

ISSN 1995-2511

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

2

2020



ISSN 1995-2511



---

# ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Периодическое научное издание

№ 2

Июнь 2020

Нижний Новгород

ББК 95; я5

П 75

ПРИВОЛЖСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ, № 2 (54)

Периодическое научное издание. Н. Новгород, ННГАСУ, 2020. 152 с., 9 л. цв. вклеек.

**Учредитель и издатель:** ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет» (ННГАСУ). Зарегистрирован Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия 20.12.2006 г. Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77 – 47479 от 25.11.2011 г. Территория распространения – Российская Федерация, зарубежные страны. Языки – русский, английский.

Статьи рецензируются. Перепечатка без разрешения редакции запрещена, ссылки на журнал при цитировании обязательны.

«Приволжский научный журнал» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук по группе научных специальностей 05.23.00 – «Строительство и архитектура». Новая редакция Перечня утверждена Минобрнауки России 28.12.2018 г.

**Главный редактор д-р техн. наук, проф. С. В. СОБОЛЬ**  
**Ответственный секретарь канд. техн. наук, проф. Д. В. МОНИЧ**

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

чл.-корр. РААСН, д-р арх., проф. Е. А. АХМЕДОВА; чл.-корр. РААСН, проф. В. Н. БОБЫЛЕВ; засл. деят. науки РФ, д-р техн. наук, проф. В. И. БОДРОВ; д-р техн. наук, проф. А. М. БРАГОВ; д-р техн. наук, проф. А. Л. ВАСИЛЬЕВ; д-р биол. наук, проф. Д. Б. ГЕЛАШВИЛИ; чл.-корр. РААСН, д-р арх., проф. А. Л. ГЕЛЬФОНД; д-р наук, проф. Р. ГРЭФЕ; засл. деят. науки РФ, чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. Л. Н. ГУБАНОВ; д-р техн. наук, проф. А. И. ЕРЕМКИН; акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Т. ЕРОФЕЕВ; д-р наук, проф. М. ИВЕТИЧ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. Н. И. КАРПЕНКО; д-р физ.-мат. наук, проф. М. М. КОГАН; д-р техн. наук, проф. Д. В. КОЗЛОВ; чл.-корр. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. Н. КУПРИЯНОВ; д-р наук, проф. Ф. НЕСТМАНН; д-р техн. наук, проф. С. И. РОТКОВ; д-р техн. наук, проф. С. В. СТЕПАНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р физ.-мат. наук, проф. Р. Г. СТРОНГИН; д-р физ.-мат. наук, проф. А. Н. СУПРУН; д-р техн. наук, проф. В. П. СУЧКОВ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТЕЛИЧЕНКО; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. В. И. ТРАВУШ; засл. деят. науки РФ, акад. РААСН, д-р техн. наук, проф. С. В. ФЕДОСОВ; д-р физ.-мат. наук, проф. Е. В. ЧУПРУНОВ; засл. деят. науки РФ, д-р хим. наук, проф. В. А. ЯБЛОКОВ

Зав. ред.-изд. отделом В. В. Втюрина,  
техн. редактор М. А. Коссэ, компьютерная верстка И. К. Красавина,  
переводчик Л. Ю. Воронцов, работа со списками литературы Л. Б. Вержиковская

Подписано в печать 20.06.2020 г. Формат 70×108/16. Бумага офсетная  
Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,3 + вкл. 1,6. Тираж 600 экз. Заказ №

**Адрес издателя и редакции:** Россия, 603950, г. Нижний Новгород, ул. Ильинская, д. 65.

**Тел./факс:** (831) 433-04-36 (редакция), (831) 430-19-46 (отв. секретарь);

**эл. почта:** md@nngasu.ru (отв. секретарь), red@nngasu.ru (редакция),

**интернет-сайт:** www.pnj.nngasu.ru; pnj.nngasu.ru

**Индекс журнала в каталоге Агентства «Роспечать»:** 80382. Цена свободная.

Отпечатано в типографии ООО «Новые решения»

Адрес: Россия, 603098, г. Нижний Новгород, ул. Артельная, д. 35а, оф. 1.

ISSN 1995-2511

© ННГАСУ, 2020



## СОДЕРЖАНИЕ

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ

- Хазов П. А., Шишова М. А., Сатанов А. А.** Анализ сейсмостойкости проектируемого высотного здания в г. Владивостоке ..... 9
- Лихачева С. Ю., Кожанов Д. А., Хазов П. А., Анущенко А. М., Онищук Е. А., Лобов Д. М.** Устойчивость центрально-сжатых прямолинейных упругих стержней переменного сечения ..... 15
- Григорьев Ю. С., Фатеев В. В.** Усиление грунтового основания монолитного железобетонного резервуара буроинъекционными сваями ..... 23
- Шеховцов Г. А., Раскаткин Ю. Н.** Теоретические основы и результаты моделирования координатного способа контроля подкранового пути полярного крана ..... 34

### ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

- Суворов Д. В.** Воздействие внешнего электрического поля на пропан-бутановую смесь при турбулентном режиме ее горения ..... 44

### СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

- Федосов С. В., Голованов В. И., Лазарев А. А., Торопова М. В.** Проблемы совершенствования мониторинга при строительстве малоэтажных жилых зданий ..... 50
- Корнеева Е. В.** Тампонаж с использованием вторичного минерального сырья ..... 56

### ГИДРОТЕХНИЧЕСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

- Соболь С. В.** Примеры монофрактального анализа физических процессов, сопутствующих существованию водохранилищ ..... 66
- Марков И. С., Февралев А. В.** Влияние температуры воды водохранилища на уровень нижнего бьефа гидроузла в криолитозоне ..... 79
- Февралев А. В.** Обоснование каскада прудов в г. Лысково Нижегородской области ..... 86

### ТЕОРИЯ И ИСТОРИЯ АРХИТЕКТУРЫ, РЕСТАВРАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ИСТОРИКО-АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

- Каракова Т. В., Данилова А. В.** Художественная перфорация в архитектуре и дизайне ..... 93
- Шумилкин С. М.** Нижегородский пассаж братьев Блиновых: история реставрации... 99
- Лисицына А. В., Захарова И. С.** Городской квартал как структурный элемент историко-архитектурной среды (на примере города Павлово) ..... 104
- Худин А. А.** Идеологема просвещения в архитектуре модернизма и постмодернизма. 109
- Зобова М. Г.** Творческий метод гражданского инженера, епархиального архитектора Т. С. Хилинского ..... 117
- Филиппов В. Д.** Отто Хеслер – пионер «Нового строительства» ..... 123
- Аль-Шайбани А. А., Шило А. В.** Проблемы формирования жилой среды в Ираке (на примере г. Наджаф) ..... 129

### АРХИТЕКТУРА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ. ТВОРЧЕСКИЕ КОНЦЕПЦИИ АРХИТЕКТУРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

- Прохожев Н. О.** Методы анализа каркасных систем жилых зданий из тонкостенных металлических конструкций ..... 138



odobren Sovetom Federatsii 11 iyulya 2008 goda : redaktsiya ot 27 dekabrya 2018 goda. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644/> (data obrascheniya: 3 marta 2020).

5. Shepitko G. E. Problemy okhrannoy bezopasnosti obektov [Problems of security of objects] / Pod red. V. A. Minaeva. – Moscow : Russkoe slovo, 1995 – 352 p.

6. Pismenny D. T. Konspekt lektsiy po teorii veroyatnostey, matematicheskoy statistike i sluchaynym protsessam [Lecture notes on probability theory, mathematical statistics, and random processes] / 4-e izd., ispr. – Moscow: AYRIS-press, 2008, 287 p.: il., tabl. (Vyshee obrazovanie). ISBN 978-5-8112-3340-3.

7. Lazarev A. A., Smirnov A. V. Sovershenstvovanie sistemy monitoringa pozharney bezopasnosti na obektakh zashchity Ivanovskoy oblasti [Improving the fire safety monitoring system at the protection facilities of the Ivanovo region], III mezhvuzovskiy nauchno-prakticheskiy seminar, Ivanov. Akad. Gos. protivopozharney sluzhby MChS Rossii. Ivanovo, 2013, p. 30–31.

8. Rossiyskaya Federatsiya. Pravitelstvo. Ob utverzhdenii trebovaniy k antiterroristicheskoy zashchishchonnosti mest massovogo prebyvaniya lyudey i obektov (territoriy), podlezhashchikh obyazatelnoy okhrane politseys, i form pasportov bezopasnosti takikh mest i obektov (territoriy) [About the approval of requirements for anti-terrorist security of places of mass stay of people and objects (territories) subject to mandatory police protection, and forms of security passports of such places and objects (territories)] : postanovlenie Pravitelstva RF ot 25 marta 2015 goda № 272 : redaktsiya ot 19 yanvarya 2018 goda. – URL: <https://base.garant.ru/70937940/> (data obrascheniya: 3 marta 2020).

9. Lukoyanov S. V., Belov S. V. Osnovnyie trebovaniya k sistemam fizicheskoy zashchity na etape ikh proektirovaniya [The main requirements to systems of physical protection at a stage of their design] // Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, computer facilities and informatics]. 2010. № 2. P. 163–171.

10. GOST R 51558-2014. Sredstva i sistemy okhrannyye televizionnyye. Klassifikatsiya. Obschie tekhnicheskiye trebovaniya. Metody ispytaniy [Systems and components of video surveillance for security applications. Classification. General requirements. Test procedures] : natsionalny standart RF : utverzhdyon i vvedyon v deystvie Prikazom Federal'nogo agentstva po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii ot 22.10.2014 № 1371-st : data vvedeniya 2016-01-01. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200113776> (data obrascheniya: 03.03.2020).

© С. В. Федосов, В. И. Голованов, А. А. Лазарев, М. В. Торопова, 2020

Получено: 14.03.2020 г.

УДК 622.257.122+691.5:658.567.1

**Е. В. КОРНЕЕВА**, канд. техн. наук, доц. кафедры инженерных конструкций, строительных технологий и материалов

## **ТАМПОНАЖ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВТОРИЧНОГО МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ**

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

Россия, 654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, д. 42. Тел.: (923) 631-93-47; эл. почта: [korneev\\_va@list.ru](mailto:korneev_va@list.ru)

**Ключевые слова:** тампонажный материал, шлаки сталеплавильного производства, структура, матрица, наполнитель.



Создание тампонажных составов с использованием механоактивированного техногенного сырья на сегодняшний день актуально в составе масштабной задачи строительно-технологической утилизации техногенных образований. Статья посвящена исследованию механизма структурно-реологических превращений бесцементной системы твердения тампонажной смеси на основе сталеплавильного активированного сырья.

Для оценки структурных и вещественных изменений твердеющей системы были проведены комплексные физико-химические исследования: ИК-спектроскопия, термогравиметрический и рентгенофазовый анализ. Методом электронной микроскопии исследована структура камня.

В промышленных регионах России в современных условиях строительства при возросшей плотности городской застройки, увеличении этажности зданий и освоении территорий со сложным инженерно-геологическим состоянием особую актуальность приобретают специальные работы [1–3].

Одной из таких специальных работ является тампонаж (франц. *tamponnage*, от *tampon* – затычка, пробка) – процесс нагнетания специальных растворов в горные породы. Он широко используется при выполнении различных строительных работ: укреплении грунтов в основаниях зданий и сооружений, откосов и бортов котлованов и оползневых участков; строительстве подземных уличных переходов, развязок транспортных магистралей, коллекторов, тоннелей, метрополитенов неглубокого заложения, дамб хвостохранилищ и шламонакопителей, а также в гидротехническом строительстве [4, 5].

К тампонажным растворам предъявляются требования технического и технологического характера в соответствии с их назначением и геолого-техническими и геохимическими особенностями района работ. Основными для всех тампонажных смесей являются требования однородности, водостойкости, подвижности и прочности.

Использование бесцементного тампонажного состава с применением вторичных крупнотоннажных минеральных ресурсов и инновационных энергосберегающих технологий может привести не только к ресурсосберегающему, но и к значительному экономическому эффекту и отвечает потребностям современной инженерной практики [6, 7].

В России больше половины твердых минеральных отходов сосредоточено в Кузбассе, а значительная их часть (шлаки сталеплавильного производства, выпускаемые и накопившиеся в больших количествах) – на металлургических предприятиях. Дальнейшее их интенсивное пополнение представляет серьезную экологическую опасность для региона. Использование их в тампонажных составах имеет экономическую, экологическую и социальную значимость [8, 9].

Основное требование при проектировании бесцементного тампонажного состава – получение заданных показателей качества.

В результате расчета соотношения компонентов был определен состав базового тампонажного материала (табл. 1).



Таблица 1

**Состав тампонажного материала**

| Компоненты<br>состава          |                             | Удельная поверх-<br>ность, $S_{уд}$<br>(плотность, $\rho$ ) | Кол-во<br>(% мас.) |
|--------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| Шлак ОАО «ЗСМК»                | конверторный                | $S_{уд} = 340 \text{ м}^2/\text{кг}$                        | 48 – 50            |
|                                | электросталепла-<br>вильный |                                                             | 33 – 35            |
| Горелая порода шахтных отвалов |                             |                                                             |                    |
| Шлам                           |                             | $\rho = 1,310 \text{ г/см}^3$                               | остальное          |

Оптимальное процентное соотношение компонентов, входящих в состав тампонажного раствора, установлено экспериментально: шлаки сталеплавильного производства (конверторный, электросталеплавильный) после магнитной сепарации с отделением металлических включений – скрапа, зерен; и горелых пород шахтного отвала – размывали в планетарной центробежной мельнице (АГО-3) до удельной поверхности 340–350 м<sup>2</sup>/кг и тщательно перемешивали в сухом виде. Полученную смесь затворяли шламом (нейтрализованный известью отработанный электролит кислотных аккумуляторов аккумуляторных батарей промышленного транспорта). Смесь укладывали в форму для образцов-кубов со стороной 7,07 см. Образцы выдерживали в естественных условиях при температуре (20 ± 3) °С и относительной влажности воздуха (65 ± 10) %.

Результаты проведенных лабораторных исследований по определению прочности на сжатие и водостойкость тампонажных составов с различным соотношением компонентов представлены в табл. 2.

Эксперименты показали, что при добавлении горелой породы в количестве <9 % уменьшается коэффициент размягчения (состав становится не водостойким), при добавлении >11 % уменьшается прочность тампонажного камня. Прочность получается недостаточной и при добавлении шлама >8 %, а при <6 % не будет достигнута нужная консистенция смеси.

Таким образом, на основании экспериментов определен оптимальный состав тампонажного материала (состав № 4) водостойкий, с прочностью на сжатие в возрасте 28 суток 11,18 МПа (М 100).

Таблица 2

**Результаты экспериментов**

| Номер<br>состава | Вещественный состав,<br>%, по массе |                                       |                   |      | Прочность,<br>МПа |          | Коэффициент<br>размягчения | Примечание     |
|------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|------|-------------------|----------|----------------------------|----------------|
|                  | шлак                                |                                       | горелая<br>порода | шлам | $R_{сух.}$        | $R_{в.}$ |                            |                |
|                  | конвер-<br>торный                   | электро-<br>стале-<br>плавиль-<br>ный |                   |      |                   |          |                            |                |
| 1                | 40                                  | 45                                    | 3                 | 12   | 4,22              | 3,05     | 0,72                       | не водостойкий |
| 2                | 45                                  | 40                                    | 5                 | 10   | 8,43              | 6,12     | 0,72                       | не водостойкий |
| 3                | 48                                  | 35                                    | 9                 | 8    | 10,15             | 8,39     | 0,83                       | водостойкий    |
| 4                | 49                                  | 34                                    | 10                | 7    | 11,18             | 9,56     | 0,85                       | водостойкий    |
| 5                | 50                                  | 33                                    | 11                | 6    | 9,56              | 7,84     | 0,82                       | водостойкий    |



Поскольку для бесцементных тампонажных растворов из техногенного промышленного сырья не существует рекомендаций по подбору составов и технологии их приготовления с оптимальными характеристиками, использовались натурные эксперименты.

Основным требованием при проектировании составов бесцементных тампонажных растворов является получение заданных показателей качества готовой продукции в соответствии с ГОСТ 1581-96 Портландцементы тампонажные. Технические условия.

Для возможности применения полученного композиционного состава в качестве базового тампонажного материала изучались его физико-механические свойства: реологические (тампонажного раствора) и прочностные (характеристики затвердевшего камня).

Плотность тампонажного раствора определяли ареометром типа АБР-1 по методике, предусмотренной инструкцией по эксплуатации ареометра, водоотделение – на приборе ВМ-6. Реологические характеристики определялись на ротационном вискозиметре (реометр) модель 286 по методике, предусмотренной инструкцией прибора.

Время загустевания до консистенции Бердена (30 Вс), 1200–1400 мин, обеспечивает возможность выполнения всех технологических операций по его доставке и подъему на расчетную высоту.

Определение основных свойств тампонажного раствора и камня проводили при температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  в соответствии с ГОСТ 26798.1-96 Цементы тампонажные. Методы испытаний (табл. 3).

Таблица 3

#### Результаты испытаний разработанного тампонажного материала

| Показатели                                                     | Результаты испытаний | Требования по ГОСТ 1581-96 |
|----------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Тонкость помола – удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{кг}$ | 320                  | не менее 270               |
| Водошламовое отношение                                         | 0,5                  | -                          |
| Плотность раствора, $\text{кг}/\text{м}^3$                     | 1960                 | -                          |
| Плотность камня, $\text{кг}/\text{м}^3$                        | 2000                 | -                          |
| Прочность при изгибе в возрасте 2 сут., МПа                    | 2,79–3,98            | не менее 2,7               |
| Прочность при сжатии в возрасте 2 сут., МПа                    | 5,22–5,68            | -                          |
| Водоотделение, мл                                              | < 1                  | не более 8,7               |
| Время загустевания до консистенции 30 Вс, мин                  | 1200–1440            | не менее 90                |

Для определения прочности образцы размером  $70 \times 70 \times 70$  мм выдерживались при температуре  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  и относительной влажности  $(65 \pm 10)\%$ . Испытание образцов на прочность осуществляли в возрасте 2 суток. Предел прочности камня на изгиб и сжатие замерялись на испытательной установке ПЦК-1.

Результаты экспериментов показали, что разработанный тампонажный материал на неорганической основе (из вторичных минеральных ресурсов) в результате сложных физико-химических процессов [10] превращается в тампонажный камень и удовлетворяет основным требованиям ГОСТ 1581-96. Усадка и трещины

при твердении отсутствуют.

С помощью микрорентгеноспектрального анализатора (сканирующего электронного микроскопа *JEOL JSM-6390 LV* с энергодисперсионной приставкой *JED-2300*) выполнялся химико-минералогический анализ тампонажного материала с определением количественного содержания основных оксидов и установления влияния минералов в процессе гидратации на структурообразование.

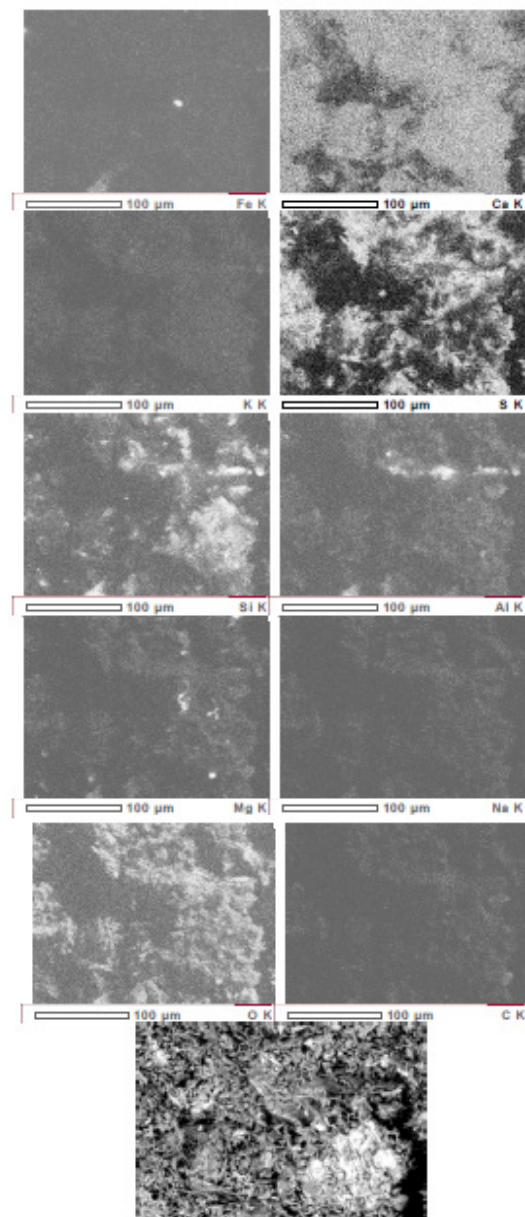


Рис. 1. Карты распределения химических элементов тампонажного камня и изображение поверхности в отраженных электронах (IMG1)

Условия проведения измерений: Регистрация спектра характеристического рентгеновского излучения пробы проводилась с участка площадью 9 мм<sup>2</sup> при ускоряющем напряжении – 20 кВ и токе зонда – 1 нА. Разрешающая способность энергодисперсионного детектора – 133 эВ. Расчет процентного содержания каждого элемента в анализируемом образце проводился по полученным спектрам с помощью программного обеспечения *Analysis Station* версии 3.62.07. компании *JEOL Engineering* с использованием бесстандартного метода *ZAF*. Картирование химических элементов проводили при ускоряющем напряжении – 20 кВ и токе зонда – 1 нА (литер справа от наименования элемента – линия спектра характеристического излучения, от которой регистрировался сигнал). Цветовая шкала слева отражает интенсивность сигнала характеристического излучения (рис. 1).

Изучение пространственного положения минеральных фаз производилось на отдельном участке поверхности, полученном на длине волны 500 мкм (рис. 2). Распределение внутри него химических элементов и соотношение слагающих их минеральных баз показано в табл. 4.

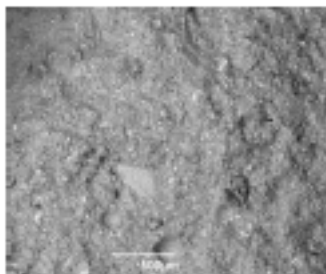


Рис. 2. Изображение участка поверхности в отраженных электронах на длине волны 500 мкм

Таблица 4

Содержание элементов на участке (рис. 2)

| <i>Element</i> | <i>(keV)</i> | <i>Mass %</i> | <i>Error %</i> | <i>Mol %</i> | <i>Compound</i>                | <i>Mass %</i> |
|----------------|--------------|---------------|----------------|--------------|--------------------------------|---------------|
| <i>C K</i>     | 0,277        | 6,62          | 0,21           | 27,60        | C                              | 6,62          |
| <i>O</i>       |              | 40,67         |                |              |                                |               |
| <i>Na K</i>    | 1,041        | 0,14          | 0,21           | 0,15         | Na <sub>2</sub> O              | 0,18          |
| <i>Mg K</i>    | 1,253        | 1,19          | 0,19           | 2,45         | MgO                            | 1,97          |
| <i>Al K</i>    | 1,486        | 1,94          | 0,19           | 1,80         | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 3,66          |
| <i>Si K</i>    | 1,739        | 5,24          | 0,21           | 9,33         | SiO <sub>2</sub>               | 11,20         |
| <i>S K</i>     | 2,307        | 13,23         | 0,19           | 20,64        | SO <sub>3</sub>                | 33,02         |
| <i>K K</i>     | 3,312        | 0,31          | 0,14           | 0,20         | K <sub>2</sub> O               | 0,38          |
| <i>Ca K</i>    | 3,690        | 30,00         | 0,19           | 37,46        | CaO                            | 41,98         |
| <i>Ti K</i>    | 4,508        | 0,11          | 0,32           | 0,12         | TiO <sub>2</sub>               | 0,19          |
| <i>Fe K</i>    | 6,398        | 0,55          | 0,46           | 0,25         | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,78          |
| <i>Total</i>   |              | 100           |                | 100          |                                | 100           |

С помощью рентгенофазового анализа и электронной микроскопии (рис. 3, 4) исследовалась структура тампонажного материала на микроуровне после опреде-

ления прочности экспериментальных образцов (в возрасте 2 суток) и размола до полного прохождения через сито 0,053.

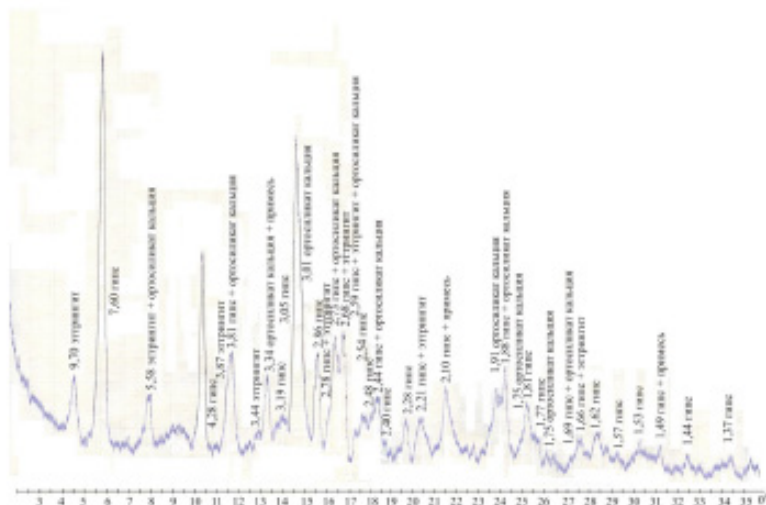


Рис. 3. Дифрактограмма тампонажного камня в возрасте 2 суток

Анализ показал, что к возрасту двое суток в тампонажном камне уже сформирована кристаллизационно-конденсационная структура: образован объемный пространственный слоисто-пакетный каркас из частиц двухводного сульфата кальция, после кристаллизации образующий прочную матрицу.

К возрасту 2 суток в материале также образовались гранулы дисперсной фазы – игольчатые кристаллы кварца, оксида магния и ортосиликата кальция. Отмечено их наслоение и формирование друз нарастания. На снимке (рис. 4) показан момент объединения гранул дисперсной фазы.

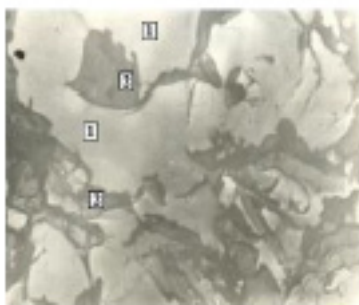


Рис. 4. Микрография структуры тампонажного камня в возрасте 2 суток (увеличение 3000 $\times$ ): 1 – матрица; 2 – наполнитель

Таким образом, в результате исследовательских работ получен тампонажный композит матричной структуры. На разработанный состав получен патент [11], утвержден технологический регламент на его изготовление.

Оценка технико-экономической эффективности производства в соответствии



с функциональным назначением осуществлялось путем апробации при проведении инженерно-геологических исследований АО «Росгеология» (г. Новокузнецк) при содействии ООО «ИнТехПромИнжиниринг» (г. Кемерово), осуществляющим научные исследования и разработки в области естественных и технических наук.

При проведении апробации был выполнен комплекс мероприятий по ликвидации трех скважин, пробуренных в массиве горных пород. С целью препятствия движению по ним подземных вод и охраны от загрязнения водоносных горизонтов недр пустоты были заполнены разработанным бесцементным тампонажным раствором в объеме 10 м<sup>3</sup>.

В результате апробации было установлено, что бесцементный тампонажный состав может быть использован в шахтном и подземном строительстве в качестве самостоятельного или базового тампонажного материала, позволяя возводить сооружения с минимальными затратами, повысив эффективность изоляционных работ.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ибрагимов, М. Н. Некоторые проблемы закрепления грунтов растворами из микроцементов / М. Н. Ибрагимов, В. В. Семкин, А. В. Шапошников. – Текст : непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2016. – № 4. – С. 114–119.
2. Современные технологии цементационного закрепления грунтов / И. Я. Харченко, В. А. Алексеев, К. А. Исафилов, А. С-Э. Батербиев. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2016. – Том 11, № 5. – С. 552–558.
3. Игошева, Л. А. Обзор основных методов укрепления грунтов основания / Л. А. Игошева, А. С. Гришина. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2016. – Т. 7, № 2. – С. 5–21.
4. Тонкодисперсное композиционное вяжущее для закрепления грунтов инъекционным способом / А. Н. Гришин, А. И. Панченко, И. Я. Харченко, М. И. Баженов. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 11. – С. 1289–1298.
5. Применение шлакощелочных вяжущих в технологии струйной цементации для усиления грунтов / А. И. Харченко, В. А. Алексеев, И. Я. Харченко, А. А. Алексеев. – Текст : непосредственный // Вестник МГСУ. – 2019. – Т. 14, № 6. – С. 680–689.
6. Орешкин, В. Д. Экологические проблемы комплексного освоения недр при масштабной утилизации техногенных минеральных ресурсов и отходов в производстве строительных материалов / В. Д. Орешкин. – Текст : непосредственный // Строительные материалы. – 2017. – № 8. – С. 55–63.
7. Лыгина, Т. З. Техногенные отходы нерудного сырья в производстве строительных материалов / Т. З. Лыгина, В. П. Лузин, А. В. Корнилов. – Текст : электронный // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета : электронный журнал. – 2017. – № 4 (42). – С. 303–313. – URL: [https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhurnal/arkhiv-zhurnal?sod=sod4\\_2017&idizv=47](https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhurnal/arkhiv-zhurnal?sod=sod4_2017&idizv=47). – Дата публикации : декабрь 2017 года.
8. Корнеева, Е. В. Использование электросталеплавильного шлака в производстве строительных материалов / Е. В. Корнеева, В. А. Корнеев. – Текст : непосредственный // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия «Строительство и архитектура». – 2016. – Вып. 45 (64). – С. 45–53.
9. Корнеева, Е. В. Использование электросталеплавильного шлака в производстве бесклнкерного вяжущего материалов / Е. В. Корнеева, Г. И. Бердов. – Текст : электронный // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Строительство и архитектура» : электронный журнал. – 2018. – Том 18, № 3. – С. 35–39. – URL: <https://vestnik.susu.ru/building/article/view/9021/7271>. – Дата публикации : декабрь 2018 года.
10. Корнеева, Е. В. Формирование бесцементных систем твердения на основе оксидосодержащих техногенных продуктов материалов / Е. В. Корнеева, Г. И. Бердов. – Текст : непо-



средственный // Глобальный научный потенциал. – 2016. – № 9 (66). – С. 118–123.

11. Патент 2642736 Российская Федерация, МПК E21B 33/138. Тампонажный раствор : № 2017106681 : заявл. 28.02.17 : опубл. 25.01.18. / Корнеева Е. В. ; заявитель Сибирский государственный индустриальный университет. – 7 с. – Текст : непосредственный.

**KORNEEVA Elena Viktorovna, candidate of technical sciences, associate professor, the chair of engineering structures, building technologies and materials**

## CEMENTATION WITH THE USE OF SECONDARY MINERAL RAW MATERIALS

Siberian State Industrial University

42, Kirov St., Novokuznetsk, 654007, Russia. Tel.: +7 (923) 631-93-47; e-mail: korneev\_va@list.ru

*Key words:* grouting material, steelmaking slags, structure, matrix, aggregate.

---

*Creation of cement compositions using mechanically activated technogenic raw materials is relevant today as part of a large-scale task of utilization of technogenic formations in construction and technological processes. The article is devoted to the study of the mechanism of structural and rheological transformations of a cementless hardening system based on activated raw material of steelmaking.*

*To assess structural and material changes in the hardening system, comprehensive physical and chemical studies were carried out: IR- spectroscopy, thermogravimetric and x-ray phase analysis. Electron microscopy investigated the structure of the stone.*

---

## REFERENCES

1. Ibragimov M. N., Semkin V. V., Shaposhnikov A. V. Nekotorye problemy zakrepleniya gruntov rastvorami iz mikrotsementov [Some problems of soil fixation with microcement solutions]. Academia. Arkhitektura i stroitelstvo [Architecture and construction]. 2016, № 4. P. 114–119.
2. Kharchenko I. Ya., Alekseev V. A., Israfilov K. A., Baterbiev A. S.-E. Sovremennye tekhnologii tsementatsionnogo zakrepleniya gruntov [Modern technologies of cementation fixation of soils]. Vestnik MGSU. Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of MGSU. Construction and architecture]. 2016. Vol. 11. № 5. P. 552–558.
3. Igosheva L. A., Grishina A. S. Obzor osnovnykh metodov ukrepleniya gruntov osnovaniya [Overview of the basic methods of strengthening the soil]. Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Construction and architecture]. 2016. Vol. 7, № 2. P. 5–21.
4. Grishin A. N., Panchenko A. I., Kharchenko I. Ya., Bazhenov M. I. Tonkodispersnoe kompozitsionnoe vyazhushchee dlya zakrepleniya gruntov inektsionnym sposobom [Fine composite binder for fixing the soil by injection]. Vestnik MGSU. Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of MGSU. Construction and architecture]. 2017. Vol. 12. № 11. P. 1289–1298.
5. Kharchenko A. I., Alekseev V. A., Kharchenko I. Ya., Alekseev A. A. Primenenie shlakoschelochnykh vyazhushchikh v tekhnologii struynoy tsementatsii dlya usileniya gruntov [The use of slag alkali binders in jet grouting technology for soil reinforcement]. Vestnik MGSU. Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of MGSU. Construction and architecture]. 2019. Vol. 14, № 6. P. 680–689.
6. Oreshkin V. D. Ekologicheskie problemy kompleksnogo osvoeniya nedr pri mashtabnoy utilizatsii tekhnogennykh mineralnykh resursov i otkhodov v proizvodstve stroitelnykh materialov [Environmental problems of integrated subsoil development with the large-scale utilization of technogenic mineral resources and wastes in the production of building materials]. Stroitelnye



materialy [Construction materials]. 2017, № 8. P 55–63.

7. Lygina T. Z., Luzin V. P., Kornilov A. V. Tekhnogennye otkhody nerudnogo syrya v proizvodstve stroitelnykh materialov [Technogenic waste of non-metallic raw materials in the production of building materials]. Izvestiya Kazan. gos. arkhitektur.-stroit. un-ta [News of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering] : elektronny zhurnal. 2017, № 4 (42). P. 303–313. URL: [https://izvestiya.kgasu.ru/ru/nomera-zhurnal/arkhiv-zhurnal?sod=sod4\\_2017&idizv=47](https://izvestiya.kgasu.ru/ru/nomera-zhurnal/arkhiv-zhurnal?sod=sod4_2017&idizv=47). – Data publikatsii : dekabr 2017 goda.

8. Korneeva E. V., Korneev V. A. Ispolzovanie elektrostaleplavilnogo shlaka v proizvodstve stroitelnykh materialov [The use of steelmaking slag in the production of building materials]. Vestnik Volgograd. gos. arkhitektur.-stroit. un-ta. Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture]. 2016. Iss. 45 (64). P. 45–53.

9. Korneeva E. V., Berdov G. I. Ispolzovanie elektrostaleplavilnogo shlaka v proizvodstve besklinkernogo vyazhuschego [The use of electric steelmaking slag in the production of clinker-free binder]. Vestnik Yuzhno-Uralsk. gos. un-ta. Stroitelstvo i arkhitektura [Bulletin of the South Ural State University. Construction and architecture]: elektronny zhurnal. 2018. Vol. 18, № 3. P. 35–39. URL: <https://vestnik.susu.ru/building/article/view/9021/7271>. – Data publikatsii : dekabr 2018 goda.

10. Korneeva E. V., Berdov G. I. Formirovanie bestsementnykh sistem tverdeniya na osnove oksidosoderzhaschikh tekhnogennykh produktov [Formation of cementless hardening systems based on oxide-containing technogenic products]. Globalny nauchny potentsial [Global scientific potential]. 2016, № 9 (66). P. 118–123.

11. Pat. 2642736 Ros. Federatsiya: MPK E21B 33/138. Tamponazhny rastvor [Grouting mortar]: № 2017106681 : zayavl. 28.02.17 : opubl. 25.01.18 / E. V. Korneeva; zayavitel Sibirsk. gos. industrial. un-t. 7 p.

© **Е. В. Корнеева, 2020**

Получено: 15.02.2020 г.