

С.А. ЛОГИНОВА<sup>1</sup>, П.Б. РАЗГОВОРОВ<sup>1</sup>, И.Н. ГОГЛЕВ<sup>2</sup><sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», г. Ярославль, Россия<sup>2</sup>ООО «ТехноНИКОЛЬ – Строительные Системы», г. Москва, Россия

## ПОВЕДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛОВ ПРИ ПОНИЖЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**Аннотация.** Разработаны экспериментальные составы преобразователей коррозии металлов для современного строительства на основе ортофосфорной кислоты с включением поверхностно-активных веществ. Их особенностью является применение раствора кислоты Льюиса в качестве функциональной добавки, позволяющей оперативно (в течение 5 мин) выполнять обработку металлической поверхности. Изучены водородные показатели получаемых систем. Оценено влияние пониженных температур на pH исследуемых растворов и скорость обработки поверхности металла после их выдерживания при  $-18$  и  $-29^{\circ}\text{C}$ . По результатам исследований выявлено, что при  $-18^{\circ}\text{C}$  часть экспериментальных систем кристаллизуется, а отдельные составы переходят в сиропообразное состояние. При  $-29^{\circ}\text{C}$  наблюдается кристаллизация всех составов. Обнаружено, что разработанные составы преобразователей коррозии металлов сохраняют свои рабочие свойства даже после продолжительной заморозки (90 сут). Предлагаемые составы рекомендуется использовать в зимний период проведения строительных работ (температура ниже  $-10^{\circ}\text{C}$ ) только при наличии тепляков или организации внутреннего обогрева.

**Ключевые слова:** стальная арматура, коррозия, преобразователи коррозии металлов, экспериментальные составы, низкие температуры, замораживание, фосфатные покрытия.

S.A. LOGINOVA<sup>1</sup>, P.B. RAZGOVOROV<sup>1</sup>, I.N. GOGLEV<sup>2</sup><sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia<sup>2</sup>TechnoNIKOL – Construction Systems LLC, Moscow, Russia

## BEHAVIOR OF EXPERIMENTAL METAL CORROSION CONVERTERS AT LOW TEMPERATURES

**Abstract.** Formulations of metal corrosion converters for modern construction based on orthophosphoric acid with the inclusion of surfactants is developed. Their feature is the use of Lewis acid solution as a functional additive, which allows you to quickly (5 minutes) treat the metal surface. The hydrogen indicators of the resulting systems have been studied. The effect of low temperatures on the pH of the studied solutions and the speed of metal surface treatment after their exposure at  $-18$  and  $-29^{\circ}\text{C}$  were evaluated. At  $-29^{\circ}\text{C}$ , crystallization of all compositions is observed. It was also found that the developed compositions of metal corrosion transducers retain their physical and mechanical properties even after long-term freezing (90 days). The proposed compositions are recommended to be used in the winter season (at temperatures below  $-10^{\circ}\text{C}$ ) only in the presence of greenhouses or internal heating.

**Keywords:** steel rebar, corrosion, metal corrosion converters, experimental compositions, low temperatures, freezing, phosphate coatings.

## Введение

В современном строительстве при организации защиты от коррозии железобетонных строительных конструкций и стальной арматуры большое внимание уделяется вопросам организации температурного режима, при котором эффективно работают различные добавки в бетоны и преобразователи (уничтожители) коррозии металлов. Это объясняется тем, что в Российской Федерации на широте Центрального региона Европейской части в среднем 6 мес. в году наблюдается температура, близкая к 0°C либо ниже нуля [1]. Изучение влияния температуры на поведение добавок в бетоны [2] или составы для уничтожения возникающей ржавчины на поверхности металлов является важной задачей, поскольку в области низких температур эффективность их применения закономерно снижается [3, 4]. Этот вопрос является актуальным и для лакокрасочных составов, особенно – гидроизоляционных [3, 4]. С физико-химических позиций, он находится в корреляции с изменением агрегатного состояния применяемого раствора или добавки, а также определяется снижением скорости диффузионного процесса [5, 6] и межмолекулярных взаимодействий в жидкой фазе [7]. Так, хорошо известно, что замороженная вода (лед) свои свойства уникального растворителя проявляет менее активно и не способна столь же быстро растворять соли, которые легко образуют прозрачные растворы незамороженной воде [8].

В рамках настоящего исследования рассматривалось изменение физико-химических и потребительских свойств экспериментальных составов преобразователей коррозии металлов, полученных на основе ортофосфорной кислоты (ОФК) [9, 10] в присутствии различных добавок [11], при действии пониженных температур (замораживание при -18 и -29°C). Так, например, использование фосфатных соединений для обеспечения защиты от коррозии алюминия и его сплавов активно изучалось отечественными учеными в течение нескольких последних десятилетий [12-14], в том числе – с участием авторов настоящей работы [14]. При этом образующаяся на поверхности пленка включает первичные и вторичные фосфаты алюминия. Так как первичные соединения имеют хорошую растворимость, они могут вымываться, а часть их удерживается на поверхности за счет действия межмолекулярных сил. Квантово-химические расчеты модельных составов вторичного фосфата алюминия указывают на их устойчивость. Это согласуется со значениями электронной плотности и длины связи, в соответствии с известными теоретическими воззрениями ( $\leq 1.75\text{\AA}$ , характерна для ковалентных взаимодействий) [14]. Высокая теплота образования (-267.65 ккал/моль) и дипольный момент (4.60 Дб) свидетельствуют об образовании гелеобразной системы, которая содержит достаточное количество гидратной воды, окружающей ОН-группы ОФК. В целом свежесажженные пленки изначально являют собой гидрофобные дисперсии с двумя фазами и избыточной поверхностной энергией. Образование же фосфатного покрытия сопровождается исчезновением межфазной границы «коллоид – вода» и снижением до нулевых значений свободной поверхностной энергии системы [13]. В условиях длительной экспозиции ( $\geq 96$  ч) на открытом воздухе, когда за счет молекулярной диффузии вода удаляется и пленка высыхает, активные кислотные группы сближаются и образуют по водородным связям свежие межмолекулярные сшивки; при этом в обменных реакциях могут быть задействованы как первичные, так и вторичные фосфаты [14]. Наблюдаемое снижение пористости фосфатной пленки, реакционной способности системы и, как следствие, снижение качества фосфатирования из такого состава может быть нивелировано путем дополнительного введения в составы активирующих добавок – разбавленных кислот Льюиса (КЛ), как это описано ранее в [14], и солей органических кислот, что, по нашему мнению, способствует разрыву образовавшихся Н-связей.

В целом, кислотные преобразователи коррозии металла на основе ОФК известны достаточно давно, и по тематике исследования их свойств имеется значительное число публикаций; типичные примеры можно найти в источниках [9-11]. Возможность отдельного

применения ПАВ [14], кислот Льюиса [14-17] и соединений оксида алюминия [18] в строительной отрасли рассмотрена ранее в [14-18].

Целью работы является исследование возможности применения составов быстрого действия, обеспечивающих преобразование продуктов коррозии металлов на основе ОФК с включением ПАВ и активирующей добавки КЛ при организации строительных работ на территории Российской Федерации в зимний период.

Предметом исследования служила оценка влияния пониженных температур (замораживание при  $-18$  и  $-29^{\circ}\text{C}$ ) на сохранение рабочих свойств экспериментальных составов преобразователей коррозии.

### Модели и методы исследований

Используемые преобразователи коррозии металлов включали следующие основные компоненты: раствор ОФК; дистиллированная вода (ДВ); поверхностно-активное вещество (ПАВ) или смесь катионного и неионогенного ПАВ; мелко- или нанодисперсный оксид алюминия (ОА,  $\alpha$ -глинозем); раствор кислоты Льюиса (КЛ) с включением соли органической кислоты.

Для исследования были приготовлены следующие составы (рецептуры) преобразователей коррозии, прошедшие предварительный отбор при сравнении с другими вариантами, в том числе известными из литературы [12-14], мас%:

Преобразователь коррозии № 1 – ОФК конц. – 25.0; ДВ – 72.0; ОА – 1.0; ПАВ (анионное + неионогенное) – 1.5; добавка КЛ – 0.5;

Преобразователь коррозии № 2 – ОФК конц – 30.0; ДВ – 65.0; ОА – 1.0; ПАВ (анионное + неионогенное) – 3.0; добавка КЛ – 1.0.

Преобразователь коррозии № 3 – ОФК конц – 20.0; ДВ – 75.0; ОА – 3.0; ПАВ (анионное) – 0.5; добавка КЛ с включением соли органической кислоты – 1.5.

В экспериментальных целях использовали бытовую морозильную камеру LG (рисунок 1 а) и специальную промышленную морозильную камеру LAB-TRADE KM 10 (рисунок 1 б).



Рисунок 1 – Бытовая морозильная камера LG (а), температура  $-18^{\circ}\text{C}$ ; дисплей специализированной морозильной камеры LAB-TRADE KM 10 (б, температура замораживания  $-29^{\circ}\text{C}$ )

В камерах осуществляли замораживание преобразователей коррозии металлов вышеуказанных составов, после чего оценивали их агрегатное состояние и определяли требуемое время удаления ржавчины с поверхности металлической конструкции. В ходе исследования также применяли профессиональный тепловизор Testo 875-1i (рисунок 2 а), с помощью которого удавалось зафиксировать точки замораживания (кристаллизации), и рН-метр Testo 206-pH1 (рисунок 2 б) для отслеживания изменения рН того или иного состава преобразователя коррозии после замораживания.



Рисунок 2 –Тепловизор Testo 875-1i (а) и рН-метр Testo 206-pH1(б) для

Отмечается отдельно, что все исследования проведены в соответствии с требованиями, закрепленными в гостированной (нормативной) документации.

**Результаты исследования и их анализ**

На рисунке 3 представлены гистограммы поверхности замороженных экспериментальных преобразователей коррозии (составы № 1-3).

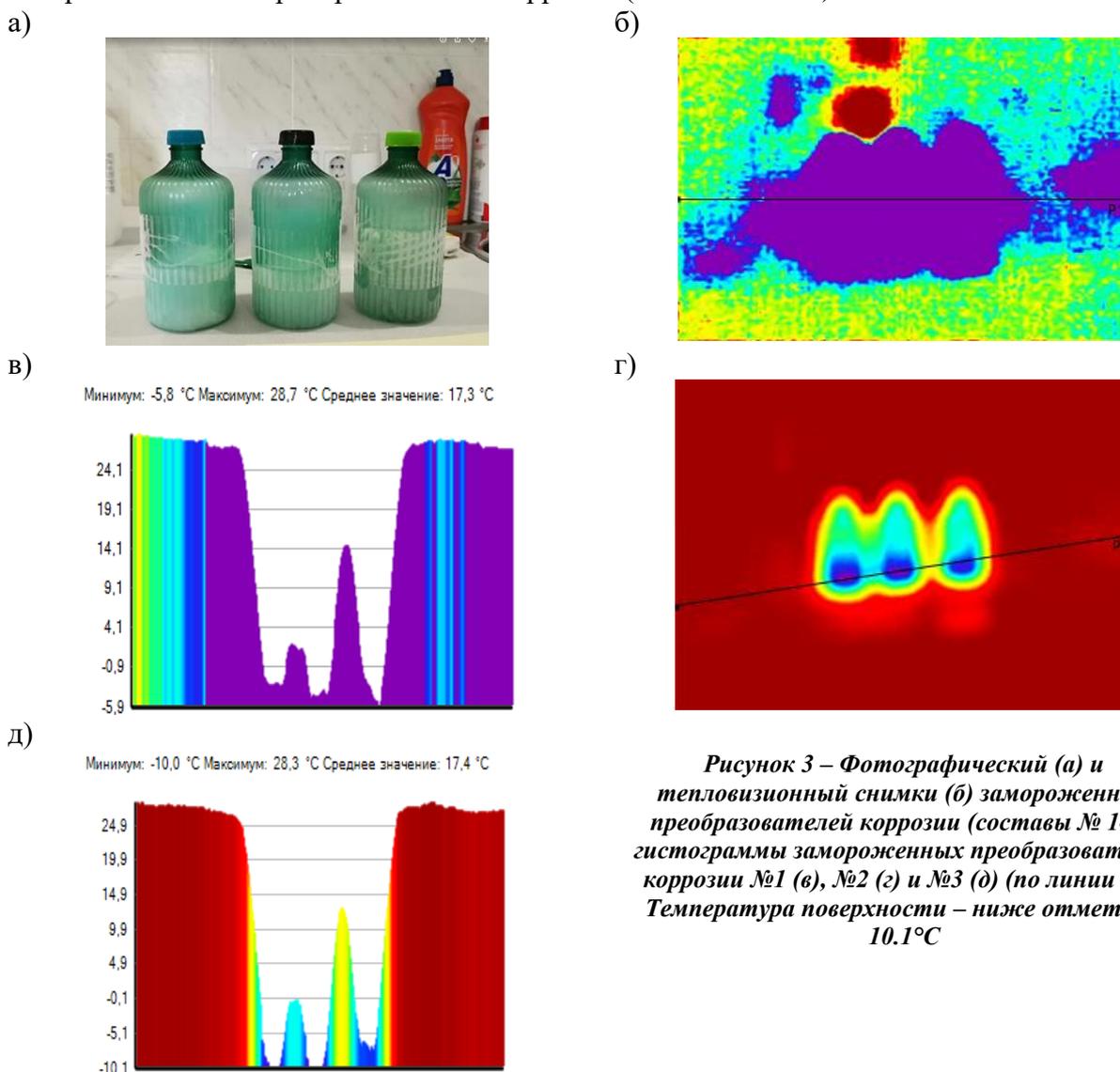
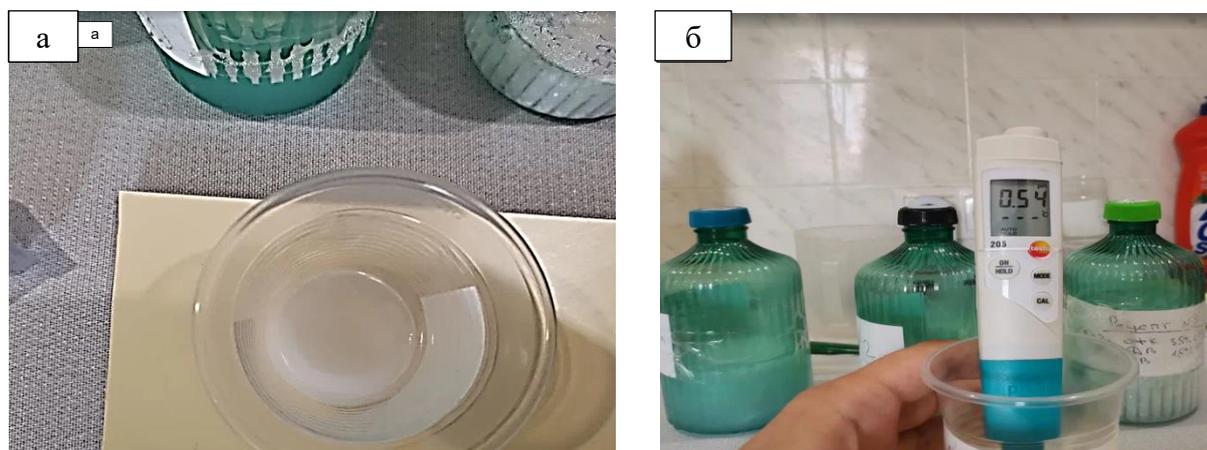


Рисунок 3 – Фотографический (а) и тепловизионный снимки (б) замороженных преобразователей коррозии (составы № 1-3); гистограммы замороженных преобразователей коррозии №1 (в), №2 (з) и №3 (д) (по линии P1). Температура поверхности – ниже отметки -10.1°С

При температуре -18 °С в бытовой морозильной камере произошла кристаллизация (замораживание) преобразователей коррозии №2 и №3. Для состава №1 наблюдается переход

в «сиропообразное» состояние (см. рисунок 4 а); при этом зафиксировано изменение водородного показателя с 0.66 (исх.) до 0.54 (см. рисунок 4 б). Для остальных составов преобразователей коррозии, ввиду полной их кристаллизации, замер рН является проблематичным. При температуре  $-29^{\circ}\text{C}$  нами зафиксировано полное замораживание всех без исключения материалов в промышленной морозильной камере в течение 3 мес. (90 сут.).



**Рисунок 4 – Сиропообразное состояние преобразователя коррозии №1 после заморозки при  $-18^{\circ}\text{C}$  (а); б) влияние отрицательной температуры на падение водородного показателя до отметки 0.54 для состава №1**

Выявлено, что замораживание способствует значительному замедлению скорости обработки поверхности низколегированной стальной арматуры. Так, например, преобразователь коррозии №1 после замораживания в своей мазеобразной консистенции (рисунок 4 а) смог преобразовать ржавчину на стальной поверхности в нерастворимую фосфатную пленку более чем за 0.5 ч; в обычном состоянии на это требовалось только 4-5 мин. Это объясняется понижением смачивающей способности применяемой смеси анионных и неионогенных ПАВ, а также кристаллизацией основного рабочего компонента – ОФК.

Результаты проведенных исследований занесены нами в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний по работе преобразователей коррозии металла после замораживания

Скорость обработки поверхности строительной арматуры	
№ образца, описание	$\tau$ , мин
Образец 1 (Составы №1-3), без замораживания	$\leq 5$
Образец 2 (Составы №1-3), без замораживания	$\leq 5$
Образец 3 (Составы №1-3), без замораживания	$\leq 5$
Образец 4 (Составы №1-3), замораживание при $-18^{\circ}\text{C}$ (бытовая морозильная камера)	$\gg 30$ (для состава №1); для остальных рецептов не определялось
Образец 5 (Составы №1-3), замораживание при $-18^{\circ}\text{C}$ (бытовая морозильная камера)	$\gg 30$ (для состава №1); для остальных рецептов не определялось
Образец 6 (Составы №1-3), замораживание при $-29^{\circ}\text{C}$ (промышленная морозильная камера, 90 сут.)	Составы полностью заморозились; не работают в замороженном состоянии
Образец 7 (Составы №1-3), замораживание при $-35^{\circ}\text{C}$ (промышленная морозильная камера, 90 сут.)	Составы полностью заморозились; не работают в замороженном состоянии
Образец 8 (Составы №1-3), замораживание при $-50^{\circ}\text{C}$ (промышленная морозильная камера, 90 сут.)	Составы полностью заморозились; не работают в замороженном состоянии

После полного размораживания и перемешивания растворов все преобразователи коррозии (составы № 1-3) сохранили свои рабочие свойства (явление тиксотропии) и эффективность (время преобразования поверхности металла составило 4-5 мин), что свидетельствует об устойчивости предлагаемых материалов к замораживанию, которая оценивается минимальным сроком 3 мес.

### Выводы

1. Получены экспериментальные преобразователи коррозии на основе ортофосфорной кислоты с включением смеси анионных и неионогенных ПАВ ( $\leq 3.0$  мас.%), оксида алюминия и кислоты Льюиса, сохраняющие рабочие свойства после замораживания в течение 90 сут.

2. Выявлен факт повышенной устойчивости к действию пониженных температур для преобразователя коррозии №1, включающего 0.5 мас% добавки кислоты Льюиса, однако данный состав уступает другим в отношении скорости обработки поверхности низколегированной стальной арматуры; характерно, что водородный показатель для такого материала при  $-18$  °C снижается с 0.66 до 0.54;

3. Материалы – преобразователи коррозии на основе ОФК с введением в состав ПАВ, оксида алюминия и кислоты Льюиса в зимний период строительства (при температуре ниже  $-10$ °C) рекомендуется использовать при наличии тепляков или в условиях внутреннего обогрева; организация и производство строительных работ в иное время года осуществляется независимо от температурных колебаний.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Парфененко А.П., Тимофеев А.Б. Исследование влияния климатических условий на прогрев внешней стенки резервуара СУГ // Пожаровзрывобезопасность. 2022. Т. 31. № 6. С. 68-77.
2. Кондращенко В.И., Гребенников Д.А., Кендюк А.В., Костюк Т.А., Бондаренко Д.А., Чан Т.Т.Х. Сухая строительная смесь проникающего действия для зимнего бетонирования // Патент на изобретение RU 2379243 C1, 20.01.2010. Заявка № 2008126429/03 от 01.07.2008.
3. Сахнова Л.Ю., Воронцова О.А., Везенцев А.И. Морозостойкость неотвержденной и отвержденной композиции защитно-декоративного покрытия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер.: Естественные науки. 2015. № 15 (212). С. 141-144.
4. Степанова В.Ф., Соколова С.Е., Полушкин А.Л. Новые эффективные материалы для вторичной защиты железобетонных конструкций // Коррозия: материалы, защита. 2006. № 6. С. 38-42.
5. Wendell M. Latimer, Worth H. Rodebush. Polarity and ionization from the standpoint of the lewis theory of valence (англ.) // J. Am. Chem. Soc.. 1920. Vol. 42. P. 1419–1433.
6. Mehrer H. Heroes and Highlights in the History of Diffusion // Diffusion Fundamentals. 2009. Т. 11, № 1. P. 1-32.
7. Каплан И.Г. Введение в теорию межмолекулярных взаимодействий. М.: Наука, 1982. 312 с.
8. Timothy A. Strobel, Maddury Somayazulu, Stanislav V. Sinogeikin, Przemyslaw Dera & Russell J. Hemley. Hydrogen-stuffed, quartz-like water ice // J. Am. Chem. Soc. Vol. 138. P. 13786-13789.
9. Konovalova V., Rumyantseva V. Corrosion protection of reinforcement with phosphate coatings // IOP Conf. Ser. Mat. Sci. Eng. Kazan, Russia, 2020. P. 012-091.
10. Патент РФ № 2371517. Преобразователь поверхности металла. 27.10.2009 г.
11. Патент РФ № 2565170. Способ антикоррозионной обработки поверхности черных металлов. 20.10.2015 г.
12. Перехрест Н.А., Пименова К.Н., Литовченко В.Д. Образование фосфатных покрытий на сплавах алюминия // Журн. прикл. химии. 1992. Т. 65, вып. 5. С. 1163-1166.
13. Клейн Е.В., Симунова С.С., Горшков В.К. Влияние фосфатирования на качество автоосаждения лака КЧ-0125 на поверхности алюминия и его сплавов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2006. Т. 49, вып. 1. С. 45-48.
14. Клейн Е.В., Разговоров П.Б., Ситанов С.В., Горшков В.К., Симунова С.С. Особенности формирования фосфатных пленок на алюминии и его сплавах // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2006. Т. 49, вып. 7. С. 45-47.
15. Гоглев И.Н., Логинова С.А. К вопросу о возможности применения различных кислот Льюиса для улучшения и модификации составов преобразователей коррозии // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОЙСК). 2021. № 1. С. 287-289.
16. Федосов С.В., Румянцева В.Е., Коновалова В.С., Гоглев И.Н. Явления массопереноса в системе "цементный раствор-композитная пластиковая арматура" на стадии структурообразования композита. Ч. 1.

Физические представления и математическая постановка задачи // *Academia. Архитектура и строительство*. 2020. № 1. С. 118-123.

17. Fedosov S.V., Roumyantseva V.E., Konovalova V.S., Goglev I.N. The influence of structure formation conditions of the composite on the mass transfer processes // *IOP Conf. Ser.: Mat. Sci. Eng. International Science and Technology Conference "FarEastCon 2019"*. 2020. P. 042-047.

18. Разговоров П.Б., Игнатъев А.А., Абрамов М.А., Нагорнов Р.С. Переработка алюмосиликатного сырья и отвалов строительства метрополитена в композиционные сорбенты для очистки водных и маслосодержащих сред // *Умные композиты в строительстве*. 2020. Т. 1. Вып. 1. С. 10-26. [http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020).

## REFERENCES

1. Parfenenko A.P., Timofeev A.B. Issledovanie vliyaniya klimaticheskikh usloviy na progrev vneshnej stenki rezervuara SUG [Study of the influence of climatic conditions on the heating of the outer wall of a LPG tank]. *Fire and Explosion Safety*. 2022. Vol. 31. No. 6. Pp. 68-77. (in Russian).

2. Kondrashchenko V.I., Grebennikov D.A., Kendyuk A.V., Kostyuk T.A., Bondarenko D.A., Chan T.T.Kh. Dry penetrating construction mixture for winter concreting. Patent for invention RU 2379243 C1, 20.01.2010. Application No. 2008126429/03 dated 01.07.2008. (in Russian).

3. Sakhnova L.Yu., Vorontsova O.A., Vezentsev A.I. Morozostojkost' neotverzhdennoj i otverzhdennoj kompozicii zashchitno-dekorativnogo pokrytiya [Frost resistance of uncured and cured composition of protective and decorative coating]. *Scientific bulletin of Belgorod State University. Ser.: Natural sciences*. 2015. No. 15 (212). Pp. 141-144. (in Russian).

4. Stepanova V.F., Sokolova S.E., Polushkin A.L. Novye effektivnye materialy dlya vtorichnoj zashchity zhelezobetonnykh konstrukcij [New effective materials for secondary protection of reinforced concrete structures]. *Corrosion: materials, protection*. 2006. No. 6. Pp. 38-42. (in Russian).

5. Wendell M. Latimer, Worth H. Rodebush. Polarity and ionization from the standpoint of the Lewis theory of valence (English). *J. Am. Chem. Soc.* 1920. Vol. 42. Pp. 1419-1433.

6. Mehrer H. Heroes and Highlights in the History of Diffusion. *Diffusion Fundamentals*. 2009. Vol. 11. No. 1. Pp. 1-32.

7. Kaplan I.G. Introduction to the Theory of Intermolecular Interactions. Moscow: Nauka, 1982. 312 p. (in Russian).

8. Timothy A. Strobel, Maddury Somayazulu, Stanislaw V. Sinogeikin, Przemyslaw Dera & Russell J. Hemley. Hydrogen-stuffed, quartz-like water ice. *J. Amer. Chem. Soc.* Vol. 138. Pp. 13786-13789.

9. Konovalova V., Rumyantseva V. Corrosion protection of reinforcement with phosphate coatings. *IOP Conf. Ser. Mat. Sci. Eng.* Kazan, Russia, 2020. Pp. 012-091.

10. Patent RU 2371517. Metal surface converter. 27.10.2009.

11. Patent RU 2565170. Method of anti-corrosion treatment of the surface of ferrous metals. 20.10.2015.

12. Perekhrest N.A., Pimenova K.N., Litovchenko V.D. Obrazovanie fosfatnykh pokrytij na splavah alyuminiya [Formation of phosphate coatings on aluminum alloys]. *J. Appl. Chem.* 1992. Vol. 65. No. 5. Pp. 1163-1166. (in Russian).

13. Klein E.V., Simunova S.S., Gorshkov V.K. Vliyanie fosfatirovaniya na kachestvo avtoosazhdeniya laka KCh-0125 na poverhnosti alyuminiya i ego splavov [Effect of phosphating on the quality of autodeposition of varnish KCh-0125 on the surface of aluminum and its alloys. News of universities]. *Chemistry and chemical technology*. 2006. Vol. 49. No.1. Pp. 45-48. (in Russian).

14. Klein E.V., Razgovorov P.B., Sitanov S.V., Gorshkov V.K., Simunova S.S. Features of the formation of phosphate films on aluminum and its alloys [Features of formation of phosphate films on aluminum and its alloys. News of universities]. *Chemistry and chemical technology*. 2006. Vol. 49. No 7. Pp. 45-47 (rus)

15. Goglev I.N., Loginova S.A. K voprosu o vozmozhnosti primeneniya razlichnykh kislot L'yuisa dlya uluchsheniya i modifikacii so-stavov preobrazovatelej korrozii [On the Possibility of Using Various Lewis Acids to Improve and Modify the Compositions of Corrosion Converters]. *Young Scientists - for the Development of the National Technological Initiative (POISK)*. 2021. No. 1. Pp. 287-289. (in Russian)

16. Fedosov S.V., Rumyantseva V.E., Konovalova V.S., Goglev I.N. YAvleniya massoperenosa v sisteme "cementnyj rastvor-kompozitnaya plastikovaya armatura" na sta-dii strukturoobrazovaniya kompozita. CHast' 1. Fizicheskie predstavleniya i matematicheskaya posta-novka zadachi [Mass Transfer Phenomena in the Cement Mortar-Composite Plastic Reinforcement System at the Stage of Composite Structure Formation. Part 1. Physical Concepts and Mathematical Statement of the Problem]. *Academia. Architecture and Construction*. 2020. No. 1. Pp. 118-123. (in Russian).

17. Fedosov S.V., Roumyantseva V.E., Konovalova V.S., Goglev I.N. The Influence of Structure Formation Conditions of the Composite on the Mass Transfer Processes. *IOP Conf. Ser.: Mat. Sci. Eng. Inter. Sci. Tech. Conf. "FarEastCon 2019"*. 2020. Pp. 042-047.

18. Razgovorov P.B., Ignatyev A.A., Abramov M.A., Nagornov R.S. Processing of raw aluminosilicates and subway construction dumps into composite sorbents for purification of water and oil-containing media. *Smart Composite in Construction*, 2020. Vol. 1. No. 1. Pp. 10-26. [http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020) (in Russian).

**Информация об авторах**

**Светлана Андреевна Логинова**

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», Ярославль, Россия,  
заведующий кафедрой строительства зданий и сооружений, кандидат технических наук  
e-mail: [loginovasa@ystu.ru](mailto:loginovasa@ystu.ru)

**Павел Борисович Разговоров**

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный технический университет», Ярославль, Россия,  
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры строительства зданий и сооружений,  
начальник Управления организации научно-исследовательской и интеллектуальной деятельности  
e-mail: [razgovorovpb@ystu.ru](mailto:razgovorovpb@ystu.ru)

**Илья Николаевич Гоглев**

ООО «ТЕХНОНИКОЛЬ-Строительные Системы», Москва, Россия,  
технический специалист направления «Инженерная гидроизоляция»  
e-mail: [goglev@tn.ru](mailto:goglev@tn.ru)

**Information about authors:**

**Loginova Svetlana A.**

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia,  
head of the department of Construction of Buildings and Structures, candidate of technical sciences  
E-mail: [loginovasa@ystu.ru](mailto:loginovasa@ystu.ru)

**Razgovorov Pavel B.**

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russia,  
doctor of technical sciences, professor of the department of Construction of Buildings and Structures,  
head of the department of Organization of Research and Intellectual Activity  
E-mail: [razgovorovpb@ystu.ru](mailto:razgovorovpb@ystu.ru)

**Goglev Ilya N.**

LLC "TECHNONICOL-Construction Systems", Moscow, Russia,  
technical specialist in the field of "Engineering waterproofing"  
E-mail: [goglev@tn.ru](mailto:goglev@tn.ru)