

Список литературы

1. Громыко, Н.В. Применение подсолнечной лузги в качестве сорбента для очистки природных вод от ионов тяжелых металлов / Н.В. Громыко // Международный научный журнал «Инновационная наука». - №1. - 2016. - С. 41-42.
2. Taşar S., Kaya F., Özer A. Biosorption of lead(II) ions from aqueous solutions by peanut shells: equilibrium, thermodynamic and kinetic studies J Environ Chem Eng, 2 [2014], pp. 1018-1026
3. 3. Рахал и Х. Чекима, « Регулирование качества воды водоносных горизонтов городских районов Юго-Восточного Алжира » СГМУ [2020].
4. M. Fathy, Th. Abdel. Abdel Moghny, M.A. Mousa, A.-H.-A. El-Bellihi, A.E. Awadallah Synthesis of, Arabian journal for science and engineering, transparent amorphous carbon thin films cellulose powder in rice straw arabian J. Sci. Eng. [2016], pp. 1-19
5. El-Shafey E.S.I., Al-Hashmi A.H.R. Sorption of lead and silver from aqueous solution on phosphoric acid dehydrated carbon J Environ Chem Eng, 1 [2013], pp. 934-944
6. Akar S.T., Arslan D., Alp T. Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate anchored Symphoricarpus albus biomass for lead(II) removal: Batch and column biosorption study J Hazard Mater, 227-228 [2012], pp. 107-117
7. Senoussi A. Le palmier dattier dans le pays de Ouargla: éternelle culture et des perspectives de développement inouïes. In Journée d'étude sur la culture de palmier dattier. Laghouat [Algeria]: Université de Laghouat; 2000.
8. El Shafey E.S.I., Al-Kindy S.M. Removal of Cu²⁺ and Ag⁺ from aqueous solution on a chemically-carbonized sorbent from date palm leaflets Environ Technol, 34 [2013], pp. 395-406
9. El Shafey E.S.I., Al-Lawati H., Al-Sumri A.S. Ciproflacin adsorption from aqueous solution onto chemically prepared carbon from date palm leaflets J Environ Sci [China], 24 [2012], pp. 1579-1586
10. A.N.R.H [National Agency for Hydraulic Resources]. Inventaire des forages et enquête sur les débits extraits de la wilaya de Ouargla. Ouargla: A.N.R.H; 2005.
11. Модификация рисовой соломы с целью получения сорбционного материала для очистки водных сред от ионов аммония / Н. С. Серпокрьлов, В. Ю. Борисова, А. Халил, Н. В. Кондакова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. - 2016. - № 4(18). - С. 53-56.
12. Экспериментальная оценка эффективности адсорбции многокомпонентных загрязнений с использованием органобенитового сорбента / Д. О. Игнаткина, А. А. Войтюк, А. А. Герашенко, В. И. Салеева // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. - 2020. - № 4(34). - С. 28-33. - DOI 10.35108/isvp20204(34)28-33.
- 13 Sorption and recovery of heavy oils by using exfoliated graphite Part I: Maximum sorption capacity / M. Toyoda, K. Moriya, J. I. Aizawa [et al.] // Desalination. - 2000. - Vol. 128. - No 3. - P. 205-211. - DOI 10.1016/S0011-9164(00)00034-5.
- [14] Water Sorption by Carbon Fibers / A. E. Chalykh, T. F. Petrova, Y. V. Antipov [et al.] // Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces. - 2020. - Vol. 56. - No 1. - P. 20-29. - DOI 10.1134/S2070205120010049.
- [15] Cortet. Water sorption on biological materials at low water activity / Cortet, 2002. - EDN FTFQBD.

© Рахал Закариа, Чекима Хамза, Н. С. Серпокрьлов

Ссылка для цитирования:

Рахал Закариа, Чекима Хамза, Серпокрьлов Н. С. Использование листьев пальмы в качестве потенциального адсорбента для очистки сточных вод // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 37-43.

УДК 666.972.1
DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-43-47

**ПРОМЫВКА ПЕСКА ДЛЯ БЕТОННОЙ СМЕСИ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
В АППАРАТЕ ВИХРЕВОГО СМЕШЕНИЯ**

Б. Б. Утегенов, Р. И. Шаяхмедов, А. М. Кокарев

Утегенов Бахитжан Бахиткалиевич, старший преподаватель кафедры промышленного и гражданского строительства, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия, e-mail: utegen76@mail.ru;

Шаяхмедов Растам Ирфагильевич, кандидат экономических наук, доцент кафедры экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия, e-mail: rastams@mail.ru;

Кокарев Александр Михайлович, почетный строитель России, кандидат технических наук, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Россия

Цель исследования – определение принципиальной возможности отмывки песка для бетонной смеси раствором поверхностно-активных веществ в воде, используемой потом без остатка для затворения той же бетонной смеси. Задачи исследования: повышение отмывочного действия ограниченного количества воды; нейтрализация негативного воздействия поверхностно-активных веществ на гидратацию цемента; нейтрализация негативного воздействия минеральных частиц, попавших в отработанный помывочный раствор. Гипотеза о принципиальной возможности существования упомянутого способа отмывки рассматривается и проверяется впервые. Утилизация отработанного помывочного раствора и сушка промытого песка - одни из основных проблем промывки песка. Методология исследования – методы и приемы инновационного консалтинга. Все поставленные задачи решены с применением для отмывки песка аппарата вихревого смешения; доказана принципиальная возможность предложенного способа отмывки песка. Достигнутые результаты: средняя прочность образцов бетона на сжатие увеличилась на 64 %; при этом на долю мультипликативного эффекта (совместного действия поверхностно-активного вещества и аппарата вихревого смешения в процессе отмывки) приходится 23 % из 64 %.

Ключевые слова: бетонная смесь, отмывка песка, отработанный помывочный раствор, вредные примеси, поверхностно активные вещества, аппарат вихревого смешения, кавитационная отмывка, электроразряды.



WASHING SAND FOR CONCRETE MIXTURE USING SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES IN A VORTICES MIXING APPARATUS

B. B. Utegenov, R. I. Shayakhmedov, A. M. Kokarev

Utegenov Bakhitzhan Bakhitkaliyevich, Senior Lecturer, Department of Industrial and Civil Engineering, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia, e-mail: utegen76@mail.ru;

Shayakhmedov Rastam Irfagilyevich, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia, e-mail: rastams@mail.ru;

Kokarev Aleksandr Mikhaylovich, Honorary Builder of Russia, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russia

The purpose of the study – to determine the fundamental possibility of washing of sand for the concrete mixture with a solution of surface -active substances in water, then used without a residue for preparation the same concrete mixture. Research tasks: increasing the washing effects of a limited amount of water; neutralization of the negative effects of surface-active substances on the hydration of cement; neutralization of the negative effects of mineral particles that fell into a spent shaving solution. The hypothesis of the fundamental possibility of the existence of a mentioned method of washing is considered and checked for the first time. The disposal of the spent flushing solution and drying of the washed sand is one of the main problems of flushing of the sand. Research methodology – methods and techniques of innovative consulting. Conclusions: all set tasks are solved using the sand of the vortex mixing apparatus for washing; the fundamental possibility of the proposed method of washing sand has been proved. The results achieved: the average strength of concrete samples for compression increased by 64 %; at the same time, the multiplier effect (joint action of the surface-active substance and the apparatus of vortex mixing during washing) accounts for 23 % out of 64 %.

Keywords: concrete mixture, washing of sand, waste flushing solution, harmful impurities, surface active substances, vortex mixing apparatus, cavitation washing, electric discharge.

Чем полнее смачивание минеральных компонентов бетонной смеси (далее – БС), тем больше однородность свойств в различных участках бетона и тем выше его качество. Тончайшие слои воздуха, адсорбированного на зернах песка (далее – ЗП), в том числе в микротрещинах и микрощелях, или защемленного между ЗП препятствуют их смачиванию. Поверхностно-активные вещества (далее – ПАВ) обладают способностью эмульгировать воздух в воде, и облегчают смачивание водой поверхности ЗП [1].

Другим перспективным направлением использования ПАВ, является добавление их в водную среду, используемую для промывки песка для БС.

Актуальность. Среди основных проблем промывки песка – утилизация отработанного промывочного раствора (далее – ОПР) и сушка промытого песка [2]. Проблему можно было бы решить приемом инновационного консалтинга [3–5] «соединение», если после промывки песка, ОПР можно было использовать для затворения БС.

Цель исследования – определение принципиальной возможности отмывки песка для бетонной смеси раствором поверхностно-активных веществ в воде, используемой потом без остатка для затворения той же бетонной смеси.

Достижению этой цели мешают определенные проблемы, которые и сформировали задачи исследования.

Задачи исследования:

- повышение отмывочного действия ограниченного количества воды и поверхностно-активных веществ;
- нейтрализация негативного воздействия поверхностно-активных веществ на гидратацию цемента;
- нейтрализация негативного воздействия минеральных частиц, попавших в отработанный помывочный раствор на свойства бетона

Наметим пути решения этих задач.

Самая весомая компонента ОПР – вода, является необходимой частью БС, если ее добавки не изменят необходимое водно-цементное соотношение. Это ограничивает количество воды, используемой для промывки. Проблему можно решить, повысив отмывающее действие воды с помощью определенных физических эффектов [6–8], например, проводя отмывку ЗП в аппарате вихревого смешения (далее – АВС).

При промывке ЗП в АВС, на их поверхность воздействуют, порождаемые электроразрядами, мощные кавитационные силы (перепад давления до 10 000 атмосфер), что позволяет резко сократить количество воды необходимой для тщательной промывки (прием инновационного консалтинга «фазовый переход»).

Вторая по значимости компонента ОПР, в нашем случае, это ПАВ, широко используется для повышения качества БС, поскольку они:

- адсорбируясь на поверхности частиц цемента, уменьшают трение между ними, благодаря чему БС становится более подвижной;
- способствуют вовлечению в БС воздуха, что приводит к росту связности и удобоукладываемости;
- повышают трещиностойкость, морозостойкость и солестойкость бетона [9].

Однако ПАВ замедляют гидратацию цемента. Проблему можно решить, если, после внесения в БС ОПР, ПАВ прореагирует с активными компонентами БС и потеряет свои отрицательные свойства (прием инновационного консалтинга «заранее подложенная подушка»). Например, меньше всего отрицательное действие ПАВ сказывается при введении их в бетон на быстротвердеющих и высокоалюминатных портландцементов, подвергающихся тепловой обработке.

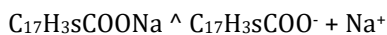
Тепловая обработка, повышающая реакционную способность ПАВ, в нашем случае может быть заменена обработкой в АВС. В среде электроразрядов молекулы ПАВ получают дополнительную степень ионизации, что с одной стороны повысит их свойства как ПАВ, с другой повысит их способность реагировать с минеральными компонентами БС.

Третья компонента ОНР – примеси: пылевидные, глинистые, органические.

Из них по опасности для БС на первом месте стоят глинистые примеси из-за подверженности значительному разбуханию при увлажнении и усадке при высыхании. При этом особое значение имеет размер частиц глины и их чешуйчатое строение (признак набухания). Молекулы воды (диполи) втягиваются между чешуйчатыми частицами каолинита и расклинивают их, вызывая набухание глины [10].

Обработка в АВС будет способствовать разрушению такой структуры частиц данного минерала, а наличие ПАВ будет препятствовать их вторичному слипанию. Не исключено также, что при обработке в АВС доля глинистых частиц будет уменьшаться за счет реакции в зоне повышенного кавитационного давления с ионогенными ПАВ.

Примером ионогенного ПАВ [11] может служить обычное мыло – стеарат натрия, диссоциирующее в водной среде с образованием поверхностно-активного аниона и катиона натрия, который может связывать соединения, содержащие алюминий.



Органические примеси по опасности занимают второе место. Эти примеси содержат гумусовые кислоты [12], препятствующие нормальному твердению цементного камня, особенно в первые дни, резко снижая прочность бетона. Основная часть этих кислот – гуминовые кислоты [13] представляют собой высокомолекулярные органические соединения с минимальной молекулярной массой 60 000 единиц. В АВС такие высокомолекулярные органические соединения неизбежно подвергаются в зоне кавитации гидролизу [14], распадаясь на ряд более простых соединений (прием

инновационного консалтинга «дробление»). Молекулы ПАВ, имеющие более простую молекулярную структуру в АВС, будут подвергаться распаду в значительно меньшей степени.

На третьем месте стоят пылевидные примеси. Из них первая группа включает в себя примеси, чье дальнейшее окисление и гидратация могут вызвать коррозию бетона и стальной арматуры: оксиды железа; сернокислые и сернистые соединения; пирит. Вторая группа включает в себя примеси, вызывающие расширение, отдельных компонент бетона и трещинообразование: гипс, слюда.

Все эти примеси вследствие малого размера фрагментов обладают развитой реакционной способностью. Поэтому примеси первой группы будут, предположительно, взаимодействовать либо с ионами ПАВ, либо подвергаться гидратации в зоне повышенного кавитационного давления. Примеси третьей группы будут дополнительно измельчаться (слюда) и частично растворяться (гипс).

Научная новизна. Итак, основной гипотезой нашего исследования будет гипотеза о принципиальной возможности существования упомянутого способа отмывки. Анализ научной литературы и патентные исследования показали, что подобная проблема рассматривается впервые.

Проверим данную гипотезу. Проведем следующий опыт:

1. В АВС поместим 2 кг песка просеянного, немывтого, с модулем крупности 0,315, 800 г воды и 8 г мыла.

2. Обработаем смесь в АВС в течение 5 сек. (совмещение процессов растворения ПАВ, мойки, электроразрядной и кавитационной активации).

3. Выгрузим обработанную смесь и добавим к ней 6 кг щебня фракции 10 мм, и 1,2 кг цемента класса 22,5Н.

4. Приготовим 10 кг БС путем перемешивания всех компонент. При этом доля ПАВ составит 0,67 % от массы цемента.

5. Из полученной БС изготовим три контрольных образца и испытаем их для выявления предела прочности на сжатие. Полученные результаты отражены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытания опытных образцов бетона

№ образца	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Объем, см ³	Вес, гр	Плотность г\см ³	Предел прочности на сжатие, кг\см ²
1	10,05	10,03	10,00	1008	2365	2,35	141
2	10,14	10,11	10,21	1047	2420	2,31	228
3	10,12	10,13	10,29	1055	2430	2,30	217
Среднее значение						2,32	195

Сравним это с контрольными образцами, изготовленными по той же рецептуре, но без применения ПАВ и обработки в АВС (табл. 2).

Очевидно, что средняя прочность образцов бетона на сжатие увеличилась на 64 % при том, что

плотность осталась на прежнем уровне. Дополнительного уплотнения БС за счет ПАВ не произошло или такое уплотнение было компенсировано образованием, посредством тех же ПАВ, мелких воздушных пор. Последнее маловероятно, поскольку предел прочности на сжатие возрос.

Таблица 2

Результаты испытания контрольных образцов бетона по варианту 1

№ образца	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Объем, см ³	Вес, г	Плотность г\см ³	Предел прочности на сжатие, кг\см ²
1	10,03	10,24	10,08	1035	2435	2,35	122
2	10,23	10,24	10,20	1068	2420	2,26	120
3	10,23	10,16	10,07	1047	2455	2,34	115
Среднее значение						2,32	119

Для определения роли ПАВ, проведем еще серию опытов. Для этого изготовим образцы по той же рецептуре, но без ПАВ. При этом песок предварительно отмывается водой без добавок в АВС (табл. 3).

Очевидно, что в данном варианте средняя прочность образцов бетона на сжатие увеличилась на 11 % при том, что плотность возросла на 3 %. Произошло это, скорее всего, за счет кавитационной отмывки, обнажившей микрощели и микропоры в поверхности ЗП с последующим проникновением в них вяжущего.

Таблица 3

Результаты испытания контрольных образцов бетона по варианту 2

№ образца	Ширина, см	Длина, см	Высота, см	Объем, см ³	Вес, г	Плотность г\см ³	Предел прочности на сжатие, кг\см ²
1	10,00	9,84	10,09	993	2370	2,39	150
2	10,09	9,45	10,12	965	2285	2,37	129
3	10,00	9,04	10,05	908	2210	2,43	118
Среднее значение						2,40	132

Учитывая, что в среднем прочность бетона от добавки в него мыла повышается в среднем на 32,5 % [15], на долю мультипликативного [16] эффекта (совместного воздействия мыла и АВС) приходится:

$$64 - 32,5 - (11-3) = 23,5 \%$$

Достигнутые результаты:

- средняя прочность образцов бетона на сжатие после предварительной обработки в аппарате вихревого смешения песка с водой для затворения бетонной смеси и поверхностно-активным веществом увеличилась на 64 %;

- при этом на долю мультипликативного эффекта (совместного действия поверхностно-активного вещества и аппарата вихревого смешения в процессе отмывки) приходится 23 % из 64 %.

Выводы:

- все поставленные задачи решены с применением для отмывки песка аппарата вихревого смешения;
- доказана принципиальная возможности отмывки песка для бетонной смеси раствором поверхностно-активных веществ в воде, используемой потом без остатка для затворения той же бетонной смеси.

Список литературы

1. <http://www.arhplan.ru/materials/concrete/effectiveness-of-surfactant-additives>
2. http://alyos.ru/enciklopediya/stroitelnie_materiali_1968/primenenie_pav_dlya_obezvozhivaniya_zapolnitelej_betona.html
3. Шаяхмедов Р.И Основы научных исследований. Мнемотехника и приемы инновационного консалтинга. - Астрахань: Издательство ГАОУ АГАСУ, 2020г.100 с.
4. Шаяхмедов Р.И. «Знать – уметь – владеть» - «три сосны» при составлении тестов для фонда оценочных средств и как не заблудиться в них. Компас от инновационного консалтинга//Инженерно - строительный вестник Прикаспия. 2018 № 1 С. 16-19
5. Шаяхмедов Р.И. «Игра в скорлупки или использование пневмоконструкций в качестве динамического элемента здания»//Инженерно - строительный вестник Прикаспия. 2016 № 4 С. 27-31.
6. Кортювенко Л. П. Журавлев А.П., Шаяхмедов Р.И. Интенсификация процесса получения сополимерного вяжущего в АВС с использованием веществ, содержащих дисперсную фазу металла// Материалы V международного форума молодых ученых, студентов и школьников. АГАСУ. Астрахань. 2016. С. 419-424
7. Журавлев А.П., Шаяхмедов Р.И. Интенсификация процесса получения серополимерного вяжущего//Разведка и освоение нефтяных и газоконденсатных месторождений. Научные труды АНИПИГаза.2004. № 6. С.127-129
8. Евсеева С.С., Шаяхмедов Р.И. Методика определения оптимальной доли пиритной добавки при получении сероцемента в аппарате вихревого смешения//Материалы XIV международной практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов «Перспективы социально-экономического развития стран и регионов». АГАСУ. Астрахань. 2020. С. 274-278.
9. <http://www.stroimt.ru/materials/concreteinaddition/2.html>
10. https://studopedia.ru/19_56946_stroenie-sistemi-glina-voda.html
11. <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-96-polimerbeton/32.htm>
12. <https://istra.eto-ya.com/2009/10/27/12/>
13. <https://studfile.net/preview/9113717/page:32/>
14. Журавлев А.П., Шаяхмедов Р.И. Чтобы вязкость не мешала //Нефть России. 2009 № 8 С. 52-54
15. <https://artist71.ru/bytovaya-tehnika/sposoby-uvlicheniya-prochnosti-betona-dobavki-primenyayemye-v.html>
16. Утегенов В. В., Шаяхмедов Р.И. К вопросу о долговечности серного асфальтобетона или предварительная оценка увеличения срока службы дорожного полотна при замене асфальта на сероасфальт//Материалы VII международной практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов "Перспективы развития строительного комплекса". Том I АИСИ. Астрахань. 2013. С. 19-23.

Ссылка для цитирования:

Утегенов Б. Б., Шаяхмедов Р. И., Кокарев А. М. Промывка песка для бетонной смеси с использованием поверхностно-активных веществ в аппарате вихревого смешения // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 3 (41). С. 43–47.

УДК 66.021.3
DOI 10.52684/2312-3702-2022-41-3-47-51

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОТЫ НА БЕТОН

С. А. Логинова, А. А. Петренко

Логинова Светлана Андреевна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: +79066171227; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Петренко Анна Андреевна, студент, Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Российская Федерация, тел.: +79290762010; e-mail: greatann-2002@yandex.ru

Актуальность проблемы коррозионного разрушения строительных материалов и конструкций, последние десятилетия остается на прежнем уровне. Безопасность строительных объектов в первую очередь зависит от физического состояния конструкций. К настоящему времени кардинальных мер по антикоррозионной защите строительных материалов не существует. Цель исследования – определение степени развития различных видов микроорганизмов и воздействия их на физико-механические свойства бетона. Оценка возможности бетона служить субстратом для различных видов биодеструкторов проводилась с помощью определения влагопоглощения и pH водной вытяжки бетонных образцов. Экспериментально установлен механизм воздействия различных микроорганизмов на бетон. Определен таксономический состав наиболее агрессивных к бетону микроорганизмов. Проведена оценка влияния биообрастания на физико-механические свойства бетона. Результаты исследования служат основой для грамотного подбора наиболее эффективных методов антикоррозионной защиты бетонных конструкций, эксплуатирующихся в биологически агрессивных средах.

Ключевые слова: биологическая коррозия, биостойкость, бетон, водоросли, бактерии, грибы.

RESEARCH ON THE IMPACT OF BIOTA ON CONCRETE

S. A. Loginova, A. A. Petrenko

Loginova Svetlana Andreyevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Building Structures, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, phone: +79066171227; e-mail: sl79066171227@yandex.ru;

Petrenko Anna Andreyevna, student, Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl, Russian Federation, tel.: +79290762010; e-mail: greatann-2002@yandex.ru

The urgency of the problem of corrosion destruction of building materials and structures has remained at the same level for the last decades. The safety of construction objects primarily depends on the physical condition of the structures. To date, there are no cardinal measures for the anti-corrosion protection of building materials. Objective – determination of the degree of development of various types of microorganisms and their effect on the physical and mechanical properties of concrete. Assessment of the possibility of concrete to serve as a substrate for various types of biodestructors was carried out using the determination of moisture absorption and pH of water drawing of concrete samples. Experimental mechanism of action of various microorganisms on concrete is established. Taxonomic composition of microorganisms most aggressive to concrete is determined. The impact of biofouling on the physical and mechanical properties of concrete was assessed. The results of the investigation serve as the basis for competent selection of the most effective methods of corrosion protection of concrete structures operating in biologically aggressive environments.

Keywords: biological corrosion, bioavailability, concrete, algae, bacteria, mushrooms.

Введение. В настоящее время бетон является самым широкоприменяемым материалом в строительстве. Несмотря на то, что впервые бетон применили в эпоху расцвета Римской империи, этот материал, благодаря своим уникальным свойствам, был и остается одним из самых часто используемых [1–3]. В коррозионно-агрессивных средах бетоны подвержены разрушению и преждевременному старению. Одной из самых малоизученных видов коррозии бетона по-прежнему остается биологическая коррозия [4]. Поэтому, изучение коррозионных процессов, развивающихся в бетоне под воздействием различных микроорганизмов, не теряет своей актуальности и по сей день. К настоящему времени выделяют три вида биологической коррозии бетона: бактериальную, водорослевую и грибковую.

Исследования коррозионного разрушения бетона вызваны необходимостью повышения долговечности и надежности бетонных и железобетонных конструкций; потребностью разработки мер по предупреждению аварийных ситуаций; существенными материальными потерями от коррозионной деградации бетона; проблемой загрязнения окружающей среды продуктами коррозии и метаболитами микроорганизмов-деструкторов [5, 6].

Постановка задачи. Биокоррозия бетона – многофакторный процесс, кинетика которого зависит от видового разнообразия биодеструкторов, ряда абиотических факторов и свойств самого бетона. Успешное исследование биологической коррозии бетона возможно только на