



УДК 691.544:666

**Н.С. Ступень**

*канд. тех. наук, доц., зав. каф. химии*

*Брестского государственного университета имени А.С. Пушкина*

## **МОДИФИЦИРУЮЩИЕ ДОБАВКИ В МАГНЕЗИАЛЬНЫЙ ЦЕМЕНТ**

*Производство магнезимального цемента на основе каустического магнезита и доломита позволяет производить экологически безопасный и ценный строительный материал. Введение модифицирующих добавок повышает атмосферостойкость и водостойкость магнезимального цемента. В статье дан анализ модифицирующих добавок, улучшающих свойства магнезимального цемента.*

Вопрос о долговечности строительных материалов и конструкций из них является одним из основных в строительной индустрии. В связи с огромным ростом строительства к строительным материалам в настоящее время предъявляются очень высокие требования. Современный строительный материал должен быть универсальным, обладать одновременно высокими конструктивными способностями и теплоизолирующими свойствами. Он должен быть негорючим, долговечным, влагостойким. Строительный материал также должен обладать достаточными декоративными свойствами, должен быть получен из минерального сырья и быть конкурентоспособным в сравнении с узкопрофильными материалами-аналогами. Но особое внимание уделяется проблеме экологического строительства. Следует отметить, что экологическое строительство невозможно без использования экологичных материалов, обладающих низкой эмиссией опасных веществ с поверхности, повышенной биостойкостью, так как биокоррозия не только разрушает строительный материал, но и создает опасную обстановку с точки зрения соблюдения гигиенических и экологических требований. Именно таким требованиям отвечает магнезимальный цемент (цемент Сореля). Он быстро твердеет, отличается высокой прочностью, способностью связывать органические и неорганические заполнители. Вещества органического происхождения (опилки, стружки) длительное время не корродируют в среде магнезимальных вяжущих в отличие от портландцементных и известковых композиций. На основе магнезимальных вяжущих получают камнеподобные материалы под общим названием «магнолит». Но применение магнезимальных вяжущих до сих пор ограничено из-за их низкой водостойкости. Как показано в работах [1; 2], из искусственного магнезимального камня вымываются хлорид-ионы, которые, напротив, способствуют коррозии металлических конструкций, что ограничивает область применения магнезимальных вяжущих. Свойства цемента Сореля позволяют использовать его для зимнего монолитного строительства, так как в отличие от портландцемента он твердеет при температуре до  $-10^{\circ}\text{C}$ , что исключительно ценно в осенне-зимние периоды. В качестве армирующих материалов предложено использовать базальтовое волокно, чтобы избежать коррозии арматуры [3; 4].

Применение в строительстве магнезимального вяжущего, затворяемого хлоридом магния, требует учета особенностей его гидратации и формирования структуры при твердении, обеспечивающих магнезимальному камню и изделиям на его основе необходимые свойства. Как показано в работах [5; 6], при твердении магнезимального вяжущего, затворенного водным раствором хлорида магния разной концентрации, формируется искусственный камень с разными свойствами в зависимости от образующих его гидратных соединений – гидроксида магния, пентаоксигидрохлорида магния и триоксигидрохлорида магния. В частности, считают, что получаемый искусственный камень содержит



соединение вида  $Mg_3(OH)_2Cl \cdot 4H_2O$  [7], возможно образование сочетание различных образований:  $Mg(OH)_2$ ,  $Mg_3(OH)_2Cl \cdot 4H_2O$ ,  $Mg_2(OH)_3Cl \cdot 4H_2O$  [8]. Исследованию структуры соединения, образующегося при твердении в системе  $MgCl_2 - MgO - H_2O$ , посвящено множество работ. Доказано формирование структуры цепочек  $-O - Mg - O - Mg -$ , окруженных хлорид-ионами. Именно эти мостиковые связи обеспечивают прочность искусственного камня из каустического магнезита. К тому же они выполняют еще и армирующую функцию.

Затворение магнезиального вяжущего высококонцентрированными растворами хлорида магния способствует формированию структуры магнезиального камня пента- и триоксигидрохлоридами, при этом повышение концентрации затворителя способствует увеличению стабильной триоксигидрохлоридной фазы, а гидроксид магния в таких системах образуется в небольших количествах или вообще отсутствует. Следовательно, меняя концентрацию затворителя, можно регулировать качественный и количественный состав продуктов гидратации каустического магнезита и, соответственно, его свойства. Известно, что основной структурой, обеспечивающей прочность магнезиального камня, является  $Mg_3(OH)_5Cl \cdot 4H_2O$  [9].

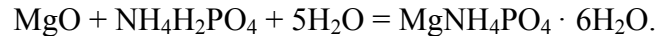
Поскольку низкая водостойкость является одним из главных факторов, сужающих применение вяжущего на основе каустического магнезита, то проблеме ее повышения посвящено множество работ. Основная причина низкой водостойкости связана с тем, что при контакте с водой гидратируется непрореагировавший каустический магнезит, который всегда содержится в искусственном камне, либо аморфный гидроксид магния. Также причиной может быть гидролиз триоксигидрохлорида магния [10]. Поэтому все методы повышения водостойкости сводятся либо к обеспечению наибольшей реакционной способности каустического магнезита, либо к подавлению гидролиза гидроксохлоридов магния. Таким образом, многообразие подходов можно условно разделить на пять групп.

1. *Изменение свойств каустического магнезита.* Есть исследования [11], связывающие реакционную способность кристаллов жженой магнезии с их размерами и состоянием кристаллической решетки, которые напрямую зависят не только от генезиса каустического магнезита, но и от температуры и длительности обжига. Установлено, что увеличение доли пережженной магнезии ухудшает прочностные свойства искусственного камня. Причина заключается в снижении активности оксида магния. При увеличении температуры обжига свыше  $800\text{ }^\circ\text{C}$  оксид магния постепенно уплотняется и приобретает крупнокристаллическое строение. В таком виде  $MgO$  называют периклазом, он почти не взаимодействует с водой. Кроме того, при температурах  $850\text{--}900\text{ }^\circ\text{C}$  начинает разлагаться карбонат кальция (почти всегда присутствующий в сырье) с образованием оксида кальция. При затворении каустического магнезита хлоридом магния оксид кальция реагирует с ним и образует хлорид кальция, повышающий гигроскопичность изделий и ухудшающий их долговечность. Усиление контроля над условиями получения каустического магнезита могло бы быть выходом, если бы каустический магнезит производили только как самостоятельный строительный материал. Но одно из преимуществ каустического магнезита в том, что в качестве вяжущего можно использовать в том числе и отходы магниевых производств.

2. *Изменение свойств затворителя.* Каустический магнезит, как ни одно другое вяжущее, чувствителен к используемому затворителю. Есть несколько гипотез, объясняющих необходимость использования в качестве затворителя растворов солей, а не воды. Множество исследований подтверждают, что прочность и водостойкость по-

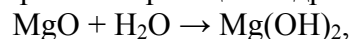


лучаемого искусственного камня во многом зависят еще и от плотности раствора затворителя. Есть предположение, что затворитель должен понижать pH системы для образования дефицита OH-групп и формирования мостиковых связей – Mg – O – Mg – O – [12]. Помимо растворов хлорида и сульфата магния есть предложения использовать продукт, получаемый в производстве изопропилового спирта путём нейтрализации серной кислоты серпентинитоммагнезитом [13], состав, содержащий 10% концентрированной фосфорной кислоты [14], дигидрофосфат аммония [15]. Тогда твердение происходит по следующей реакции:

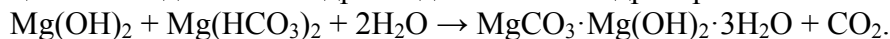


Процесс гидратации порошка MgO в воде происходит чрезвычайно медленно вследствие того, что образующаяся пленка Mg(OH)<sub>2</sub> препятствует диффузии воды вглубь зерен MgO. Процесс резко ускоряется, если в воде растворена соль-электролит. По некоторым данным, добавление в состав затворителя хлоридов с активными катионами NaCl, KCl приводит к изменению механизма гидратации магнезита и формированию искусственного камня с повышенной водостойкостью [16]. Также к способам модификации затворителя можно отнести добавление в раствор хлорида магния золя гидроксида железа (III) в количестве порядка десятых процента [17]. По мнению авторов разработки, это позволяет моделировать реальные процессы, идущие в земной коре. Добавление даже небольших количеств ионов Fe<sup>2+</sup> и Fe<sup>3+</sup> приводит к замещению на них ионов Mg<sup>2+</sup>, что вызывает активные процессы серпентинизации и отальковывания. Железосодержащие добавки способствуют ускоренной гидратации оксида магния, изменению состава гидратных фаз и свойств искусственного магнезиального камня. Войтович и Спириин предлагают использовать в качестве затворителя железный купорос [18]. Также были попытки использовать в качестве затворителя омагниченную воду, но они не привели к удовлетворительному результату [19].

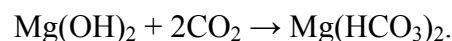
Недавно предложен принципиально новый состав жидкости затворения на основе гидрокарбоната магния, которую получают путем растворения в воде магнезита при повышенном давлении [20]. При взаимодействии каустического магнезита с водным раствором Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> сначала протекает реакция гидратации:



а затем реакция взаимодействия гидроксида магния с гидрокарбонатом:



Образующийся углекислый газ далее вступает во взаимодействие с избытком гидроксида магния:



Таким образом, в результате последовательного и циклического протекания реакций в цементном камне образуются две основные кристаллические фазы: гидроксид магния и гидрат гидрокарбоната магния, количественное соотношение между которыми предопределяется содержанием гидрокарбоната магния в жидкости затворения. Отсутствие растворимых соединений в цементном камне из такого вяжущего определяет его повышенную водостойкость с коэффициентом водостойкости более 1, и этот цементный камень твердеет с увеличением прочности не только в воздушной среде с относительной влажностью более 75%, но и в воде после предварительного твердения на воздухе в течение трех суток.

3. *Оптимизация состава цементной смеси.* Содержание в сырьевой смеси оксида магния значительно влияет на водостойкость искусственного камня. Показано, что увеличение содержания MgO повышает прочность камня (т.к. гидроксид магния служит



заполнителем), но при этом увеличивает водопоглощение [16]. Хотя есть и обратные данные. По мнению В.В. Зимич [17], увеличение магнезии в составе цементной смеси приводит к увеличению хрупкости и растрескиванию искусственного магнезиального камня. Интересен способ модификации системы за счет добавки безводного сульфата кальция (ангидритового цемента). Преимущество этого метода – в низкой гигроскопичности образующегося цементного камня [19]. Удовлетворительные результаты получаются при введении в состав цементной смеси извести или портландцемента [16].

4. *Использование активных заполнителей.* Изучено использование в качестве наполнителей микрокремнезема и диопсида, что повышает прочность образующегося камня и коэффициент размягчения. Диопсид является не только заполнителем вяжущего, но и активно участвует в процессах структурообразования цементного камня, выступая подложкой, на которой начинается кристаллизация продуктов твердения. Также перспективной добавкой, позволяющей не только получить водостойкое магнезизальное вяжущее, но и связать накопившиеся отходы производства огнеупоров, являются серпентиниты. Гидросиликаты-серпентиниты в количестве 15–40% дробят до фракции менее 60 мм, обжигают при температуре 1050–1100 °С в течение 2–3 часов, затем размалывают в порошок до прохода через сито 008. Тальк в количестве 6% от объема ксилолитовой смеси повышает плотность и коэффициент размягчения ксилолитового покрытия и уменьшает пылевыведение [15].

5. *Органические добавки.* Добавки органического происхождения в каустический магнезит изучены менее остальных. В работе [17] сообщается о введении в состав цемента отходов резиновых производств. Хотя здесь речь идет, скорее, не о модифицировании свойств, а об утилизации отходов. Известно использование уротропина и мочевины в качестве органических добавок, повышающих водостойкость.

Проведен анализ экологичности и на основании этого целесообразности использования добавок в магнезиальный цемент [20; 21].

1. Поливинилацетатная дисперсия (ПВА, ГОСТ 18922–80). Введение ПВА обеспечивает увеличение адгезии цементного теста и незначительное увеличение прочности. При деструкции в составе строительного материала возможна эмиссия токсичных органических соединений.

2. Натриевая соль карбоксиметилцеллюлозы (КМЦ). Введение этой добавки обеспечивает увеличение прочности и трещиностойкости. Основой для получения данной добавки служит возобновляемое сырье (древесина). Однако в технологии производства используются токсичные хлорорганические соединения.

3. Щавелевая кислота (ГОСТ 22180–76). При стандартных условиях щавелевая кислота твердая, а потому работа с ней более технологична, чем с концентрированной фосфорной кислотой.

4. Хризотил-асбест, модифицированный концентрированной серной кислотой (ГОСТ 4204–77), оказывает структурирующее действие, приводящее к повышению прочности и водостойкости, но есть рекомендации избегать применения асбеста в строительных изделиях.

5. Микрокремнезем конденсированный уплотненный (МКУ–85) является добавкой полифункционального действия, улучшает прочность, стойкость к коррозии и водостойкость бетона, является побочным продуктом производства ферросилиция, нетоксична.

Таким образом, для модифицирования каустического магнезита можно рекомендовать щавелевую кислоту, микрокремнезем, а для того чтобы соблюдать экологиче-



ские нормы – избегать применения полимерных модифицирующих добавок. С определенной осторожностью можно использовать хризотел-асбест.

Наибольший интерес представляют гидравлические кремнеземсодержащие добавки. Микрокремнезем (микрокремний, микрокремнезем, кремниевая пыль) – побочный продукт производства кремниевых и феррокремниевых сплавов, представляющих собой высокодисперсную пыль кремнезема, улавливаемую фильтрами из отходящих газов. Он образуется при восстановлении высокочистого кварца с углем. Так как микрокремнезем является отходом производства, то его физико-химические свойства, в частности, дисперсность и содержание активной формы  $\text{SiO}_2$  во многом определяется конкретными условиями получения сплавов. По мере увеличения содержания кремния в сплаве увеличивается содержание  $\text{SiO}_2$  в кремниевой пыли, но химический состав микрокремнезема для конкретного производства остается постоянным. Микрокремнезем, содержащий не менее 85%  $\text{SiO}_2$ , относится к пуццолановым добавкам с высокой активностью. Микрокремнезем в странах СНГ доступен, и использование его перспективно в больших количествах. Оказалось возможным применять микрокремнезем в виде добавки в магнезиальные вяжущие как в подвижных, так и сухих прессованных смесях. На основе этого были разработаны состав и технология получения композиционных вяжущих повышенной прочности, воздухоустойчивости и, что особенно важно, водостойкости на основе каустического магнезита и микрокремнезема. Введение микрокремнезема в магнезиальные вяжущие позволяет также решить проблему высолов на поверхности изделий [25].

Композиционные магнезиальные вяжущие могут быть использованы для получения прессованных изделий, например, облицовочных декоративных плит, эксплуатируемых в помещениях с повышенной влажностью [22–24].

Одним из ограничивающих факторов применения магнезиальных вяжущих в строительной отрасли Республики Беларусь является отсутствие месторождений магнезита. Существенно расширить производство магнезиального цемента можно путем получения его из более распространенного природного сырья доломита  $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ . Доломит – это осадочная порода, на 90% и более состоящая из минерала доломита. При содержании доломита 50–90% породу называют известковым доломитом, а при меньшем содержании доломита – доломитизированным известняком. Самой обычной примесью является кальцит, нередко ангидрит или гипс, иногда аутигенный кремнезем (кварц и кремнезем).

На территории Беларуси известно 15 месторождений с общими запасами 759,3 млн тонн. Наиболее крупные из них месторождения в коренном залегании: Руба (Витебский район), Кобеляки (Оршанский район), Сарьянка (Верхнедвинский район). Эти месторождения расположены в долинах рек Западной Двины, Днепра, Сарьянки, где и выходят на дневную поверхность. Наиболее обширные выходы наблюдаются по левобережью Западной Двины возле Витебска – месторождение Руба. Общие его запасы составляют 790 млн тонн. Залегают доломиты в виде пастообразной толщи, под моренными и водно-ледниковыми четвертичными отложениями.

Одной из важных областей применения доломита является производство каустического доломита и изготовления из него магнезиального вяжущего. Каустический доломит – продукт тонкого помола обожженного природного доломита при температуре 650–720 °С. Полуобожженный доломит содержит 20–28% активного оксида магния и инертное вещество в количестве 60–70%  $\text{CaCO}_3$ . Доломит, обожженный при температуре выше 900 °С, можно затворять водой и применять для приготовления растворов





для кладки и штукатурки. Для приготовления вяжущего полуобжиговый доломит, как и каустический магнезит, затворяют растворами солей электролитов:  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ ,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $FeSO_4 \cdot 5H_2O$  и т.д.

Выявлена техническая возможность применения в качестве заполнителей для бетонов на каустическом доломите промышленных отходов (древесная мука, золошлаковые смеси, бумажные и пластиковые отходы, отходы переработки автомобильных шин) при частичном или полном замещении ими природного заполнителя строительного песка. Бетоны на каустическом доломите можно использовать для устройства двухслойных полов для обеспечения и повышения тепло- и звукоизоляции. Верхний слой должен обладать повышенной устойчивостью к действию воды, агрессивных сред и может быть изготовлен из композиционного доломитового цемента с добавками микрокремнезема, который обеспечит эти качества.

Анализ результатов определения прочности бетонов, полученных на основе каустического доломита, измельченного по различным режимам, показывает, что для этого вяжущего увеличение дисперсности является эффективным средством повышения прочности бетона [4]. В частности, увеличение удельной поверхности каустического доломита с 1 320 до 5 500  $см^2/г$  обеспечивает существенный рост прочности бетона (более чем в 2 раза) во все сроки твердения. Дальнейшее увеличение тонкости помола до 8 500  $см^2/г$  технически нецелесообразно, так как повышает прочностные характеристики всего на 10–15%, а энергетические затраты на помол не компенсируются. Доломитовый цемент можно рассматривать как естественную композицию магнезиального цемента с карбонатным наполнителем. Оксид магния, образующийся при термической диссоциации карбоната магния, равномерно распределен в среде микронаполнителя карбоната кальция.

Выявлена техническая возможность применения в качестве заполнителей для бетонов на каустическом доломите промышленных отходов (древесная мука, золошлаковые смеси, бумажные и пластиковые отходы, отходы переработки автомобильных шин) при частичном или полном замещении ими природного заполнителя – строительного песка.

Бетоны на каустическом доломите можно использовать для устройства двухслойных полов для обеспечения и повышения тепло- и звукоизоляции. Верхний слой должен обладать повышенной устойчивостью к действию воды, агрессивных сред и может быть изготовлен из композиционного доломитового цемента с добавками микрокремнезема, который обеспечит эти качества [25].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидоров, В. И. Экологические аспекты технологии производства плиточных материалов с использованием каустического магнезита / В. И. Сидоров, Т. П. Никифорова, Н. И. Малявский // *Экология урбанизированных территорий*. – 2008. – № 2. – С. 63–66.
2. Сидоров, В. И. Экологические аспекты применения и эксплуатации конструкций на основе стекломagneзиевого листа / В. И. Сидоров, Е. И. Тупикин, Н. И. Малявский // *Экология урбанизированных территорий*. – 2009. – № 4. – С. 65–68.
3. Киянец, А. В. Влияние температуры начального выдерживания на твердение композитов на основе магнезиального вяжущего / А. В. Киянец // *Академ. вестн. УралНИИпроект РААСН*. – 2012. – № 4. – С. 77–79.



4. Головнев, С. Г. Высокоэффективные строительные технологии и материалы на основе магнезиального вяжущего / С. Г. Головнев, А. В. Киянец, К. В. Дьяков // Академ. вестн. УралНИИпроект РААСН. – 2009. – № 3. – С. 86–87.
5. Zheng, L. Hydrations and setting time of MgO-type expansive cement / L. Zheng, C. Xuchua, T. Mingshu // Cement and Concrete Research. – 1992. – V. 22. – P. 1–5.
6. Merwe, C. Hydration of Magnesia Cement / C. Merwe // Journal of Chem. Soc. of Japan. – 1956. – Vol. 63, № 7. – P. 1182–1184.
7. Tooper, B. Structure and Formation of Medium Reactive Magnesium Oxide using Hydration agents / B. Tooper, L. Cartz // Journal of Thermal Analysis and Colorimetry. – 2006. – Vol. 84. – P. 467–471.
8. Misra, A. Magnesium Oxychloride cement concrete / A. Misra, M. Renu // Bull. Mater. Sci. – 2007. – Vol. 30. – № 3. – P. 239–243.
9. Sugimoto, K. Structure determination of  $Mg_3(OH)_5Cl \cdot 4H_2O$  from laboratory powder diffraction data and its impact on the analysis of problematic magnesia floors / K. Sugimoto, R. Dinnebier, T. Schlecht // Structural Science. – 2007. – Vol. 63. – Part 6. – P. 805–811.
10. Крамар, Л. Я. Особенности твердения магнезиального вяжущего / Л. Я. Крамар, Т. Н. Черных, Б. Я. Трофимов // Цемент и его применение. – 2006. – № 5–6. – С. 21–24.
11. Зуев, В. В. Кристаллоэнергетика как основа оценки свойств твердотельных материалов, включая магнезиальные цементы / В. В. Зуев, Л. Н. Поцелуева, Ю. Д. Гончаров. – СПб., 2006. – 137 с.
12. Легостаева, Н. В. Магнезиальное вяжущее / Н. В. Легостаева // Вестн. ИрГТУ. – № 4 (24). – 2005. – С. 210–211.
13. Зимич, В. В. Влияние различных видов затворителей на гигроскопичность магнезиального камня / В. В. Зимич, Л. Я. Крамар, Б. Я. Трофимов // Вестн. ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». – 2008. – Вып. 6, № 12. – С. 13–15.
14. Сидоров, В. В. Теоретические основы технологии производства плиточных материалов с использованием каустического магнезита / В. В. Сидоров, Н. И. Малявский, Т. А. Никифорова // Технологии бетонов. – 2008. – № 2. – С. 46–49.
15. Abdelrazig, V. The chemical composition of mortars made from magnesia: phosphate cement / V. Abdelrazig // Cement and Concrete Research. – 1998. – 18 (3). – P. 415–425.
16. Крамар, Л. Я. Композиции на основе магнезиального вяжущего, не склонные при эксплуатации к растрескиванию / Л. Я. Крамар, С. В. Нуждин, Б. Я. Трофимов // Вестн. ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». – 2007. – Вып. 4, № 14. – С. 15–17.
17. Зимич, В. В. Особенности влияния добавки золя гидроксида железа на структуру и свойства магнезиального камня // Вестн. ЮУрГУ. Сер. «Строительство и архитектура». – 2011. – Вып. 13, № 35 (252). – С. 25–32.
18. Войтович, В. А. Полы на основе магнезиальных вяжущих веществ / В. А. Войтович, Г. В. Спиринов // Строительные материалы. – 2003. – № 9. – С. 8–9.
19. Габибов, Н. Б. Исследование влияния различных добавок на физико-механические свойства плиточных материалов на основе каустического магнезита / Н. Б. Габибов // Вестн. МГСУ. – 2008. – Спецвыпуск № 1. – С. 166–171.
20. Устинова, Ю. В. Повышение водостойкости магнезиальных вяжущих / Ю. В. Устинова, А. Е. Насонова, В. В. Козлов // Вестн. МГСУ. – 2010. – № 4, т. 3. – С. 123–127.



21. Козлов, В. В. Водостойкость материалов на основе каустического магнезита, модифицированного отходами асбоцементных производств / В. В. Козлов, Ю. В. Устинова, А. Е. Насонова // Вестн. МГСУ. – 2011. – № 1, т. 2. – С. 288–291.
22. Ступень, Н. С. Зависимость прочности и водостойкости магнезиального цемента от способов уплотнения формовочных смесей : сб. ст. II межвуз. науч.-тех. конф. : в 2 ч. / Н. С. Ступень, Б. С. Шевченко. – Брест : БПИ, 1998. – Ч. 1. – С. 219.
23. Ступень, Н. С. Условия образования водостойких соединений магния при производстве магнезиальных вяжущих : материалы междунар. практ. конф. / Н. С. Ступень, Б. С. Шевченко. – Брест : БПИ, 2000. – С. 168.
24. Ступень, Н. С. Экологические аспекты промышленных районов Полесья / Н. С. Ступень // Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця : зб. навук. прац. : у 2 т. / рэдкал.: М. В. Міхальчук (адк. рэд.). – Брест : Академия, 2006. – Т. 2. – С. 363–367.
25. Ступень, Н. С. Композиционные вяжущие на основе белорусских доломитов : тезисы докл. IV междунар. науч. конф. «Прыроднае асяроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця Н. С. Ступень. – Брест : Альтернатива, 2008. – С. 205.

Рукапіс паступіў у рэдакцыю 16.10.2015

***Stupen N.S. Modifying Additives in Magnesia Cement***

*The production of magnesia cement based on caustic magnesite and dolomite will produce environmentally safe and valuable building material. The introduction of modifying additives increases the weather resistance and water resistance of magnesia cement. In the article the analysis of the modifying additives that improve the properties of magnesia cement.*