.
3. The Ten Year Strategic Outlook for the Global Magnesium Market. A multiclient report prepared by C&M. 2009. 190 с.
4. Стрелец Х.Л., Тайц А.Ю., Гуляницкий Б.С. Металлургия магния. М.: Металлургиздат. 1960. 480 с.
5. Аникеева Л.Ф., Репина Н.И., Демаков В.В., Семерун В.А. Разведка и переоценка Северного участка Бойцовского месторождения доломитов в Первоуральском городском округе Свердловской области : Отчет ЗАО «Уралгеолстром» за 2008 год с подсчетом запасов по состоянию на 1 января 2008 года, в 1 книге и папке, 107 стр. текста, 15 иллюстраций, 36 таблиц, 147

стр. текст. прил., 20 л. граф. прил., 21 библи. (ФГУ НПП «Росгеолфонд», ФГУ Св.ТФИ по УрФО, ООО «Карьер «Бойцы»). Свердловская область, 0-40-XXX.

6. *Соколова Ю.А.* Особенности состава и условия образования Чернореченского месторождения доломитов : Материалы Уральской горнопромышленной декады, г. Екатеринбург, 9-18 апреля 2007 г. / Н. Г. Валиев (отв. за выпуск) и др. Екатеринбург: УГГУ, 2007. 227 с.

7. Постановление Правительства Свердловской области и Главного Управления природных ресурсов и охраны окружающей среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации по Свердловской области от 07.10.2003 № 618-ПП/17 «Об аукционе на право пользования недрами в целях разведки и добычи металлургических доломитов Чернореченского месторождения» («Областная газета» от 25.10.2003 № 237).

8. Протокол научно-технического совета Государственного управления природных ресурсов по Свердловской области от 14.04.2003 № 22.

9. *Белоусов М.В., Ракипов Д.Ф.* О сырьевых источниках силикотермического производства магния Современные техника и технологии СТТ – 2010 : сборник тр. XVI Междунар. науч.-практ. конференции студентов и молодых ученых. Томск: Томский политехнический университет. 12–16 апреля 2010 г.