

ТЕХНОЛОГИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

CONSTRUCTION TECHNOLOGY AND MANAGEMENT

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2025. Т. 27. № 2. С. 206–214.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2025; 27 (2): 206–214.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 666.9.015.7

DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-206-214

EDN: SPZWUU

О НЕКОТОРЫХ ПУТЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД УГЛЕДОБЫЧИ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

**Александр Викторович Рубанов, Дмитрий Юрьевич Саркисов,
Олег Анатольевич Бычков, Наталья Анатольевна Чернышова,
Николай Петрович Горленко, Юрий Сергеевич Саркисов**
*Томский государственный архитектурно-строительный университет,
г. Томск, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* В работе на примере функционирования шахты «Заречная» г. Полысаево Кемеровской области рассмотрены некоторые геологические и экологические аспекты создания замкнутых технологий разработки угольных месторождений Кузбасса.

Цель работы – обоснование некоторых путей использования вскрышных пород в строительных технологиях. Особое внимание уделено теоретическому и экспериментальному обоснованию использования отходов вскрышных пород угледобычи в строительных технологиях.

Методы исследования. В работе применены методы эмиссионного спектрального анализа (спектрометр «Гранд» с многоканальным анализатором эмиссионных спектров МАЭС), дериватографического (термогравиметрический анализатор TGA/DSC1) и ИК-спектроскопического анализа (SPECORD IR-75).

Результаты. Показано, что вскрышные породы представляют собой совокупность минералов основных пород кальция, алюминия, магния, кремния и других элементов. На основе физико-химических исследований состава и структуры минералов вскрышных пород предложены оригинальные способы их переработки в строительные и композиционные материалы различного технического назначения, изготавливаемые на основе минеральных и органических вяжущих.

© Рубанов А.В., Саркисов Д.Ю., Бычков О.А., Чернышова Н.А., Горленко Н.П.,
Саркисов Ю.С., 2025

Ключевые слова: вскрышная порода, угольное месторождение, связующие, прочность, структуры твердения, технологическая схема, замкнутые технологии, ИК-спектр, дериватографический анализ, эмиссионный спектральный анализ

Для цитирования: Рубанов А.В., Саркисов Д.Ю., Бычков О.А., Чернышова Н.А., Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. О некоторых путях использования вскрышных пород угледобычи в строительных технологиях // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2025. Т. 27. № 2. С. 206–214. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-206-214. EDN: SPZWUU

ORIGINAL ARTICLE

ABOUT WAYS OF UTILIZING COAL MINING OVERBURDEN ROCKS IN CONSTRUCTION TECHNOLOGIES

Aleksandr V. Rubanov, Dmitry Yu. Sarkisov, Oleg A. Bychkov,
Natalia A. Chernyshova, Nikolai P. Gorlenko, Yuri S. Sarkisov
Tomsk State University of Architecture and Building, Tomsk, Russia

Abstract. The paper considers the development of coal mining closed-cycle technology in Kuzbass based on the example of the Zarechnaya mine operation in Polysaev, Kemerovo region.

Purpose: Substantiation of some ways of utilising overburden rocks in construction technologies. Special attention is paid to theoretical and experimental substantiation of overburden waste utilization in construction.

Methodology: The emission spectral analysis using a spectrometer Grand with a multichannel analyzer of emission spectra; a derivatograph is used in these studies.

Research findings: It is shown that the overburden rocks are a combination of minerals from the main rocks of calcium, aluminum, magnesium, silicon and other elements. Based on physicochemical studies of the composition and structure of overburden rocks, methods are proposed for their processing into construction and composite materials for various technical purposes, made on the basis of mineral and organic binders.

Keywords: overburden rocks, coal deposit, binders, strength, hardening structures, process flow, closed cycle, IR spectrum, derivational thermal analysis, emission spectral analysis

For citation: Rubanov A.V., Sarkisov D.Yu., Bychkov O.A., Chernyshova N.A., Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. About Ways of Utilizing Coal Mining Overburden Rocks in Construction Technologies. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2025; 27 (2): 206–214. DOI: 10.31675/1607-1859-2025-27-2-206-214. EDN: SPZWUU

Введение

При разработке угольных месторождений в качестве побочных продуктов выступают так называемые вскрышные породы различного химического состава. Запасы вскрышных пород составляют более 100 тыс. т [1, 2, 3, 4, 5]. Материал представлен карбонатами, силикатами, алюминатами различных металлов, содержит определенное количество серебра, золота и других ценных металлов. Исходя из физико-химического состава и свойств вскрышных пород в работе предлагаются технологии обработки исходных материалов для дальнейшего использования в различных областях народного хозяйства, представляющие тот или иной экономический интерес.

Целью настоящей работы является обоснование некоторых путей использования вскрышных пород в строительных технологиях.

Общим для всех предложенных технологий являются процессы измельчения исходного материала до заданных размеров дисперсности [6, 7, 8, 9, 10, 11]. Эти процессы последовательно осуществляют в диспергаторах различного уровня до получения фракций 20–40, 10–20, 5–10 мм, а также фракций микронных и нанодисперсных размеров. Степень дисперсности определяет область применения вскрышных пород. Наиболее перспективным направлением использования вскрышных пород высокой дисперсности (нано-, микро- и макродиапазон размера частиц), на наш взгляд, является создание новых перспективных материалов различного технического назначения на основе полимеров и интерполимерных комплексов различной природы для получения строительных и композиционных материалов для различных сфер народного хозяйства.

Методы исследования

В работе использованы методы эмиссионного спектрального анализа (спектрометр «Гранд» с многоканальным анализатором эмиссионных спектров МАЭС), дериватографического (термогравиметрический анализатор TGA/DSC1) и ИК-спектроскопического анализа (SPECORD IR-75).

О кинетике гидратации и структурообразования судили по изменению прочности структур твердения во времени. Для этих целей изготавливались образцы-кубики с размерами 10×10×10 мм, которые выдерживались в нормальных условиях и испытывались в установленные сроки твердения.

Дисперсность измельченных образцов определяли прибором ПСХ-2.

Результаты исследования

Результаты эмиссионного спектрального анализа приведены на рис. 1, на котором видно, что наиболее характерными элементами являются соединения алюминия, кальция, железа.

На рис. 2 представлены результаты ИК-спектроскопического анализа.

Из анализа ИК-спектра следует, что широкий пик средней интенсивности 3600–3000 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям ОН⁻ группы, широкий слабый пик 2200–2000 см⁻¹ – валентным колебаниям Si–H, пики на 1600 и 1400 см⁻¹ NO₂ – валентным симметричным и асимметричным колебаниям соответственно либо колебаниям углеродного скелета C=C в бензольном кольце. Серия пиков от 1200 до 1000 см⁻¹ соответствует валентным колебаниям S=O, интенсивный пик 1000 и 800 см⁻¹ – валентным колебаниям Si–H, слабый пик при 1240 см⁻¹ – валентным колебаниям Si–N.

На рис. 3 представлены результаты термогравиметрического анализа.

Потеря массы образцом, согласно термограмме (рис. 3), наблюдалась в несколько этапов. Первый этап при температуре 73 °С соответствует потере адсорбционной воды, слабо связанной с матрицей породы.

Второй эндотермический эффект, наблюдаемый при температуре 253,4 °С, по-видимому, обусловлен удалением физически достаточно сильно связанной с минералами породы гидратационной воды, концентрация которой, судя по небольшой потере массы образца, незначительна. Наиболее сильная

потеря массы наблюдается при температуре 470,3 °С. В то же время экзотермический пик указывает на процессы синтеза новых фаз минерала.

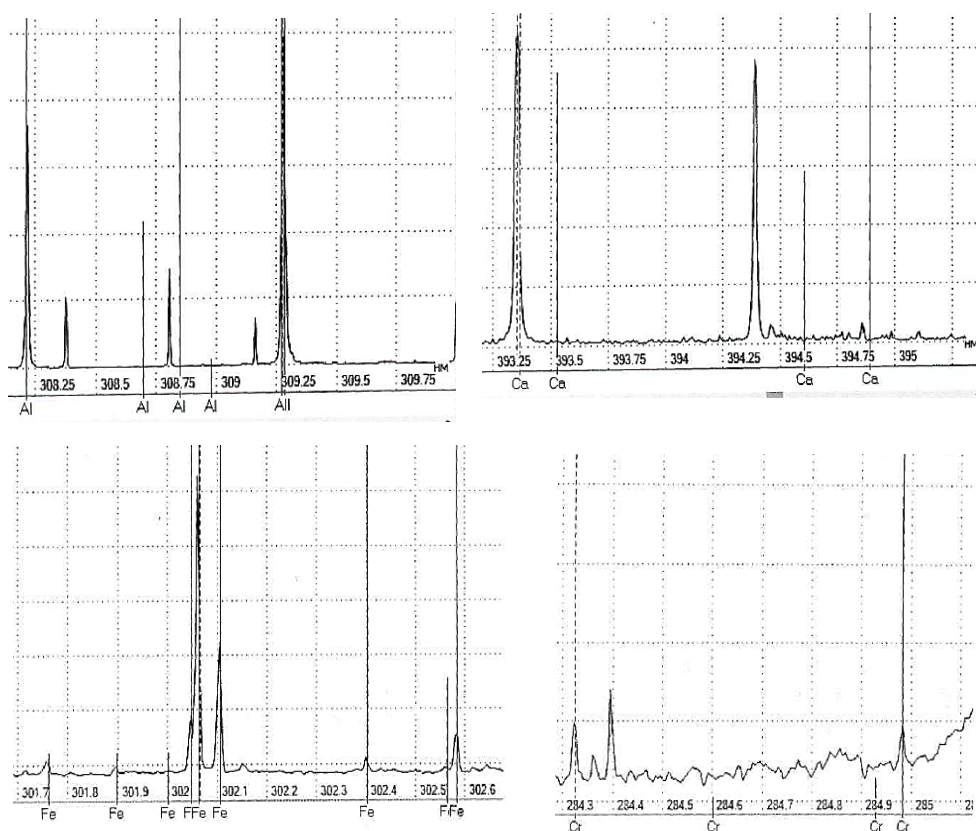


Рис. 1. Результаты эмиссионного спектрального анализа вскрышной породы
Fig. 1. Results of emission spectral analysis of overburden rock



Рис. 2. Результаты ИК-спектроскопического анализа
Fig. 2. Results of IR spectroscopy

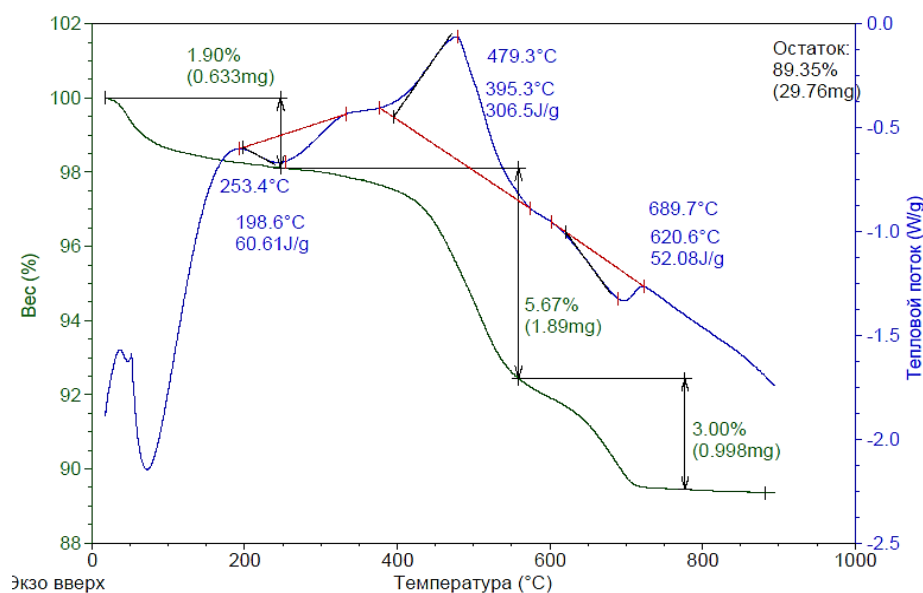


Рис. 3. Результаты термогравиметрического анализа вскрышной породы
Fig. 3. TGA curves for overburden rock

Можно предположить, что идут процессы синтеза различных силикатных фаз с участием ионов алюминия и кальция и одновременно дегидратация и разложение наименее стабильных форм.

Третий этап интенсивной потери массы указывает на продолжение процесса разложения гидросиликатов, что подтверждает эндотермический эффект при температуре около 780 °С, характерной для начала дегидратации высокоосновных гидросиликатов кальция.

Из результатов анализа элементного состава вскрышной породы следует, что ее химические компоненты имеют близкую химическую природу к составу вяжущих веществ на основе цемента, и поэтому целесообразно исследовать возможность получения строительных материалов с использованием вскрышной породы в качестве наполнителя.

Анализ физико-химических исследований показывает, что наиболее целесообразно для получения структур твердения с повышенными эксплуатационными характеристиками применять связующие неорганической и органической природы. В качестве неорганических вяжущих использовали портландцемент, гипс, известь и различные оксидсодержащие системы. Результаты этих поисковых исследований приведены в табл. 1.

Как видно из данных табл. 1, максимальная прочность образцов при сжатии характерна для системы «портландцемент – вскрышная порода – нанокремнезем – вода», которая составляет в 28 сут 75 МПа.

В качестве вяжущих органической природы использовали эпоксидную, карбамидоформальдегидную, фенолформальдегидную смолы, полиэтилентерефталат, полиуретан, а также полиуретан, модифицированный нанокремнеземными трубками. Результаты этих исследований представлены в табл. 2.

Таблица 1

**Прочность структур твердения в системе
«вяжущие неорганической природы – вскрышная порода – вода»**

Table 1

**Strength of hardening structures
in the inorganic nature – overburden – water system**

Качественный состав композиций	Прочность при сжатии, МПа, через	
	1 сут	28 сут
Портландцемент – вскрышная порода – вода	27,5	60,0
Портландцемент – вскрышная порода – нано-кремнезем – вода	32,0	75,0
Гипс – вскрышная порода – вода	10,5	32,0
Гипс – опилки – вскрышная порода – вода	12,0	37,5
Известь – вскрышная порода – вода	7,5	22,5
Оксид магния – хлорид магния – вскрышная порода – вода	7,5	23,0
Оксид цинка – хлорид цинка – вскрышная порода – вода	5,2	17,5

Таблица 2

**Прочность структур твердения в системе
«вяжущие органической природы – вскрышная порода – вода»**

Table 2

**Strength of hardening structures
in the organic nature – overburden – water system**

Качественный состав композиций	Прочность при сжатии, МПа, через	
	1 сут	28 сут
Вскрышная порода – эпоксидная смола	62,5	65,0
Вскрышная порода – карбамидоформальдегидная смола	42,5	42,5
Вскрышная порода – фенолформальдегидная смола	37,0	40,0
Вскрышная порода – полиэтилентерефталат	37,5	37,5
Вскрышная порода – полиуретан	25,0	27,5
Вскрышная порода – полиуретан – наноуглеродные трубки	27,5	32,5

Как следует из данных табл. 2, максимальная прочность характерна для системы «вскрышная порода – эпоксидная смола», величина которой составляет 65 МПа. Предлагаемые материалы могут быть подвержены коррозионным процессам, которые нами подробно рассмотрены в работе [12].

Таким образом, как показали поисковые исследования, вскрышные породы при освоении угольных месторождений Кузбасса могут быть широко использованы при создании целой гаммы новых строительных и композиционных материалов различного технического назначения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ольховатенко В.Е. Инженерная геология угольных месторождений Кузнецкого бассейна. Томск : Изд-во ТГАСУ, 2014. 149 с.
2. Rogov G.M. Гидрогеология и геоэкология Кузнецкого угольного бассейна. Томск : Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 2000. 166 с.
3. Rogov G.M., Ольховатенко В.Е. Геоэкологические проблемы Кузнецкого угольного бассейна // Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий : труды Международной научной конференции, Томск, 22–24 сентября 1999 г. Томск: Изд-во Томского государственного архитектурно-строительного университета, 1999. С. 19–21.
4. Ольховатенко В.Е., Трофимова Г.И., Лазарев В.М., Чернышова Н.А. Общие вопросы инженерно-геологических изысканий при разработке открытым способом угольных месторождений Кузбасса // Сергеевские чтения. Научное обоснование актуализации нормативных документов инженерно-геологических и инженерно-экологических изысканий. Москва : Российский университет дружбы народов, 2010. Вып. 12. С 465–470.
5. Manjaria T., Manoharan V., Ramamurthy K. Effective utilization of mine overburden soil in producing aggregates by pelletization and sintering. Effective utilization of mine overburden soil in producing aggregates by pelletization and sintering // Construction and Building Materials. 2023. 1 December. V. 407. P. 133408. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133408>
6. Gang Liu, Kun Wang, Xiaochen Hao, Zhipeng Zhang, Yantao Zhao, Qingquan Xu. A new advance prediction method of energy consumption in cement raw materials grinding system // Energy. 2022. 15 February. V. 241. P. 122768. URL: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.122768>
7. Ahyeon Lim, Hyunuk Kang, Dongho Jeon, Dongho Jeon, Namkon Lee, Dongho Jeon, Chi sun Poon. Understanding the effect of triethanolamine on grinding and hydration of blast furnace slag, focusing on the degrees of slag consumption and C(-A)-S-H formation // Construction and Building Materials. 2025. 10 January. V. 458. P. 139693. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139693>
8. Zihao Jin, Chen Wang, Chengjia Cui, Ying Su, Xingyang He, Zhenzhen Zhi, Shun Chen, Chao Yang, Shiyu Guan. Effect of ground granulated blast-furnace slag slurries by wet-grinding on the mechanical properties and hydration process of hemihydrate phosphogypsum // Materialstoday. 2024. December. V. 41. P. 111006. URL: <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2024.111006>
9. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Системная, структурная и информационная организация дисперсных систем // Известия Томского политехнического университета. 2003. Т. 306. № 2. С. 21–24. EDN: HSMBDN
10. Горленко Н.П., Саркисов Ю.С. Низкоэнергетическая активация дисперсных систем. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2011. 264 с.
11. Саркисов Ю.С. Управление процессами структурообразования дисперсных систем // Известия вузов. Строительство. 1993. № 2. С. 106–109.
12. Козлова В.К., Завадская Л.В., Божок Е.В., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П. Пути повышения коррозионной стойкости вяжущих и цементных систем. Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2024. 124 с. ISBN 978-5-6050247-6-7.

REFERENCES

1. Olkhovatenko V.E. Engineering Geology of Coal Deposits in the Kuznetsk Basin. Tomsk: TSUAB, 2014. 149 p. (In Russian)
2. Rogov G.M. Hydrogeology and Geoecology of the Kuznetsk Coal Basin. Tomsk: TSUAB, 2000. 166 p. (In Russian)
3. Rogov G.M., Olkhovatenko V.E. Geoecological Problems of the Kuznetsk Coal Basin. In: *Proc. Int. Sci. Conf. 'Geoecological Problems of Urbanized Territories'*. September 22–24, Tomsk: TSUAB, 1999. Pp. 19–21. (In Russian)

4. Olkhovatenko V.E. General Issues of Methods of Engineering and Geological Research in the Exploration of Coal Deposits. In: *Coll. Papers 'Engineering and Geological Conditions for Construction of Large Quarries in Siberia'*. Tomsk: TSU, 1973. 153 p. (In Russian)
5. Manjaria T., Manoharan V., Ramamurthy K. Effective Utilization of Mine Overburden Soil in Producing Aggregates by Pelletization and Sintering. *Construction and Building Materials*. 2023; 407: P. 133408. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2023.133408
6. Gang Liu, Kun Wang, Xiaochen Hao, Zhipeng Zhang, Yantao Zhao, Qingquan Xu. A New Advance Prediction Method of Energy Consumption in Cement Raw Materials Grinding System. *Energy*. 2022; 241: 122768. DOI: 10.1016/j.energy.2021.122768
7. Ahyeon Lim, Hyunuk Kang, Dongho Jeon, Dongho Jeon, Namkon Lee, Dongho Jeon, Chi sun Poon. Understanding the Effect of Triethanolamine on Grinding and Hydration of Blast Furnace Slag, Focusing on the Degrees of Slag Consumption and C(-A)-S-H Formation. *Construction and Building Materials*. 2025; 458: 139693. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2024.139693
8. Zihao Jin, Chen Wang, Chengjia Cui, Ying Su, Xingyang He, Zhenzhen Zhi, Shun Chen, Chao Yang, Shiyu Guan. Effect of Ground Granulated Blast-Furnace Slag Slurries by Wet-Grinding on the Mechanical Properties and Hydration Process of Hemihydrate Phosphogypsum. *Materials Today*. 2024; 41: 111006. DOI: 10.1016/j.mtcomm.2024.111006
9. Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Systemic, Structural and Informational Organization of Dispersed Systems. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*. 2003; 306 (2): 21–24. (In Russian)
10. Gorlenko N.P., Sarkisov Yu.S. Low-Energy Activation of Water-Dispersed Systems. Tomsk: TSU, 2011. 264 p. (In Russian)
11. Sarkisov Yu.S. Process Management of Structure Formation of Discrete Systems. *Izvestiya Vuzov, Stroitelstvo*. 1993. (2):106–109. (In Russian)
12. Kozlova V.K., Zavadskaya L.V., Bozhok E.V., Sarkisov Yu.S., Gorlenko N.P. Ways to Increase the Corrosion Resistance of Binder and Cement Systems. Tomsk: TSUAB, 2024. 124 p. ISBN 978-5-6050247-6-7. (In Russian)

Сведения об авторах

Рубанов Александр Викторович, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, rubanov@tsuab.ru

Саркисов Дмитрий Юрьевич, канд. техн. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, milandd@yandex.ru

Бычков Олег Анатольевич, канд. геол.-мин. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tisi20080611@mail.ru

Чернышова Наталья Анатольевна, канд. геол.-мин. наук, доцент, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, tisi20080611@mail.ru

Горленко Николай Петрович, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, gorlen52@mail.ru

Саркисов Юрий Сергеевич, докт. техн. наук, профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, 634003, г. Томск, пл. Соляная, 2, sarkisov@tsuab.ru

Authors Details

Aleksandr V. Rubanov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, rubanov@tsuab.ru

Dmitry Y. Sarkisov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, milandd@yandex.ru

Oleg A. Bychkov, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tisi20080611@mail.ru

Natalia A. Chernyshova, PhD, A/Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, tisi20080611@mail.ru

Nikolay P. Gorlenko, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, gorlen52@mail.ru

Yuri S. Sarkisov, DSc, Professor, Tomsk State University of Architecture and Building, 2, Solyanaya Sq., 634003, Tomsk, Russia, sarkisov@tsuab.ru

Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors contributions

The authors contributed equally to this article.
The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 07.02.2025
Одобрена после рецензирования 25.02.2025
Принята к публикации 19.02.2025

Submitted for publication 07.02.2025
Approved after review 25.02.2025
Accepted for publication 19.02.2025