

Сорошева Саргылана Викторовна

канд. пед. наук, доцент

Якутский институт водного транспорта (филиал)

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный

университет водного транспорта»

г. Якутск, Республика Саха (Якутия)

DOI 10.21661/r-564636

РАСПРОСТРАНЕНИЕ ДОЛОМИТА И ИССЛЕДОВАНИЯ ДОЛОМИТОВОГО ЦЕМЕНТА

***Аннотация:** в статье рассматривается распространение доломита в России и исследования по его применению в качестве магнезиального вяжущего. Автором отмечено, что система технологических решений может быть использована при проектировании производств и освоении новых месторождений магнезиальных горных пород.*

***Ключевые слова:** доломит, легкие бетоны, строительство, строительные материалы, магнезиальное вяжущее.*

Доломит – это горная порода более чем на 90% (в зависимости от месторождения) состоящая из минерала доломит, принадлежащего к классу карбонатов, и по своей химической формуле представляет $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Минерал назван в честь французского химика и минеролога Д. Долонье (1753–1801). Доломит отличается от известняка меньшей растворимостью и более сильным блеском и достоверно определяется химическим анализом. Он может использоваться для тех же целей, что и известняк. Но вместе с тем, доломит может находить применение в таких отраслях, как нефтедобывающая промышленность, строительство, металлургия, производство огнеупоров, получение магнезии и др. Это может стать основой импортозамещения и источников валютных поступлений [2].

В Европе одно из первых мест по залежам и добыче этого полезного ископаемого, относящегося к верхнедевонским отложениям Палеозойской эры (более 400 млн. лет назад), образовавшимся в результате выпадения солей водных

растворов древних морей, занимает Республика Беларусь. Из всех месторождений промышленное значение имеет Рубовское, мощность доломитовых пород может находиться в пределах 70–90 м [2].

В Якутии широко распространены доломиты ниже- и среднекембрийского возраста. Породы большинства из них служат в качестве отсыпки балластного слоя дорог и наполнителя для цемента. Всего на территории известно 38 месторождений, из которых два относятся к рангу крупных, четыре – к рангу средних, 32 – к рангу малых месторождений доломита. Из них 4 эксплуатируются, одно не разведано, остальные относятся к подготавливаемым к освоению или отнесены к нераспределенному фонду.

В отложениях титаринской свиты месторождения Еланское доломиты представлены пластовыми субгоризонтальными залежами мощностью 14–24 м. Удельный вес – 2,74–2,94 г/см³, объемная масса – 2,6–2,8 г/см³, водопоглощение – 0,2–2,0%, пористость – 1,10–10,64%, механическая прочность при сжатии – 814,3–2534,8 г/см², морозостойкость – 50 циклов. Породы соответствуют ГОСТ на щебень для обычного бетона любых марок для гидротехнического бетона, а также для покрытий в дорожном строительстве и для бутового камня. Балансовые запасы доломита по категориям А + В составляют 3242909 м³.

К доломитовому сырью в пределах унгелинской свиты нижнего кембрия относятся 12 месторождений. Наиболее изученное из них крупное месторождение Базовое (Кырбыкан). Мощность доломитов унгелинской свиты составляет до 40 м. Они имеют следующие характеристики: прочность составляет 990 кг/см³, объемная масса – 2,67 г/см³, плотность – 2,85 г/см³, пористость – 6,32%, водопоглощение – 0,94%, коэффициент размягчения – 0,85, морозостойкость соответствует марке «300». В соответствии с ГОСТ 8269–87 доломиты пригодны в качестве бутового камня для стпирительных работ. Прогнозные ресурсы по категории Р₂ составляют 65 м³.

К месторождениям в пределах олекминской свиты среднего кембрия относятся девять месторождений. Месторождение Улу расположено в 10 км севернее пос. Улу, в 500 м от железнодорожной ветки Томмот-Алдан. Тонкозерни-

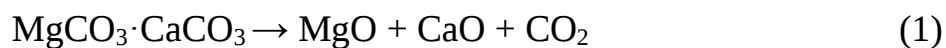
стые серые массивные доломиты мощностью 5–24 м, перекрытые толщей элювиальных глин и суглинков мощностью 4,5–11,5 м. Доломиты имеют объемный вес – 2,61 г/см³, удельный вес – 2,71 г/см³, пористость – 3,7%, водопоглощение – 0,6%, по морозостойкости соответствуют маркам «100», «150» и «3002 в соответствии с ГОСТ 8267–75. Доломиты пригодны для производства щебня для засыпки балластного слоя железнодорожных путей. Запасы месторождения категорий А + В + С составляют 1294 тыс. м³.

Малые месторождения доломита, расположенные вдоль железнодорожной трассы Томмот-Алдан и автомагистрали А-360, локализованные в породах унгелинской и олекминской свит раннего кембрия, по своим характеристикам аналогичны вышеописанным. Целенаправленных исследований состава и свойств данных месторождений практически не проводилось.

Также известно четыре месторождения доломита, локализованных в отложениях усть-ботомской свиты среднего кембрия на правом берегу р. Лена в устьевой части рек Лютенге, Менда и Кирил. Технические характеристики данных месторождений аналогичны вышеописанным. Наиболее крупное месторождение Хонкочох расположено в нижнем течении р. Кирил. Подсчитаны запасы доломита по категориям А + В + С – 877 тыс. м³.

Месторождения Лютенке-1 и Лютенке-2 расположены в устьевой части р. Лютенге. Запасы месторождений по категориям А + В + С составляют 348 и 986 тыс. м³ [6].

При нагреве доломит разлагается на оксиды магния, кальция и углекислый газ:



В зависимости от температуры обжига можно получать вяжущие материалы для строительства различного состава и назначения. В зависимости от содержания продуктов разложения можно выделить следующие вяжущие:

- каустический доломит;
- доломитовый цемент;

– доломитовая известь.

Каустический доломит состоит в основном из MgO и CaCO_3 и получают его при температуре до $750\text{ }^{\circ}\text{C}$. Доломитовый цемент, состоящий из MgO , CaO и CaCO_3 , получают при температуре разложения CaCO_3 доломита. В этом случае выделяется часть углекислоты. Доломитовая известь, состоящая из MgO и CaO и получаемая при температуре $900\text{--}1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, обладает теми же свойствами, что и обычная известь, применяется для отделки и побелки помещений, с тем преимуществом, что более устойчива и имеет глянцевый блеск [2].

Несмотря на то, что основным вяжущим в строительстве является портландцемент, в последние годы возрастает и потребность в магнезиальных вяжущих. Благодаря их белизне и введению таких пигментов, как мел, охра, сурик, оксид марганца, ультрамарин и др., можно изготавливать изделия различных цветов.

К настоящему времени можно выделить несколько направлений создания строительных материалов:

- теплоизоляционные конструктивные материалы с органическими заполнителями (ксилит, фибролит и др.);
- пенобетон на магнезиальном вяжущем;
- облицовочные материалы;
- сухие строительные смеси;
- кровельные безасбестовые листы на магнезиальном вяжущем.

Магнезиальные вяжущие имеют ряд достоинств: высокая прочность сцепления с заполнителями, быстрый набор прочности в начальный период.

В металлургии используется главным образом обожженный при достаточно высокой температуре ($1500\text{--}1700\text{ }^{\circ}\text{C}$) доломит или флюсы на его основе. От металлургического доломита требуется высокая степень спекания, что обеспечивает его устойчивость против гидратации.

Доломитовые огнеупоры получили широкое распространение в европейских странах для футеровки электропечей, ковшей, конвекторов, вращающихся печей и др. Эти огнеупоры имеют широкое применение в строительной отрасли для футеровки цементных печей, они устойчивы к основному (клинкерному)

расплаву. В Республике Беларусь проведен цикл научных исследований по разработке технологии получения доломитового огнеупора из доломитовой муки, кварцевого песка и апатитового концентрата.

Получение магния из обожженного доломита дает возможность комплексного решения проблемы, ориентированной на создание широкой номенклатуры сырья новых материалов для металлургии и машиностроения. Китай, располагая в достаточном количестве запасами этого минерала, за короткое время стал основным поставщиком магния в мире. Объемы производства этого металла в Китае около 600–700 тыс. т, что составляет около 80% мирового производства. Спрос на этот металл возрос в первую очередь в самом Китае (30% мирового спроса), экспансия магния началась с возможностью замены алюминиевых и других сплавов в машиностроении, в том числе двигателестроении.

Магний – самый легкий и достаточно широко распространенный металл. При плотности $1,74 \text{ г/см}^3$ он в 4,5 раза легче железа, в 5 раз – меди, в 2,6 раза – титана и в 1,6 раза – алюминия. Магниевого сплавы обладают очень хорошей вибрационной и демпфирующей прочностью, которая в 100 раз выше, чем у дюралюминия, и в 20 раз, чем у легирующей стали. Эти сплавы незаменимы в деталях, работающих на продольный и поперечный изгиб, и превосходят алюминиевые на 20%, а стальные на 50%.

Рынок магния, в первую очередь, связан с изготовлением изделий из легких алюминиевых и магниевых сплавов (40–60%) для авиа- и автомобилестроения; в черной металлургии для раскисления, десульфации и модифицирования чугуна с целью получения сплавов с шаровидным графитом (до 11–16%); при производстве магниевых протекторов для защиты от коррозии (до 8%); в металлургических процессах для получения трудно восстанавливаемых и редких металлов (Ti, Hf, Zr и др.) (7–15%). Составы из порошков магния с окислителями служат как зажигатели и осветители [8].

Таким образом, следует говорить о целесообразности комплексного подхода в переработке и использованию доломита в строительстве, сельском хозяйстве, металлургии и машиностроении. В строительстве применение доломитов пред-

ставляется эффективным в плане расширения номенклатуры магнезиальных вяжущих. В отличие от магнезитов и бруситов, месторождения которых в РФ распределены неравномерно, доломиты широко распространены по всей стране (более 100 месторождений с суммарными запасами около 9 млрд т породы) [7].

Известные строительные материалы, как правило, отличаются высокой стоимостью, что обусловлено значительными затратами на энергоносители и транспортные расходы. Поэтому важно в производстве отдавать предпочтение материалам на основе местного сырья и отходов промышленности. В связи с этим наиболее перспективным направлением является использование малоэнергоемких быстротвердеющих вяжущих, к которым относятся магнезиальные вяжущие. Наиболее известный компонент магнезиальных цементов – каустический магнезит – не может удовлетворить растущие потребности промышленности строительных материалов вследствие ограниченности сырьевой базы. Поэтому с конца 1990-х гг. в России наблюдается рост интереса к исследованиям по другим видам карбонатного сырья для магнезиальных цементов, наиболее распространенными из которых на территории страны являются доломитовые породы. Рассмотрим российскую научную школу по применению доломитов.

В исследовании М.Ю. Истомина (Улан-Удэ, 1998) [4] впервые рассматривается оптимизированный режим обжига крупных кристаллических доломитов, содержащих оксид магния 17–21% и оксид кальция 31–36%, разработан состав магнезиально-доломитового цемента, состоящего из каустического доломита, содержащего оксида магния не менее 19,1% и оксида кальция не более 3% и жидких отходов от промышленного производства полиэтилсилоксановых жидкостей и получены стеновые материалы на основе магнезиально-доломитового цемента. Разработанная технология позволила получить состав эффективного стенового материала теплопроводностью в 2,5 раза ниже, чем у стенового керамического кирпича и в 1,5 раза ниже, чем у блоков из ячеистого бетона. В работе использовались доломиты Тарабукинского месторождения Заиграевского района Бурятии с содержанием оксида магния от 17 до 21% и оксида кальция от 31 до 36%. В качестве заполнителей использовались:

- древесные опилки хвойных пород насыпной плотностью 150 кг/м³, крупностью 0–10 мм;
- вспученный перлит насыпной плотностью 400 кг/м³, крупностью 0–10 мм;
- вспученный полистирол насыпной плотностью 30–35 кг/м³, крупностью 1,25–10 мм;
- доломитовая крошка насыпной плотностью 1680 кг/м³, крупностью 0–10 мм.

В результате при использовании вспученного перлита – прессование позволило сократить жидко/твердое отношение в 3,1 раза; при использовании плотных заполнителей – прессование позволяет снизить расход вяжущего в 2,5 раза, по сравнению с пластичным формованием. В результате эксперимента было установлено, что оптимальным является воздействие электромагнитным полем от 1 до 5 часов после затворения цемента; при оптимальном воздействии повышается прочность материалов на 30–50% в зависимости от количества заполнителя. Практическим результатом экспериментальной работы стал выпуск мелкоштучных стеновых материалов на основе магнезиально-доломитового цемента [4].

А.М. Душевиной (Барнаул, 2005) выполнено комплексное исследование Таензинского месторождения Кузбасса как сырья для производства каустического доломита, теплоизоляционных и отделочных материалов с его использованием для сталеплавильных процессов. Режим отжига позволил получить магнезиальные вяжущие вещества максимальной прочности. Соотношения между вяжущим и органическим заполнителем составов ксилолитовых смесей позволили получить теплоизоляционный и теплоизоляционно-конструктивный материалы. Выявлено, что наиболее эффективным заполнителем при производстве доломитового кирпича – стенового и отделочного материала – является молотый природный доломит. На основе выполненных исследований разработан технологический регламент на производство офлюсованного доломита с подготовкой сырьевой смеси по мокрому способу, с последующим обжигом сырьевого шлама во вращающейся печи, работающей на твердом топливе. Технологический регламент на производство офлюсованного доломита из доломитов Таензинского месторождения принят Яшкинским цементным заводом. Сырьевая смесь, состоящая из доломита, колошниковой пыли,

суперпластификатора С-3, подвергалась мокрому помолу и обжигалась во вращающейся печи, работающей на твердом топливе. В результате был получен офлюсованный доломит, удовлетворяющий требованиям ТУ 0753–0001–59237660–2002, следующего химического состава: CaO – 51,71%, MgO – 33,59%, Fe_2O_3 – 7,54%, Al_2O_3 – 1,66%, SiO_2 – 4,91% [3].

А.В. Носов (Белгород, 2014) добился значительного снижения температуры карбонизации магниевой составляющей породы путем добавления при обжиге добавок-интенсификаторов, и данный способ позволяет получить магниальное вяжущее из доломитовых пород любой степени закристаллизованности. Одновременное образование MgO кристаллизации CaCO_3 обеспечивает высокие технические характеристики и прочность получаемого вяжущего [7]. Выявлено, что высокая прочность сцепления продуктов гидратации доломитового вяжущего с зернами заполнителя зависит от вида гидратных фаз и обуславливается хорошей адгезией $5\text{MgO} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$ и снижается прочность сцепления магниального камня с заполнителем. При разработке композиций на доломитовом вяжущем можно использовать как карбонатные, так и кварцевые пески, по содержанию аморфного кремнезема удовлетворяющие ГОСТ 8736–93. Разработанный эффективный способ получения магниального вяжущего из доломитов при пониженных температурах обжига (550–650 °C) позволяет уменьшить затраты энергии на обжиг, утилизировать накопленные в отвалах доломиты и является целесообразным как с экономической, так и экологической точки зрения. Энергоэффективная технология вяжущего из доломитов, заключающаяся в совместном помоле доломитовой породы со шламом карналлитового хлоратора, последующей их грануляции и обжиге, позволила снизить себестоимость вяжущего в 10 раз ниже рыночной стоимости порошка магнезитового каустического (ПМК-75), а полученное при этом вяжущее не уступает по прочностным характеристикам. Результаты использованы при внедрении технологии вяжущего из доломитов Саткинского месторождения и применены при закладке участка шахты «Магнезитовая» Белгородской области.

Т.Н. Черных (Томск, 2016) развивает представления о протекании процессов при термообработке магнезиальных пород, устанавливает закономерности влияния химического и механического способов интенсификации на процесс термического разложения магнезиального сырья и формирование фазового состава порошков магнезиальных вяжущих, уточняет процессы, происходящие при твердении магнезиальных композиций в присутствии модифицирующих добавок [9]. Исследователем установлено, что эффективность действия добавок-интенсификаторов процесса разложения магнезиальных минералов при обжиге определяется химической природой вещества, которым является добавка при температуре разложения интенсифицирующего минерала. Наиболее эффективными интенсификаторами являются минеральные соли (нитраты, хлориды, фториды щелочных и щелочноземельных металлов) в связи со способностью их ионов адсорбироваться из водного раствора на заряженной поверхности исходных частиц. Эффективность добавки убывает с увеличением электроотрицательности катиона в ряду и уменьшением электроотрицательности аниона. Установлено, что твердение сульфомагнезиальных композиций происходит с формированием гидроксида магния в слабокристаллизованной форме, при этом повышение плотности сульфатного затворителя практически не увеличивает прочность сульфомагнезиального камня, несмотря на рост количества гидрооксисульфата магния. Внедрение результатов эксперимента произведено на Тагильском огнеупорном заводе. Разработаны нормативные и технические документы ТУ 5744–001–60779432–2009 «Магнезиальное вяжущее строительного назначения. Технические условия», ТУ 7266–001–72664728–2014 «Доломитовое вяжущее строительного назначения. Технические условия», ТУ 5742–001–30986470–2013 «Листы СМЛ-Пласт для наружной и внутренней отделки», ТУ 5742–001–91330559–2012 «Листы ECOLIST для наружной и внутренней отделки», технологические регламенты на производство магнезиальных вяжущих веществ.

И.Р. Капуш и А.С. Семенов (Владимир, 2022) рассматривают варианты внедрения отходов горнодобывающей промышленности Владимирской области в производство строительной продукции. Объем финансирования горнодобы-

вающей промышленности и график изменения числа объектов горной добычи в сравнительном разрезе с 2012 г. по 2020 г. увеличился на 2422 млн. руб. и 104 объекта соответственно. При этом ежегодный объем отходов горнодобывающей промышленности также увеличивается, что видно из табл.1.

Таблица 1

Ежегодный объем отходов горнодобывающей промышленности
во Владимирской области

Год	Объем отходов, млн. т
2012	3334,6
2013	3818,7
2014	4629,3
2015	4701,2
2016	4807,3
2017	4653,0
2018	4723,8
2019	4968,1
2020	5386,2

Особый интерес вызывают залежи доломита и бурсита, имеющиеся в Муромском и Меленковском районах Владимирской области. Минералогический состав отходов доломита представляет собой: доломит – 95,22%, кварц – 0,62%, кальцит – 4,16%.

Как видно из таблицы 4, синтезируемые бетоны, полученные из отходов доломита и костры технической конопли, также являющейся побочным продуктом технической продукции, удовлетворяют нормам и требованиям материалов этого класса.

Таблица 2

Свойства легких бетонов

Вид бетона	Значение характеристик			
	Плотность, г/см ³	Прочность на сжатие, МПа	Теплопроводность, Вт/м°С	Морозостойкость, цикл
Теплоизоляц.	≤ 500	≥ 0,3	0,05–0,14	Не нормируется
Констр.-теплоизоляц.	≥ 500	≥ 1	0,14–0,3	≥ 25

Таким образом, утилизация отходов горнодобывающей промышленности, представляющих собой доломитовую муку, для создания бетонов различного спектра применения, позволяет снизить себестоимость продукта и улучшить экологическую обстановку [5].

В Республике Беларусь рассматривают использование добавки доломит в технологии автоклавного ячеистого бетона. При содержании добавки доломита 15–25% от массы цемента коэффициент конструктивного качества бетона увеличивается в 1,15–1,40 раза по сравнению с контрольным образцом. Это объясняется изменением состава и структуры продуктов гидросиликатного твердения в присутствии карбонатов. Показано, что введение доломитов вызывает изменение морфологии гидратных соединений, а микроструктура бетона характеризуется высоким содержанием игольчатых и волокнистых кристаллов гидросиликатов кальция, что способствует уплотнению и упрочению материала межпоровой перегородки и позволяет получить материал с требуемыми физико-механическими свойствами [1].

Разработанные технологические решения позволяют увеличить эффективность работы большинства действующих предприятий-производителей магнезиальных вяжущих и материалов, что в совокупности может дать значительный экономический и экологический эффект. Система технологических решений может быть использована при проектировании производств и освоении новых месторождений магнезиальных горных пород.

Список литературы

1. Барановская Е.И. Использование добавки доломита в технологии автоклавного ячеистого бетона / Е.И. Барановская, А.А. Мечай, А.Т. Волочко [и др.] // Труды БГТУ. – 2022. – №2. – С. 94–99.
2. Волочко А.Т. Доломит и области его применения / А.Т. Волочко // Инженер-механик. – 2009. – №4. – С. 15–20.
3. Душевина А.М. Разработка способов комплексного использования доломитов (на примере доломитов Таензинского месторождения): автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.М. Душевина. – Барнаул, 2005. – 20 с. EDN ZNDGNJ

4. Истомин М.Ю. Эффективные стеновые материалы на основе магнезиально-доломитового цемента и отходов промышленности: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.Ю. Истомин. – Улан-Удэ, 1998. – 21 с. EDN ZKRXLX

5. Капуш И.Р. Утилизация отходов доломита Владимирской области для синтеза бетона / И.Р. Капуш, А.С. Семенов // Вестник Вологодского гос. ун-та. Серия: технические науки. – 2006. – №1 (11). – С. 39–41.

6. Лебедев И.О. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:1000000. Третье поколение. Серия Анабаро-Вилуйская. Лист Р-52 / И.О. Лебедев, Г.А. Козлов, А.В. Молчанов [и др.] // Якутск. Объяснительная записка Минприроды России, Роснедра, ФГБУ «ВСЕГЕИ». – СПб.: ВСЕГЕИ, 2022. – 290 с.

7. Носов А.В. Магнезиальные вяжущие из доломитов и материалы на их основе: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Носов. – Белгород, 2014. – 22 с. EDN ZPNWSV

8. Уткин Н.И. Металлургия цветных металлов / Н.И. Уткин. – М.: Металлургия, 1985. – 440 с.

9. Черных Т.Н. Физико-химические закономерности получения энергоэффективных магнезиальных вяжущих веществ с улучшенными характеристиками и материалов на их основе: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук / Т.Н. Черных. – Томск, 2016. – 43 с. EDN ZQBGKL