

## РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАГНЕЗИАЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ ИЗ МАГНИЙСОДЕРЖАЩИХ ГОРНЫХ ПОРОД

**Г.Ф. Аверина, В.А. Кошелев**

*Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск, Россия*

Рассматривается экологическая эффективность производства магнезиальных вяжущих на основе отходов горнодобывающих производств по технологии интенсифицированного обжига. Обоснована важность перехода к технологиям со сниженными выбросами углекислого газа в атмосферу. Описаны основные разрушительные последствия, вызванные избытком углекислого газа с глобальной и локальной точки зрения. Приведен расчет выбросов углекислого газа вследствие термического разложения карбонатных минералов шихты. Приведен расчет выбросов углекислого газа, являющегося продуктом сгорания топлива для обжиговой установки. Исследован процесс выделения газов из шихты в процессе термической обработки доломитизированных горных пород, установлено отсутствие выделения газов, содержащих хлор, из добавок-интенсификаторов. Произведено сравнение углеродного следа технологии магнезиальных вяжущих с технологией производства портландцемента. Сделан вывод об актуальности частичной замены портландцемента на альтернативное экологически эффективное магнезиальное вяжущее при производстве строительных материалов.

*Ключевые слова: магнезиальные вяжущие, доломиты, доломитизированные магнезиты, эмиссия, углекислый газ, портландцемент, экологическая эффективность.*

### **Введение**

В настоящее время решение проблем, связанных с ухудшением экологической обстановки, выходит на первый план среди прочих тенденций мирового сообщества. Среди многочисленных факторов, которые наносят вред экологии, таких как накопление бытовых отходов, нарушение озонового слоя, истощение природных ресурсов, складирование многотоннажных отходов горнодобывающей промышленности на обширных участках плодородных земель, опустынивание, сокращение биоразнообразия и др., особенно выделяется проблема повышенной эмиссии углекислого газа в атмосферу. Данное явление имеет ряд неприятных и даже фатальных последствий. Углекислый газ является одним из основных компонентов, составляющих атмосферу Земли, наряду с азотом и водяным паром. Он имеет важную роль в жизнедеятельности биосферы, главным образом в обеспечении фотосинтеза, осуществляемого зелеными растениями [1]. Однако, начиная с середины девятнадцатого века, отмечается стабильный рост концентрации молекул  $\text{CO}_2$  в атмосфере [2]. Начиная с первой декады двадцать первого века темп прироста концентрации углекислого газа составляет 0,5...0,7 % в год [3].

Углекислый газ является вторым по значимости парниковым газом в атмосфере, поскольку он обладает способностью поглощать и переизлучать инфракрасное излучение на различных длинах волн. Наличие углекислого газа и его парникового эффекта в атмосфере приводит к увеличению приповерхностной температуры на величину порядка  $+8 \pm 1$  °C [4]. Также наличие углекислого газа

в воздухе способствует увеличению плотности и влажёмкости воздуха, что в свою очередь приводит к усилению парникового эффекта [5].

Комбинация перечисленных факторов является причиной увеличения концентрации углекислого газа с доиндустриального уровня до современного (418 ppm), что в среднем за год эквивалентно дополнительно выделению 1,8 Вт на каждый квадратный метр поверхности планеты. Кроме того, характерной чертой парниковых свойств диоксида углерода по сравнению с другими газами является его долговременное воздействие на климат. После прекращения вызвавшей его эмиссии эффект сохраняется в значительной степени постоянным на протяжении до тысячи лет [6, 7].

Кроме того, существуют данные об отрицательном влиянии избытка углекислого газа в нижних слоях стратосферы на выработку озона, особенно весной и вблизи экватора.

Таким образом, проблема повышенной эмиссии углекислого газа в атмосферу является глобальной и на данный момент решается на мировом уровне. В 2016 году было принято Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата, регулирующее меры по снижению содержания углекислого газа в атмосфере с 2020 года. По Парижскому соглашению Россия должна достичь к 2030 г. выбросов парниковых газов не более 70 % от уровня 1990 г. В 2018 г. уровень выбросов парниковых газов из России составил 52 % от уровня 1990 года [8]. С 2023 года ЕС вводит углеродный налог на импортную продукцию с большими выбросами парниковых газов.

Согласно данным по эмиссии углекислого газа разными странами за 2020 год [9], самыми крупными эмитентами CO<sub>2</sub> являются Китай и США. Только на эти две страны вместе приходится более 40 % общемировых выбросов CO<sub>2</sub>. Принудительное ведение ограничений на допустимое суммарное количество выбросов углекислого газа вынуждает предприятия устанавливать современные системы очистки повышенной эффективности или снижать производительность, что в свою очередь повышает себестоимость продукции. Внедрение налогов на продукцию, выпускаемую с нарушением установленных норм, снижает чистую прибыль от ее продажи. Таким образом, для предприятий, работающих по традиционным технологиям, необходимость следовать актуальным тенденциям снижения эмиссии углекислого газа в любом случае приведет к снижению доходности и инвестиционной привлекательности.

Однако необходимость перечисленных мероприятий диктуется не только вопросом сдерживания темпов глобального потепления, но и более локальными причинами.

Стоит учитывать, что углекислый газ – это прежде всего токсичное вещество. В малых дозировках (до 2 %) может вызывать у человека слабость и сонливость. Десятипроцентная концентрация в воздухе может вызвать головные боли, головокружения, расстройство слуха и даже обмороки. Эффект от отравления избытком углекислого газа наступает значительно быстрее, чем от ежегодного незначительного увеличения температуры окружающей среды. Особенно подвержены отрицательному влиянию избытка углекислого газа в атмосфере люди, проживающие на территории промышленных регионов с большим количеством предприятий, продуцирующих выбросы в атмосферу.

Большой вклад в повышение концентрации CO<sub>2</sub> в окружающей среде вносят котельные установки, промышленные печи, автомобильные двигатели, нефтеперерабатывающая, химическая, металлургическая, пищевая промышленность, а также предприятия по производству некоторых видов строительных материалов [10].

В частности, огромное количество выбросов углекислого газа производится заводами, выпускающими клинкерный портландцемент. Клинкерный портландцемент – минеральное гидравлическое вяжущее, наиболее популярное в строительной отрасли. Мировой выпуск портландцемента в последние годы исчисляется миллиардами тонн. Объем производства строительных материалов и конструкций на его основе превышает десятки миллиардов тонн и продолжает увеличиваться [11].

На данный момент объективно не существует продукта, являющегося полным аналогом клинкерных портландцементов, несмотря на существование иных видов строительных вяжущих. Причиной тому является либо недостаточный уровень

физико-механических характеристик альтернативных вяжущих, либо недостаточная осведомленность о возможности их использования в качестве сырья для производства строительных материалов, особенно конструкционного назначения. В свою очередь, сдерживающей причиной для выявления особенностей поведения альтернативных вяжущих в составе строительных материалов является отсутствие заинтересованности производителей в замене привычного типа сырья на новое, малоизученное.

Примером альтернативных видов вяжущих могут служить магнезиальные вяжущие с низким содержанием оксида магния на основе доломитов и доломитизированных магнезитов. Физико-механические характеристики композитов на их основе практически не уступают характеристикам композитов на основе портландцемента [12]. Современные исследования позволяют получать даже водостойкие материалы на основе магнезиальных вяжущих путем введения активных добавок-модификаторов или использования альтернативных видов затворителей [13–17]. Композиты на основе магнезиальных вяжущих имеют уникальные эксплуатационные характеристики, такие как биоцидность, высокая стойкость к воздействию открытого огня, истиранию и т. д. Но самой интересной их особенностью в контексте экологической безопасности является технология производства, имеющая низкий углеродный след.

При производстве портландцемента и магнезиального вяжущего основная доля углекислого газа, выделяемого в атмосферу, является продуктом разложения входящих в состав шихты карбонатных минералов. Технология получения магнезиального вяжущего с низким содержанием оксида магния на основе отходов производства огнеупоров подразумевает неполную декарбонизацию входящих в состав шихты минералов в отличие от технологии портландцемента [18, 19].

Также углекислый газ является продуктом сгорания ископаемых видов топлива, применяемых для термической обработки шихты в печных установках преимущественно трубчатого вращающегося типа. Для производства вяжущих с низким содержанием оксида магния по технологии интенсифицированного обжига требуются температуры в диапазоне от 600 до 800 °С, в то время как для производства портландцемента используют температуры более 1450 °С. Таким образом, для производства вяжущих с низким содержанием оксида магния требуется значительно меньше топлива.

Целью данного исследования является расчет фактической эмиссии углекислого газа в атмосферу при производстве минерального магнезиального вяжущего с низким содержанием оксида магния по технологии интенсифицированного обжига [19] и сравнение его с количеством выбросов CO<sub>2</sub>, характерным для производства клинкерного портландцемента.

**Материалы и методы**

В качестве сырьевого материала для производства шихты использовали магнийсодержащую смесь отходов от добычи магнезита. Химический состав приведен в таблице.

**Химический состав основы шихты**

Название элемента	CaO	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
Содержание, %	31,4	22,5	0,16	0,24	0,11	44

В качестве добавки-интенсификатора обжига использовали смесь солей галогенидов в количестве 2,5 % от массы шихты.

Для оценки процессов, происходящих при термической обработке шихты, использовали прибор для дифференциально-термического анализа DTG-60 японской фирмы Shumadzu. Съёмки проводили в интервале температур от 20 до 900 °С со скоростью подъема температуры 20 °С в минуту.

По потерям массы на кривой ТГА оценивали количество CO<sub>2</sub>, выделившегося в процессе декарбонизации из минералов шихты.

**Исследовательская часть**

Термограмма шихты, модифицированной добавкой-интенсификатором, приведена на рисунке.

Процесс получения магнезиальных вяжущих из отходов горнодобывающей промышленности подразумевает термическую обработку при температурах до 700 °С. Согласно данным дифференциально-термического анализа типовой шихты, применяемой для производства магнезиального вяжущего, на интервале температур от 20 до 700 °С происходит разложение двух карбонатсодержащих минералов магнезита и доломита.

При разложении первого карбонатного компонента шихты (карбоната магния) потеря массы составляет 16 %, при разложении второго карбонатного компонента (магниевого составляющей доломита) – составляет 6,5 %. Суммарная потеря углекислого газа составляет 22,5 % от массы шихты.

На производство одной тонны готовой продукции затрачивается приблизительно 1300 кг шихты. Таким образом, при производстве одной тонны минерального доломитового вяжущего эмиссия углекислого газа при разложении карбонатных минералов составляет

$$(\text{CO}_2)_{\text{км}} = \frac{m_1}{100} \cdot \Delta m \text{ (кг/т)},$$

где  $m_1$  – масса шихты, кг,  $\Delta m$  – потеря массы шихты при термической обработке, связанная с разложением карбонатных минералов, %

$$(\text{CO}_2)_{\text{км}} = \frac{1300}{100} \cdot 22,5 = 292,5 \text{ (кг/т)}.$$

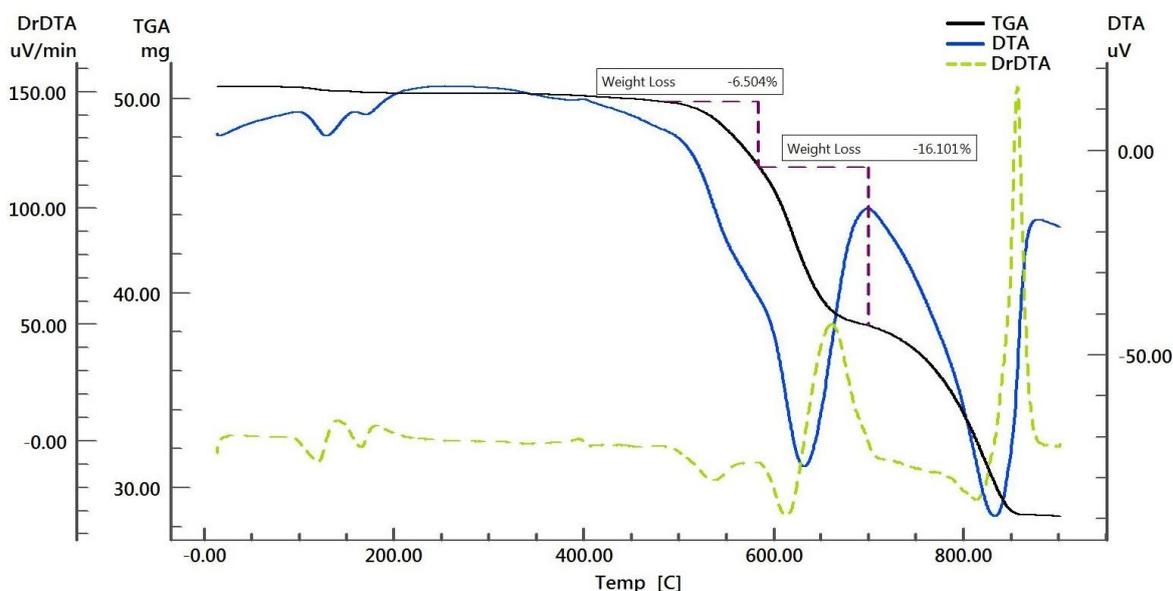
Для осуществления процесса термической обработки шихты производится ее обжиг в оборудовании вращающегося типа с использованием природного газа в качестве топлива. Фактический расход природного газа на производство одной тонны продукции составляет до 60 м<sup>3</sup>, в среднем – 50 м<sup>3</sup>.

Согласно справочным данным методики расчета выброса парниковых газов, СПО-Э-150 НП, при сгорании одной тысячи кубических метров природного газа выбросы CO<sub>2</sub> составляют 1,85 т.

Таким образом, эмиссия CO<sub>2</sub> от продуктов сгорания природного газа при производстве одной тонны минерального доломитового вяжущего составит:

$$(\text{CO}_2)_{\text{спг}} = \frac{Q_{\text{пр}} \cdot 1850}{1000} \text{ (кг/т)},$$

где  $Q_{\text{пр}}$  – расход природного газа на процесс обжига, тыс. м<sup>3</sup>.



Термограмма образца шихты при разложении на интервале от 20 до 900 °С

Средний показатель  $(CO_2)_{ср} = \frac{50 \cdot 1850}{1000} = 92,5$  (кг/т).

Максимальный показатель  $(CO_2)_{ср} = \frac{60 \cdot 1850}{1000} = 111$  (кг/т).

Тогда суммарная эмиссия углекислого газа при производстве составит:

$$\Sigma CO_2 = (CO_2)_{км} + (CO_2)_{ср} \text{ (кг/т)}.$$

Для рассчитанных значений при производстве минерального доломитового вяжущего суммарная эмиссия углекислого газа на тонну продукции составит:

средний показатель  $\Sigma CO_2 = 292,5 + 92,5 = 385$  (кг/т),

максимальный показатель  $\Sigma CO_2 = 292,5 + 111 = 403,5$  (кг/т).

Согласно актуальным литературным данным [11], при производстве клинкерного портландцемента эмиссия углекислого газа составляет в среднем 850 кг на тонну продукции, что более чем в два раза превышает максимальный выход углекислого газа при производстве магнезиального вяжущего из доломитов. Таким образом, производство вяжущих на основе магнезиальных отходов горнодобывающих предприятий является экологически более эффективным с точки зрения разрыва углеродного следа.

### Выводы

В современном мире больше внимание уделяется вопросам снижения выбросов углекислого газа в атмосферу. Меры, предлагаемые для их регулирования, в большинстве своем несут вред экономической эффективности конкретных производств и экономике стран в целом.

Одним из источников значительного количества выбросов углекислого газа в атмосферу является строительная индустрия, в частности предприятия, занимающиеся производством самого популярного вида сырья для строительных материалов – портландцемента. Замена части портландцемента на альтернативный вид вяжущих, получаемых по технологии с более низким углеродным следом, – один из способов достижения снижения контролируемых выбросов в атмосферу.

Эмиссия углекислого газа при производстве магнезиального вяжущего с низким содержанием оксида магния по технологии интенсифицированного обжига составляет не более 403,5 кг на тонну продукции. Данный показатель в два раза ниже показателей выбросов углекислого газа, характерных для производства клинкерного портландцемента.

Таким образом, производство магнезиальных вяжущих на основе доломитов и доломитизированных магнезитов представляет интерес с точки зрения повышения экологической эффективности строительной индустрии.

### Литература

1. Grant, P.W. *A first course in atmospheric radiation* / P.W. Grant. – Madison WI USA: Sundog Publishing, 2004. – P. 62–66.

2. Dr. Pieter Tans, NOAA/GML ([gml.noaa.gov/ccgg/trends/](http://gml.noaa.gov/ccgg/trends/)) and Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography ([scrippsco2.ucsd.edu/](http://scrippsco2.ucsd.edu/)).

3. Tans, P. *Annual mean growth rate for mauna loa* / P. Tans, R. Keeling. – Hawaii, 2013.

4. Семенов, С.М. *Парниковый эффект и его антропогенное усиление* / С.М. Семенов // *Солнечно-земная физика*. – 2012. – № 21. – С. 10–17.

5. Shelquist, R. *An introduction to air density and density altitude calculations* / R. Shelquist // *Internet Survey, Visited on 25th of March*. – 2012.

6. *Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions* / S. Solomon, G.K. Plattner, R. Knutti, & P. Friedlingstein // *Proceedings of the national academy of sciences*. – 2009. – Т. 106, № 6. – P. 1704–1709.

7. Cohen, J. *Bundle up, it's global warming* / J. Cohen. – *New York Times*. – 2010. – Dec. 25.

8. Порфирьев, Б. *Климат для людей, а не люди для климата* / Б. Порфирьев, А. Широков, А. Колпачков // *Эксперт*. – 2020. – № 31–34. – С. 44.

9. *Statistical Review of World Energy 2021* // 70th edition. *British Petroleum*.

10. Шкрабовская, А.Ю. *Особенности и проблемы оценки потенциала глобального потепления от различных источников выбросов парниковых газов* / А.Ю. Шкрабовская // *Молодежь и научно-технический прогресс*. – 2018. – С. 366–368.

11. Бикбау, М.Я. *Наноцементы – будущее мировой цементной промышленности и технологии бетонов* / М.Я. Бикбау // *Технологии бетонов*. – 2016. – № 3–4. – С. 38.

12. *Влияние морфологии минералов доломитового вяжущего на прочность* / Т.Н. Черных, А.В. Носов, Л.Я. Крамар, А.А. Орлов // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2014. – Т. 14, № 3. – С. 35–40.

13. Лотов, В.А. *Получение водостойкого магнезиального вяжущего* / В.А. Лотов, Н.А. Митина // *Техника и технология силикатов*. – 2010. – Т. 17, № 3. – С. 19–22.

14. *Повышение водостойкости магнезиального камня для твердеющих закладочных смесей из техногенных доломитов* / Г.Ф. Аверина, А.В. Катасонова, В.В. Зимич, Т.Н. Черных // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 28–32.

15. *Особенности влияния добавки золя гидроксида железа на структуру и свойства магнезиального камня* / В.В. Зимич, Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, В.Н. Пудовиков // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2011. – № 35 (252). – С. 25–32.

16. *Effect of hydroxyacetic acid on the water resistance of magnesium oxochloride cement* / X. Luo,

W. Fan, C. Li, Y. Wang et al. // *Construction and Building Materials*. – 2020. – Vol. 246. – С. 118428.

17. Development of magnesium oxychloride cement with enhanced water resistance by adding silica fume and hybrid fly ash-silica fume / Y. Guo, Y.X. Zhang, K. Soe et al. // *Journal of Cleaner Production*. – 2021. – Т. 313. – С. 127682.

18. Высокопрочное доломитовое вяжущее /

А.В. Носов, Т.Н. Черных, Л.Я. Крамар, Е.А. Гамалий // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура»*. – 2013. – Т. 13, № 1. – С. 30–37.

19. 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 / Г.Ф. Аверина. – Пенза, 2021. – 24 с.

**Аверина Галина Федоровна**, старший преподаватель кафедры «Строительные материалы 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

Поступила в редакцию 31 марта 2022 г.

DOI: 10.14529/build220205

## CALCULATION OF CARBON DIOXIDE EMISSION DURING THE PRODUCTION OF MAGNESIUM BINDERS FROM MAGNESIUM-CONTAINING ROCK

G.F. Averina, averinagf@susu.ru

V.A. Koshelev, vasilikosh@gmail.com

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

The article discusses the environmental effectiveness of the production of magnesium binders based on mining waste using the technology of intensified roasting. The importance of the transition to technologies with reduced carbon dioxide emissions into the atmosphere is substantiated. The main devastating consequences caused by an excess of carbon dioxide from a global and local point of view are described. The calculation of emissions of carbon dioxide due to thermal decomposition of charge carbonate minerals is given. The calculation of emissions of carbon dioxide as a product of combustion of fuel for a burning plant is presented. The process of release of gases from the charge during the thermal treatment of dolomitic rock is studied, the absence of release of gases containing chlorine from intensifier additives is established. The carbon footprint of the technology of magnesium binders is compared to the technology of Portland cement production. The conclusion about the relevance of the partial replacement of Portland cement with an alternative environmentally effective magnesium binder in the production of building materials is made.

*Keywords: magnesium binders, dolomites, dolomitic magnesites, emissions, carbon dioxide, Portland cement, environmental effectiveness.*

### References

1. Grant P.W. [A First Course in Atmospheric Radiation]. Madison WI USA, Sundog Publishing, 2004, pp. 62–66. DOI: 10.1029/2004EO360007
2. Dr. Pieter Tans, NOAA/GML (gml.noaa.gov/ccgg/trends/) and Dr. Ralph Keeling, Scripps Institution of Oceanography (scrippsco2.ucsd.edu/).
3. Tans P., Keeling R. [Annual Mean Growth Rate for Mauna Loa]. Hawaii, 2013.
4. Semenov S. M. [Greenhouse Effect and its Anthropogenic Amplification]. *Solnechno-zemnaya fizika* [Journal Solar-Terrestrial Physics], 2012, no. 21, pp. 10–17. (in Russ.)
5. Shelquist R. [An Introduction to Air Density and Density Altitude Calculations]. Internet Survey, (accessed 25.03.2012).
6. Solomon S., Plattner G.K., Knutti R., Friedlingstein P. [Irreversible Climate Change Due to Carbon Dioxide Emissions]. *Proceedings of the national academy of sciences*, 2009 vol. 106, no. 6, pp. 1704–1709. (in Russ.)
7. Cohen J. [Bundle Up, It's Global Warming]. *New York Times*, 2010, Dec. 25.
8. Porfir'yev B., Shirov A., Kolpakov A. [Climate for People, not People for Climate]. *Ekspert* [Expert], 2020, no. 31–34, p. 44.

9. [Statistical Review of World Energy 2021. 70th Edition]. *British Petroleum*.
10. Shkrabovskaya A.Yu. [Features and Problems of Assessing the Global Warming Potential from Various Sources of Greenhouse Gas Emissions]. *Molodezh' i nauchno-tehnicheskiy progress* [Youth and Scientific and Technological Progress], 2018, pp. 366–368. (in Russ.)
11. Bikbau M.Ya. [Nanocements – the Future of the Global Cement Industry and Concrete Technology]. *Tekhnologii betonov* [Concrete Technologies], 2016, no. 3–4, pp. 38–42. (in Russ.)
12. Chernykh T.N., Nosov A.V., Kramar L.Ya., Orlov A.A. [Influence of Morphology of Dolomite Binder Minerals on Strength]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2014, vol. 14, no. 3, pp. 35–40. (in Russ.)
13. Lotov V.A., Mitina N.A. [Obtaining a Waterproof Magnesia Binder]. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov* [Technique and Technology of Silicates], 2010, vol. 17, no. 3, pp. 19–22. (in Russ.)
14. Averina G. F., Katasonova A.V., Zimich V.V., Chernykh T.N. [Increasing the Water Resistance of Magnesian Stone for Hardening Filling Mixtures from Technogenic Dolomites]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 28–32. (in Russ.). DOI: 10.14529/build160205
15. Zimich V.V., Kramar L.Ya., Chernykh T.N., Pudovikov V.N. [Features of the Influence of the Addition of Iron Hydroxide Sol on the Structure and Properties of Magnesia Stone]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2011, no. 35 (252), pp. 25–32. (in Russ.)
16. Luo X., Fan W., Li C., Wang Y., Yang H., Liu X., Yang S. [Effect of Hydroxyacetic Acid on the Water Resistance of Magnesium Oxychloride Cement]. *Construction and Building Materials*, 2020, vol. 246, pp. 118428.
17. Guo Y., Zhang Y.X., Soe K., Wuhler R., Hutchison W.D., Timmers H. [Development of Magnesium Oxychloride Cement with Enhanced Water Resistance by Adding Silica Fume and Hybrid Fly Ash-Silica Fume]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol. 313, pp. 127682.
18. Nosov A. V., Chernykh T.N., Kramar L.Ya., Gamaliy E.A. [Extra Strong Dolomitic Bonding Substance]. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*, 2013. vol. 13, no. 1, pp. 30–37.
19. Averina G. F. *Magnezial'noye vyazhushcheye stroitel'nogo naznacheniya iz polimineral'nykh otkhodov proizvodstva огнеупоров i materialy na ego osnove: avtoref. kand. diss.* [Magnesian Binder for Construction Purposes from Polymineral Waste from the Production of Refractories and Materials Based on It. Abstract of cand. diss.]. Penza, 2021. 24 p.

Received 31 March 2022

---

### ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Аверина, Г.Ф. Расчет количества выбросов углекислого газа при производстве магнезиальных вяжущих из магнийсодержащих горных пород / Г.Ф. Аверина, В.А. Кошелев // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2022. – Т. 22, № 2. – С. 37–42. DOI: 10.14529/build220205

### FOR CITATION

Averina G.F., Koshelev V.A. Calculation of Carbon Dioxide Emission During the Production of Magnesium Binders From Magnesium-Containing Rock. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2022, vol. 22, no. 2, pp. 37–42. (in Russ.). DOI: 10.14529/build220205