

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ ХЛОРМАГНЕЗИАЛЬНЫХ БЕТОНОВ ПО ТРЕТЬЕМУ УСКОРЕННОМУ МЕТОДУ

*Г.Ф. Аверина, В.А. Кошелев, А.А. Орлов, Е.С. Созыкина, А.Е. Сараева*  
*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Рассматривается возможность использования методов определения морозостойкости бетонов, подразумевающих использование раствора хлорида натрия в качестве среды насыщения, замораживания и оттаивания, для композитов на основе хлормagneзиальных вяжущих. В статье приведены результаты ультразвукового исследования образцов хлормagneзиальных композитов, подвергнутых испытанию на морозостойкость по третьему ускоренному методу. Обнаружено, что целостность образцов сохраняется по истечению количества циклов, соответствующему марке F<sub>1500</sub>, наблюдается циклическое снижение и повышение прочностных характеристик. Показаны различия в изменении масс хлормagneзиальных образцов модифицированных и немодифицированных добавкой на основе комплекса жирных кислот. Предположено влияние данной добавки на свойства основных структурных фаз магнезиального камня. Установлена нецелесообразность применения второго базового и всех ускоренных методов определения морозостойкости для хлормagneзиальных композитов.

*Ключевые слова:* магнезиальные вяжущие, доломитовые вяжущие, мелкозернистый композит, морозостойкость, первый базовый метод, третий ускоренный метод.

### Введение

Разнообразии строительных материалов, доступных широкому потребителю, растет с каждым годом, а вопросы о повышении их качества и осведомленности о показателях основных физико-механических характеристик остаются актуальными. Современные строительные материалы должны отвечать требованиям, предъявляемым к их прочности и долговечности, устойчивости к воздействию различных внешних факторов.

Также в условиях стремительного уменьшения запасов природных ресурсов производители все чаще прибегают к использованию побочных продуктов и отходов собственных или сторонних производств в качестве сырья. Особенно полезны технологии, позволяющие использовать полиминеральные отходы горнодобывающих производств, которые, как правило, имеют большой объем, годами накапливаются в отвалах и дополнительно наносит значительный вред экологической обстановке в промышленных регионах.

Например, как известно, доломит и доломитизированные породы мелких фракций являются отходом производства металлургической, дорожной и горнодобывающей промышленности. Из года в год они скапливаются в отвалах, занимающих огромные площади, по причине невозможности их использования в перечисленных сферах в связи с требованиями технологических регламентов на производство большей части работ. Использование данного вида сырья в других сферах позволяет снизить его отрицательное влияние на окружающую среду, исчезает необходимость в добыче, дроблении породы, что приводит к снижению потребления энергии и, как следствие, затрат на производство.

Поиском способов рационального использования данного типа маловостребованного промышленного ресурса занимаются ученые-материаловеды уже не первое десятилетие. Многие авторы положительно оценивают ресурсно- и энергосберегающие аспекты использования вяжущих из отходов доломита [1, 2]. Характерной чертой большинства известных способов производства вяжущих на основе доломитов и доломитизированных пород является относительно мягкий температурный режим обработки сырья (600...900 °С), так как технология не подразумевает процессов частичного или полного спекания, только кристаллизацию кристаллитов оксида магния до надлежащих размеров [3–7]. Для достижения указанных температур в обжиговых агрегатах требуется меньший расход энергоносителя, при сжигании которого, соответственно, выделяется меньшее количество продуктов сгорания. Таким образом, доломитовые магнезиальные вяжущие являются экологически эффективными и в целом имеют высокий потенциал производства и применения для получения широкого ряда современных строительных материалов на их основе. Принципы работы доломитовых магнезиальных вяжущих мало отличаются от принципов работы вяжущих с высоким содержанием оксида магния (ПМК и т. д.), поэтому их можно использовать для производства одних строительных материалов и изделий.

Магнезиальные вяжущие на данный момент применяются для производства относительно неширокой номенклатуры изделий: стекломagneзиальных листов, разнообразных напольных покрытий, деталей интерьера и т. д. Огромное количество разнообразных материалов как на магнезиальных

вяжущих с высоким содержанием оксида магния, так и на доломитовых магнезиальных вяжущих, были разработаны коллективами отечественных и зарубежных ученых. Среди них декоративные отделочные покрытия, теплоизоляционные изделия и даже конструкционные элементы [8–12].

Малое распространение строительных материалов на основе магнезиальных вяжущих, несмотря на большое количество разработок, обусловлено, в том числе отсутствием нормативно-технической документации на их изготовление и применение. Изучение основных технических характеристик вяжущего и композитов на его основе будет способствовать их постепенному внедрению в производство строительных материалов [13].

Данное направление исследований является перспективным, в частности для выявления возможности использования полученных материалов вне помещений, под воздействием влияния осадков, смены температуры, солнечной радиации, биологических и других воздействий.

Одним из важных качеств материала является его морозостойкость – способность материала в водонасыщенном или насыщенном солями состоянии выдерживать циклический процесс попеременного замораживания и оттаивания без внешних признаков разрушения [14]. Во многом от этого показателя зависит долговечность изделия или конструкции. Морозостойкость определяется для пористых материалов. Разрушение происходит при наличии в порах и капиллярах воды. С понижением температуры вода расширяется, появляется напряжение в материале или гидростатическое давление. При появлении трещин напряжение снимается, в образовавшееся пространство вновь может попасть жидкость. Циклическое воздействие приводит к разрушению материала и снижению его прочности, поэтому важно учитывать морозостойкость, чтобы долговечность конструкции отвечала заложенным требованиям.

Как показывает обзор текущего состояния вопроса, исследование морозостойкости композитов на основе магнезиальных вяжущих, как правило, проводят не систематически. В известных работах приводятся исследования морозостойкости отдельных типов композитов с использованием стандартных методик, разработанных для материалов на основе клинкерных портландцементов. При этом мало рассматривается физико-химическая сторона процесса и практически не принимается во внимание, что бетоны на магнезиальном вяжущем затворяются растворами солей, а ускоренный метод испытания образцов предполагает их насыщение раствором солей с одноименными ионами (при использовании в качестве затворителя раствора бишофита).

Целью данного исследования является определение влияния на физико-механические характеристики мелкозернистых композитов на основе доломитового магнезиального вяжущего условий

третьего ускоренного метода определения морозостойкости, регламентированного действующим нормативным документом [14].

### Материалы и методы исследования

Для изготовления образцов магнезиальных композитов использовали доломитовое магнезиальное вяжущее, полученное методом интенсифицированного обжига фракционированной шихты [15] в промышленной вращающейся печи при температурном диапазоне 600...750 °С.

В качестве мелкого заполнителя использовали фракционированный песок из отсевов дробления доломитизированных пород.

Изготавливали две серии образцов-балочек размерами 4 × 4 × 16 см. В состав первой серии входили вяжущее и мелкий заполнитель в соотношении 1:1, стабилизирующая добавка в количестве 0,5 % от массы вяжущего и раствор бишофита плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> при отношении раствора к вяжущему равном 0,31.

В состав второй серии также входили вяжущее и мелкий заполнитель в соотношении 1:1, стабилизирующая добавка в количестве 0,5 % от массы вяжущего и раствор бишофита плотностью 1,2 г/см<sup>3</sup> при отношении раствора к вяжущему равном 0,31. Также для изготовления данных образцов использовали добавку, являющуюся комбинацией жирных кислот, в количестве 0,5 % от массы вяжущего.

Для стабилизации фаз магнезиального камня использовали фосфат-содержащую добавку – триполифосфат натрия марки ЧДА.

Раствор затворителя изготавливали из технического хлористого магния.

Контрольные образцы из каждой серии хранили в 5%-ном растворе хлорида натрия до конца испытаний. Основные образцы были испытаны по третьему ускоренному методу. После проведения количества циклов, соответствующих марке, проводили контроль прочности при сжатии. В данном исследовании прочность при сжатии определяется косвенным методом, по показаниям скорости прохождения ультразвуковых волн, определенных прибором УКС МГ-4 в режиме сквозного прозвучивания.

### Исследовательская часть

Образцы хлормagneзиальных мелкозернистых композитов первой и второй серии выдержали количество циклов попеременного замораживания и оттаивания, выполненных по третьему ускоренному методу, соответствующее марке по морозостойкости F<sub>1500</sub>. По истечении указанного количества циклов образцы сохранили свою целостность, а процент изменения массы не превышал показателя 0,3 % для первой серии и 0,4 % для второй.

На рис. 1 и 2 приведены графики, отражающие изменение прочностных характеристик об-

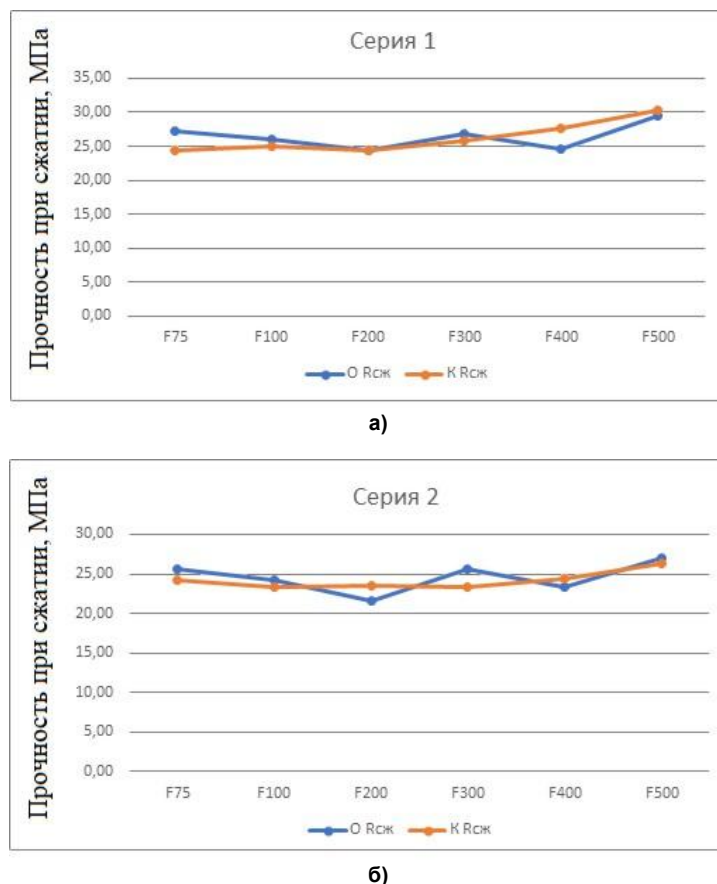


Рис. 1. Графики изменения прочностных характеристик образцов хлормagneзиальных композитов, МПа: а – немодифицированных, б – модифицированных добавкой жирной кислоты

разцов хлормagneзиальных композитов в ходе испытания. Данные были зафиксированы по истечению количества циклов, соответствующих маркам F<sub>1</sub>75, F<sub>1</sub>100, F<sub>1</sub>200, F<sub>1</sub>300, F<sub>1</sub>400, F<sub>1</sub>500. Для сравнения приведены графики изменения прочностных характеристик контрольных образцов, помещенных в раствор хлорида натрия на эквивалентный период времени.

Изменение прочности контрольных образцов (К Rсж) выражено незначительно и имеет тенденцию к постепенному нарастанию. Кривые, отражающие изменение прочностей образцов, подвергавшихся испытаниям (О Rсж), имеют косинусоидальный характер. Наблюдается попеременное снижение и увеличение прочностных характеристик образцов в ходе испытаний. После проведения количества циклов замораживания и оттаивания, соответствующего марке по морозостойкости F<sub>1</sub>500, было обнаружено, что прочности при сжатии испытанных образцов практически соответствуют значениям прочностных характеристик контрольных образцов.

Вероятно, небольшой прирост прочности контрольных образцов связан с наличием в среде выдерживания одноименных ионов Cl<sup>-</sup>, не только снижающих растворимость оксигидрохлоридов,

но и способствующих протеканию в них процессов перекристаллизации, сопровождающихся упрочнением состоящих из них композитов.

Образцы, подвергавшиеся испытаниями, также имеют тенденцию к небольшому наращиванию прочности, несмотря на периодические снижения прочностных характеристик, связанные с разрушающим воздействием давления замороженного раствора в порах искусственного камня. Таким образом, при попеременном замораживании и оттаивании хлормagneзиальных композитов в растворе солей хлоридов, вероятно, наблюдается эффект постепенного самовосстановления поврежденной структуры.

Наличие в составе хлормagneзиальных композитов добавки жирной кислоты, введенной с целью снижения водорастворимости основных структурных фаз магнезиального камня, по видимому, не оказывает большого влияния на обнаруженный эффект.

Однако существенные отличия были обнаружены при определении изменения массы образцов разных серий, подвергнутых испытанию при различном количестве циклов (рис. 2).

Массы образцов немодифицированного хлормagneзиального мелкозернистого композита сни-

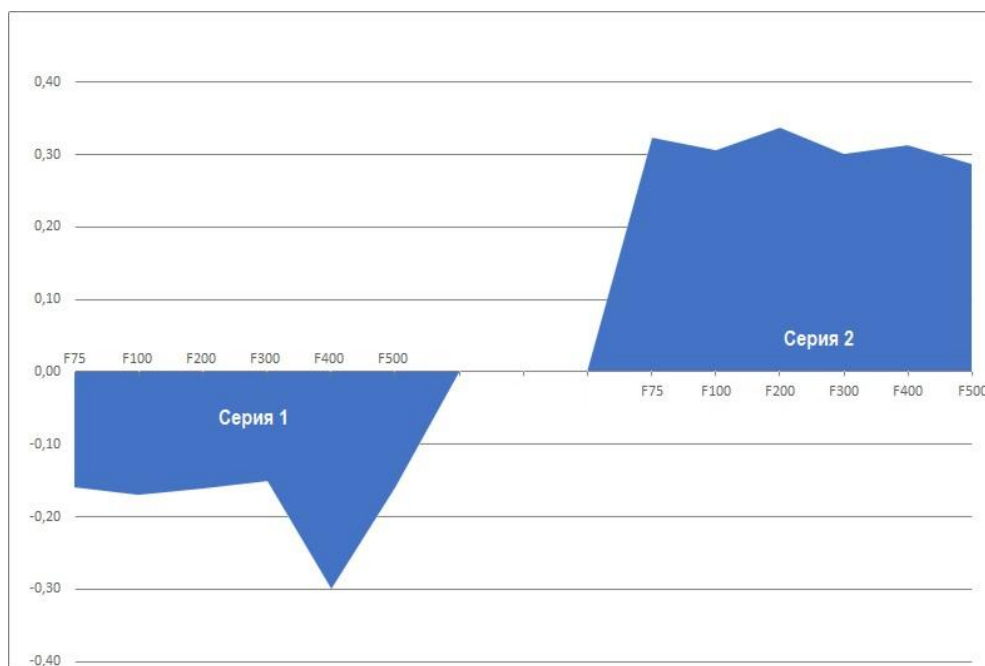


Рис. 2. График изменения массы немодифицированных образцов (серия 1) и модифицированных добавкой жирной кислоты (серия 2)

зились в процессе испытания, в то время как массы образцов с добавкой жирной кислоты увеличались. Основной набор и потеря массы наблюдается после первого зафиксированного маркой числа циклов, последующие незначительные колебания, вероятно, связаны с процессами выщелачивания и перекристаллизации, протекающими в фазах магнезиального камня.

Вероятно, подобная разница в показаниях указывает на тот факт, что компоненты хлормagneзиальной матрицы, полученной с добавкой жирных кислот, имеют более низкую растворимость в водных растворах. В немодифицированном добавкой композите происходит более интенсивное вымывание оксигидрохлоридов. В модифицированных образцах растворение происходит в меньшей степени, а раскрывающиеся под воздействием морозной агрессии микротрещины заполняются новообразованиями, являющимися продуктами реакции активных фаз хлормagneзиального композита с ионами  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$ , что обеспечивает прирост массы образцов.

#### Выводы

1. Образцы хлормagneзиальных композитов, стабилизированные добавкой триполифосфата натрия, выдерживают испытание на морозостойкость по третьему ускоренному методу, сохраняют свою целостность и прочностные характеристики.

2. У образцов, подвергаемых испытанию, наблюдается попеременное снижение и увеличение прочности, вероятно, указывающее на эффект «самозалечивания» структуры магнезиального камня,

повреждаемого под воздействием морозной агрессии и вымывания водорастворимых гидратов. Процесс самовосстановления структуры может быть связан с наличием в среде испытания одноименных ионов, способных вступать в реакцию гидратации с структурообразующими минералами и продуктами коррозии магнезиального камня.

3. Образцы хлормagneзиальных композиций, немодифицированных комплексом жирных кислот, в процессе испытаний незначительно теряют массу. Масса образцов, полученных с применением данной добавки, незначительно увеличивается. Различие в указанных показателях может являться косвенным подтверждением теории о снижении растворимости фаз модифицированного жирными кислотами магнезиального камня.

4. Методы определения морозостойкости, подразумевающие использование раствора хлорида натрия в качестве среды для насыщения, оттаивания и/или замораживания испытываемых образцов, не могут быть использованы для корректного отображения стойкости к морозной агрессии хлормagneзиальных композитов.

#### Литература

1. Винниченко, В.И. *Ресурсо- и энергосберегающие вяжущие из отходов доломита* / В.И. Винниченко, А.Н. Рязанов // *Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды*. – 2015. – С. 22–32.

2. Ганина, Е.А. *Магнезиальное вяжущие на основе отходов местной промышленности* /

## Строительные материалы и изделия

Е.А. Ганина, Л.В. Закревская // *Технические науки – от теории к практике*. – 2015. – № 11 (47).

3. Крамар, Л.Я. *Теоретические основы и технология магнезиальных вяжущих и материалов*: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.23.05 / Л.Я. Крамар. – Челябинск, 2007.

4. Черных, Т.Н. *Физико-химические закономерности получения энергоэффективных магнезиальных вяжущих веществ с улучшенными характеристиками и материалов на их основе*: дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.17.11 / Т.Н. Черных. – Томск, 2016.

5. Хузиахметов, Р.Х. *Технология магнезиальных вяжущих из доломитового порошка и оценка качества продуктов обжига* / Р.Х. Хузиахметов // *Вестник Казанского технологического университета*. – 2013. – Т. 16, № 7. – С. 101–107.

6. Душевина, А.М. *Разработка способов комплексного использования доломитов*: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / А.М. Душевина. – Барнаул, 2005.

7. Лукаш, Е.В. *Магнезиальный цемент на основе каустического доломита* / Е.В. Лукаш, М.И. Кузьменков, Т. М. Корнилова // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2013. – Т. 18, № 3. – С. 43–47.

8. Зимич, В.В. *Магнезиальная штукатурка* / В.В. Зимич // *Архитектура, градостроительство и дизайн*. – 2021. – С. 2920213.

9. *Применение магнезиального бетона для тонкостенных блоков несъемной опалубки* / И.В. Шумаков, И.Е. Казимагомедов, Б. Юнис, М. Ассаад // *Строительные материалы и изделия*. – 2016. – № 2-3. – С. 46–48.

10. Лукаш, Е.В. *Получение конструкционно-теплоизоляционных материалов на основе каустического доломита и древесных заполнителей* / Е.В. Лукаш, Н.Г. Стародубенко, С.В. Плышевский // *Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия 2. Лесная и деревообрабатывающая промышленность*. – 2007. – № 2. – С. 202–204.

11. Марчик, Е.В. *Получение неавтоклавного пенобетона на основе магнезиального цемента* / Е.В. Марчик, С.В. Плышевский, М.И. Кузьменков // *Труды БГТУ. № 3. Химия и технология неорганических веществ*. – 2009. – Т. 1, № 3. – С. 45–48.

12. *Разработка составов магнезиального пенобетона, модифицированного кристаллическими затравками* / В.А. Кошелев, Г.Ф. Аверина, В.В. Зимич, Л.Я. Крамар // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2018. – Т. 18, № 4. – С. 65–70.

13. Головнев, С.Г. *Высокоэффективные строительные технологии и материалы на основе магнезиального вяжущего* / С.Г. Головнев, А.В. Киянец, К.В. Дьяков // *Академический вестник УралНИИ-проект РААСН*. – 2009. – № 3. – С. 86–87.

14. *ГОСТ 10060-2012 Бетоны. Методы определения морозостойкости (с поправками) от 27 декабря 2012 г.*

15. Аверина Г.Ф. *Магнезиальное вяжущее строительного назначения из полиминеральных отходов производства огнеупоров и материалы на его основе*: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Пенза, 2020.

**Аверина Галина Федоровна**, доцент кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), averinagf@susu.ru

**Кошелев Василий Александрович**, аспирант кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), vasilikosh@gmail.com

**Орлов Александр Анатольевич**, доцент кафедры «Строительные материалы и изделия», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), orlova@yandex.ru

**Созыкина Екатерина Сергеевна**, студент кафедры «Строительные конструкции и сооружения», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), ekat-ss@yandex.ru

**Сараева Анастасия Евгеньевна**, студент кафедры «Строительные конструкции и сооружения», Южно-Уральский государственный университет (Челябинск), stasiasap@yandex.ru

*Поступила в редакцию 21 июня 2022 г.*

## A POSSIBILITY OF DETERMINING FROST RESISTANCE OF MAGNESIUM CHLORIDE CONCRETE ACCORDING TO THE THIRD ACCELERATED METHOD

G.F. Averina, [averinagf@susu.ru](mailto:averinagf@susu.ru)  
V.A. Koshelev, [vasilikosh@gmail.com](mailto:vasilikosh@gmail.com)  
A.A. Orlov, [orlova@susu.ru](mailto:orlova@susu.ru)  
E.S. Sozykina, [ekat-ss@yandex.ru](mailto:ekat-ss@yandex.ru)  
A.E. Sarayeva, [stasiasap@yandex.ru](mailto:stasiasap@yandex.ru)  
South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

This article discusses the use of methods to determine the frost resistance of concrete, involving the use of a sodium chloride solution as a medium for freezing and/or thawing for composites based on chlorine magnesia binders. The article presents the results of ultrasonic examination of samples of chlorine magnesium composites subjected to a frost resistance test, according to the third accelerated method. It was found that sample integrity is maintained after the expiration of the number of cycles corresponding to the F1500 brand, with a cyclic decrease and increase in their strength characteristics. The study shows the differences in the change in the masses of magnesium chloride samples, both modified and not modified with an additive based on a complex of fatty acids. The influence of this additive on the properties of the main structural phases of the magnesian stone is assumed. The inexpediency of using the second basic and all accelerated methods for determining frost resistance for chlorine magnesia composites was identified.

*Keywords: magnesia binders, dolomite binders, fine-grained composite, frost resistance, first basic method, third accelerated method.*

### References

1. Vinnichenko V.I., Ryazanov A.N. [Resource- and Energy-Efficient Construction Binders from Dolomite Waste]. *Energo-i resursosberegayushchiye ekologicheski chistyye khimiko-tehnologicheskiye protsessy zashchity okruzhayushchey sredy* [Energy and Resource-Saving Environmentally Friendly Chemical-Technological Processes of Environmental Protection], 2015, pp. 22–32. (in Russ.)
2. Ganina E.A., Zakrevskaya L.V. [Magnesian Binder on the Basis of Waste of the Local Industry]. *Tekhnicheskkiye nauki – ot teorii k praktike*. [Engineering Sciences – from Theory to Practice], 2015, no. 11 (47), pp. 152–156. (in Russ.)
3. Kramar L.Ya. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologiya magnezial'nykh vyazhushchikh i materialov. Diss. dokt. tekhn. nauk* [Theoretical Foundations and Technology of Magnesia Binders and Materials. Doct. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2007. 335 p.
4. Chernykh T.N. *Fiziko-khimicheskiye zakonomernosti polucheniya energoeffektivnykh magnezial'nykh vyazhushchikh veshchestv s uluchshennymi kharakteristikami i materialov na ikh osnove. Diss. dokt. tekhn. nauk*. [Physico-Chemical Patterns of Getting Energy-Efficient Magnesia Binders with Improved Properties and Based on them Materials. Doct. sci. diss.]. Chelyabinsk, 2016. 329 p.
5. Khuziakhmetov R.Kh. [The Technology of Magnesia Binders Made from Dolomite Powder and Quality Assessment of Roasting Products]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kazan Technological University], 2013, vol. 16, no. 7, pp. 101–107. (in Russ.)
6. Dushevina A. M. *Razrabotka sposobov kompleksnogo ispol'zovaniya dolomitov. Avtoref. kand. dis.* [Development of Complex Using Methods of Dolomites. Abstract of doct. diss.]. Barnaul, 2005. 20 p.
7. Lukash E.V., Kuz'menkov M.I., Kornilova T.M. [Magnesia Cement Based on Caustic Dolomite]. *Materialy, tekhnologii, instrumenty* [Materials, Technologies, Tools], 2013, vol. 18, no. 3, pp. 43–47. (in Russ.)
8. Zimich V.V. [Magnesia Plaster]. *Arkhitektura, gradostroitel'stvo i dizayn* [Architecture, Urban Planning and Design], 2021, no. 3(29), pp. 3–7. (in Russ.)
9. Shumakov I.V., Kazimagomedov I.E., Yunis B., Assaad M. [The Use of Magnesia Concrete for Thin Blocks of Permanent Formwork]. *Stroitel'nyye materialy i izdeliya* [Building Materials and Products], 2016, no. 2–3, pp. 46–48.
10. Lukash E.V., Starodubenko N.G., Plyshevskiy S.V. [Developing of Constructive and Heat-Insulating Materials Based on Caustic Dolomite and Wooden Filler]. *Trudy Belorusskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya 2. Lesnaya i derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'* [Proceedings of the Belarusian State Technological University. Series 2. Forestry and Woodworking Industry], 2007, no. 2, pp. 202–204. (in Russ.)

11. Marchik E.V., Plyshevskiy S.V., Kuz'menkov M.I. [Developing of Non-Autoclaved foam Concrete Based on Magnesia Cement]. *Trudy BGTU. Seria 3. Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv* [Proceedings of BSTU. Series no. 3, Chemistry and Technology of Inorganic Substances], 2009, vol. 1, no. 3, pp. 45–48. (in Russ.)
12. Koshelev V.A., Averina G.F., Zimich V.V., Kramar L.Ya. [Development of Magnesia foam Concrete Compositions Modified with Seed Crystals]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2018, vol. 18, no. 4, pp. 65–70. (in Russ.) doi: 10.14529/build180410
13. Golovnev S.G., Kiyants A.V., D'yakov K.V. [New High-Performance Energy- and Resource-Saving Construction Technologies and Materials Based on Magnesia Binding]. *Akademicheskii vestnik UralNIIproyekt RAASN* [Academic Bulletin UralNIIproyekt RAASN], 2009, no. 3, pp. 86–87. (in Russ.)
14. *GOST 10060-2012 Betony. Metody opredeleniya morozostoykosti (s popravkami) ot 27 dekabrya 2012* [State Standard 10060-2012. Concretes. Methods for Determination of Frost-Resistance (with Amendments)]. Moscow, Standartinform Publ., 2018. 33 p.
15. Averina G.F. *Magnezial'noye vyazhushcheye stroitel'nogo naznacheniya iz polimineral'nykh otkhodov proizvodstva ogneporov i materialy na ego osnove. Avtoref. kand. dis.* [Magnesia Binder for Construction Properties Made of Compound Refractory Industry Wastes and Materials Based on it. Abstract of kand. sci. diss.]. Penza, 2020. 24 p.

*Received 21 June 2022*

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Исследование возможности определения морозостойкости хлормagneзиальных бетонов по третьему ускоренному методу / Г.Ф. Аверина, В.А. Кошелев, А.А. Орлов и др. // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2022. – Т. 22, № 3. – С. 46–52. DOI: 10.14529/build220305

### FOR CITATION

Averina G.F., Koshelev V.A., Orlov A.A., Sozykina E.S., Sarayeva A.E. A possibility of Determining Frost Resistance of Magnesium Chloride Concrete According to the third accelerated method. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022, vol. 22, no. 3, pp. 46–52. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220305