Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal https://esj.today

2025, Том 17, № 3 / 2025, Vol. 17, Iss. 3 https://esj.today/issue-3-2025.html

URL статьи: https://esj.today/PDF/80SAVN325.pdf

2.1.5. Строительные материалы и изделия (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:
Дергунова, Е. С. Сухие биодобавки для цементных композитов / Е. С. Дергунова // Вестник евразийской науки. — 2025. — Т. 17. — № 3. — URL: https://esj.today/PDF/80SAVN325.pdf.

For citation:
Dergunova E.S. Dry bioadditives for cement composites. *The Eurasian Scientific Journal*. 2025;17(3): 80SAVN325. Available at: https://esj.today/PDF/80SAVN325.pdf. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 691.1

Дергунова Елена Сергеевна
ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, Россия
Доцент
Кандидат химических наук, доцент
E-mail: dergunova14@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0994-7642
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=166255

Сухие биодобавки для цементных композитов

Аннотация. В статье представлены данные о способах получения и использования сухих биодобавок для цементных композитов. В качестве биодобавок использовали бактерии рода Bacillus, обладающих уреазной активностью и способных стимулировать образования карбоната кальция в порах бетона. Для стабилизации микроорганизмов и сохранения их активности использовали следующие: физическая сорбция биомассы на инертных носителях, ковалентное связывание биомассы с инертными сорбентами и микрокапсулирование в биополимерный гель. Были оценены физико-химические свойства полученных биодобавок различными способами. Установлено, что срок хранения биодобавок составил не менее 6 месяцев для каждого из способов иммобилизации микроорганизмов. Влажность биодобавок не превышает 2 %, масс. Произведена оценка физико-механических свойств цементных композитов, для этого были приготовлены бетоны на основе портландцемента с добавлением доменного гранулированного шлака марок ЦЕМ III/А 42,5Н и ЦЕМ III/С 32,5М с соотношением компонентов 1:2,55:3,05 (цемент, песок, щебень) и диапазоном водоцементного соотношения 0,47–0,55. Были получены значения прочности на сжатие, водонепроницаемости, капиллярной пористость и морозостойкости. С использованием полученных результатов была проведена оценка эффективности применения биодобавок в цементных композитах. Установлено, что применение биодобавки, полученной по способу 3, удовлетворяет всем выбранным критериям, описывающих снижение расслаиваемости смесей, повышение прочности бетонов и растворов в проектном возрасте, повышение коррозионной стойкости бетонов в условиях агрессивных биосред, придание бетонам и растворам водоотталкивающих свойств, а также повышение стойкости бетонов в условиях многократного попеременного замораживания и оттаивания.

Ключевые слова: цементные композиты; портландцемент; биодобавки; прочность; биоминерализация; иммобилизация; уреазные бактерии

Введение

В настоящее время бетон считается одним из самых популярных строительных материалов во всём мире [1]. Однако этот материал часто имеет внутренние дефекты, в том

числе низкую устойчивость к растрескиванию. Кроме того, из-за огромного воздействия цемента на окружающую среду его широкое использование приводит к чрезвычайно высоким выбросам углекислого газа при его производстве. В результате такой подход побуждает исследователей искать новые экологичные цементные композитные составы с наилучшими физико-механическими свойствами [1–3]. Экологичность бетона заключается в поддержании его высокой производительности, долговечности и структурной целостности, а также в снижении воздействия на окружающую среду на протяжении всего жизненного цикла.

Для достижения этой цели традиционное использование портландцемента, который является энергозатратным и способствует значительным выбросам углекислого газа, заменяется альтернативными материалами, такими как летучая зола, шлак и переработанные заполнители и другими добавками [4]. Более того, использование местных или возобновляемых материалов повышает эффективность использования ресурсов за счёт сокращения затрат на транспортировку и расходов, связанных со строительством, тем самым делая такую практику более экологичной. Ещё один перспективный подход — использование инновационных технологий, таких как биоминерализация, позволяющая увеличить прочность бетона, снизить его трещенообразование, водопоглощение и увеличить срок службы. Биоминерализация направлена на то, чтобы экологичное строительство было не только безопасным для окружающей среды, но и функциональным и структурно соответствующим требованиям современной инфраструктуры. Экологичный бетон обеспечивает плавный переход к более экологичным строительным решениям без ущерба для качества и надёжности. При производстве строительных растворов и бетонов использование добавок из переработанных материалов (переработанного щебня [5–7], многокомпонентной упаковки, старых шин) и побочных продуктов промышленных процессов (летучей золы, шлака, рисовой шелухи, кремнезёма, отсевов дробления горных пород [8–12]) позволяет получить интеллектуальный наноструктурированный композит. Анализ последних исследований в области строительных материалов показал, что при разработке «интеллектуальных» строительных материалов используются комбинированные добавки на основе биоматериалов [13].

Цель данной работы — разработка сухих биодобавок для цементных композитов на основе уреазных микроорганизмов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выбрать микроорганизмы по способности проявлять уреазную активность.
2. Выбрать носитель для бактерий, способный сохранить активность и жизнеспособность бактерий.
3. Исследовать сроки хранения биодобавок.
4. Изучить физико-механические свойства цементных композитов, полученных с применением уреазных добавок.

Материалы и методы

В работе в качестве связующего были использованы цементы различных типов на основе портландцементного клинкера согласно ГОСТ 31108-2020 «Цементы общестроительные. Технические условия» с добавлением доменного гранулированного шлака ЦЕМ III/А 42,5Н и ЦЕМ III/С 32,5М. В качестве мелкого заполнителя был использован Вольский полифракционный песок согласно ГОСТ 6139-2003 «Песок для испытаний цемента. Технические условия». В качестве крупного заполнителя использовали гранитный щебень согласно ГОСТ 8267-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия». Составы цементных смесей приведены в таблице 1.

80SAVN325
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

Таблица 1

Состав цементной смеси на 1 м^3

Цементная смесь на основе		Ц, кг	П, кг	Крупный заполнитель, кг	В:Ц
ЦЕМ III/А 42,5Н	ЦЕМ III/С 32,5М				
1Н	1М	152	387,6	463,6	0,47
2Н	2М	150	382,5	457,5	0,51
3Н	3М	149	379	454,5	0,55

Разработано автором

В качестве биодобавок использовали предварительно иммобилизованные бактерии рода *Bacillus subtilis*, обладающих уреазной активностью [14; 15]. Формирование иммобилизованных биодобавок проводили тремя способами:

Способ 1. Физическая сорбция на инертных носителях: иммобилизация бактерий на перлите происходит путём **адсорбции** — клетки бактерий прикрепляются к поверхности носителя за счёт взаимодействия с функциональными группами перлита. Перед иммобилизацией носитель (перлит) обычно стерилизуют, а затем смешивают с подготовленной суспензией бактериальной массы. После этого смесь высушивают при атмосферном или пониженном давлении.

Способ 2. Ковалентное связывание с инертными сорбентами: в качестве инертного сорбента использовали цеолит, активированного карбодимидом. Затем подготовленный активированный сорбент смешивали при пониженном давлении с бактериальной массой, выдерживали не менее 2 часов, затем промывали и высушивали.

Способ 3. Микрокапсулирование в биополимерный гель: подготовленную биомассу при температуре 39–40°С смешивали с раствором альгината кальция, затем методом экструзии делили получившийся гель до размеров частиц 4–5 мм и затем охлаждали.

Оценку уреазной активности уреазной активности полученных биодобавок проводили с использованием тест-средст.[1] Оценку физико-механических свойств полученных модифицированных цементных систем проводили согласно ГОСТ 30744-2001 «Цементы. Методы испытаний с использованием полифракционного песка».

Результаты и обсуждение

Почвенные микроорганизмы играют важнейшую роль в поддержания естественного плодородия и способности почв самовосстанавливаться [16]. Также было замечено, что отдельные почвенные бактерии способны образовывать минеральные осадки в определенных условиях. Наличие фермента уреазы в бактериях рода *Bacillus* катализируют процесс гидролиза мочевины, который позволяет проводить образование карбоната кальция при наличии активных ионов кальция [17–19]. Срок жизни уреазных почвенных микроорганизмов может быть очень короток — от дней до нескольких часов, что для использования в строительной отрасли очень затруднительно. Известно, что клетки, иммобилизованные на носителе или в его массе, менее подвержены отрицательному действию окружающей среды (свет, температура, осмотическое давление, pH среды), чем свободные клетки микроорганизмов. Это достигается за счет диффузионных ограничений, которые возникают между иммобилизованными клетками

[1] Патент № 2819074 C1 Российская Федерация, МПК G01N 21/49. Способ определения уреазной активности почв с применением пенополиуретановых тест-средств: № 2023119905: заявл. 27.07.2023: опубл. 13.05.2024 / М.А. Гончарова, Е.С. Дергунова, А.Г. Заева, В.В. Дергунова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Липецкий государственный технический университет". — EDN NFDVND.

80SAVN325
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

и окружающей средой. Клетки микроорганизмов в иммобилизованном состоянии помещены в микрогранулы или на кристаллический носитель и покрыты оболочкой, что защищает их от внешних воздействий. Метаболические процессы внутри клеток из-за отсутствия кислорода резко заторможены. Замедление процессов жизнедеятельности обусловлено также и применением консервирующих растворов. Таким образом, применение различных методов стабилизации позволяет использовать бактерии в течение длительного срока. Для сохранения активности бактерий на поверхности цементных композитов используют физическую сорбцию, кросс-сшивку или микрокапсуляцию или включение в состав полимера или биополимера [20], ковалентное связывание с инертными сорбентами (цеолиты, микрокремнезем и др.) или иммобилизацию с помощью самоорганизующихся монослоев [21]. Для получения сухих биодобавок были исследованы следующие методы иммобилизации и стабилизации бактерий: Физическая сорбция на инертных носителях (способ 1), ковалентное связывание с инертными сорбентами (способ 2) и микрокапсулирование (способ 3).

Оценка способов иммобилизации бактерий осуществлялась с учетом следующих требований к получению уреазных биодобавок:

- удобство включения в состав цементных смесей;
- стабилизация трехмерной структуры и активности бактерий;
- влажность системы биодобавок не более 5 %;
- срок хранения не менее 6 месяцев.

Физико-химические свойства полученных биодобавок, на основе уреазных бактерий, полученных различными способами представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические свойства полученных биодобавок

№ п/п	Показатель	Способы получения биодобавок, на основе уреазных бактерий		
		Способ 1	Способ 2	Способ 3
1	Агрегатное состояние	сухой	сухой	сухой
2	Внешний вид	смесь желто-коричневого цвета	смесь серого цвета	шарообразная смесь желтоватого цвета
3	Однородность	однородная	однородная	однородная
4	Растворимость в воде	нет	нет	нет
5	Плотность, г/см^3	1,89	1,75	2,02
6	Влажность, %	2	2	1,75
7	Активность биодобавки, мг NH_3/г	1,8	25	54
8	Характеристика токсичности	нет	нет	нет
9	Гарантийный срок хранения	не менее 6	не менее 8	не менее 10

Разработано автором

Установлено, что все биодобавки, полученные с применением способов 1–3, имеют гарантийный срок хранения не менее 6 месяцев. Однако, активность полученных биодобавок по способу 1 и 2 существенно ниже, чем активность биодобавки, полученная микрокапсулированием в гель (способ 3), а влажность была определена не более 2 % для каждой партии биодобавок. Снижение активности бактерий, вероятно, связано с тем, что 1 и 2 способ иммобилизации не позволяют сохранить стабильность микроорганизмов при длительном хранении и при использовании в щелочной среде цементных композитов.

Также была произведена оценка эффективности применения в цементных композитах. Задача получения биодобавок заключается в установлении влияния на гидратацию цементных систем с целью достижения высоких многофункциональных эффектов. Для этого были приготовлены бетоны на основе цементных систем (табл. 1) с соотношением компонентов

80SAVN325
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

1:2,55:3,05 (цемент, песок, щебень) и водоцементным соотношением 0,47–0,55. Образцы изготавливали с применением биодобавок, полученных по способам 1–3 с содержанием биодобавок 5 %, масс. по отношению к цементу, а затем подвергались испытаниям на сжатие, определению водонепроницаемости при погружении и капиллярной пористости, морозостойкости, а также рассчитывали коэффициент устойчивости бетона к агрессивной биосреде (плесневые грибы) в возрасте 28 и 91 день. Наилучшие результаты показали цементные композиты с биодобавками, полученные по способу 3 (табл. 3).

Таблица 3

Физико-механические свойства цементных композитов с применение биодобавок (способ 3) в возрасте 28 и 91 день

№ п/п	Свойство бетона	Цементные системы в возрасте 28/91 день					
		1Н	2Н	3Н	1М	2М	3М
1	Прочность на сжатие, МПа	68/70	66/69	64/67	54/62	52/60	50/55
2	Водонепроницаемость, W	W8/W10	W8/W10	W6/W8	W6/W8	W6/W8	W6/W8
3	Капиллярная пористость, %	1,90/1,85	2,00/1,89	2,12/2,0	1,98/1,92	2,14/2,02	2,00/1,194
4	Морозостойкость, F	480/500	470/500	460/480	350/360	320/350	320/350
5	Устойчивость к агрессивной биосреде (плесневые грибы), $К_з$, %	95/96	95/96	95/96	94/96	94/96	94/96

Разработано автором

Полученные результаты указывают на то, что со временем микроорганизмы способствуют блокировке пор кристаллическими продуктами, незначительному уплотнению матрицы, несмотря на различия в способах сохранения активности биодобавки. Также биодобавки на основе уреазных бактерий возможно применять как для нормально-, так и для медленно схватывающихся цементов, т. к. она не влияет на сроки схватывания.

Также отдельные образцы были тщательно высушены, чтобы свести к минимуму остаточную влажность без изменения микроструктуры для проведения микроскопии. СЭМ-анализ проводился при различном увеличении (до 1 000 раз), что позволило провести как общую морфологическую оценку, так и детальный осмотр кристаллических образований в структуре пор и на границе между заполнителем и вяжущим.

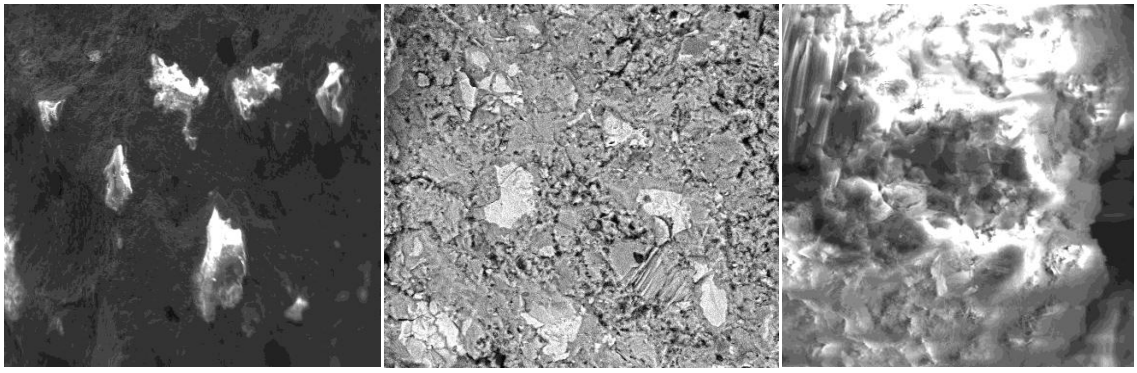

Рисунок 1. *Изменение микроструктуры бетона за счет введения биодобавки (сканирующий электронный микроскоп — LYRA 3, увеличение от 55× до 1 000×) (разработано автором)*

Наблюдения были направлены на выявление продуктов гидратации, кристаллических отложений, таких как карбонат кальция в порах бетона, и изменений в межфазной переходной зоне, связанных с наличием кристаллизующей биодобавки. Применение приставки к микроскопу для рентгенофазового анализа позволило определить модификацию карбоната кальция, установлено, что новообразования в порах бетона являются кальцитом.

80SAVN325
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

С использованием полученных результатов была проведена оценка эффективности применение биодобавок в цементных композитах (табл. 4).

Таблица 4

Оценка эффективности биодобавок в цементных композитах

№ п/п	Эффект действия биодобавок	Критерий эффективности биодобавок	Биодобавка, изготовленная по способу		
			1	2	3
1	Снижение расслаиваемости смесей	В два и более раз	+	+	+
2	Повышение прочности бетонов и растворов в проектном возрасте	На 20 % и более	-	+	+
3	Повышение коррозионной стойкости бетонов в условиях агрессивных биосред	В 1,5 раза и более	-	-	+
4	Придание бетонам и растворам водоотталкивающих свойств	В 2 раза и более	-	-	+
5	Повышение стойкости бетонов в условиях многократного попеременного замораживания и оттаивания	На 2 марки и более	-	+	+

Разработано автором

Все образцы оценивались с учетом критериев эффективности, и было установлено, что применение биодобавки, полученной по способу 3, удовлетворяет всем вышеуказанным критериям. Также с помощью биодобавок, возможно, удается добиться в ряде случаев большой универсальности их действия, под которым понимается практическая независимость полученного эффекта от химико-минералогического состава цемента.

Заключение

Представлены данные о способах получения и использования сухих биодобавок для цементных композитов, на основе уреазных микроорганизмов рода *Bacillus*, и способных стимулировать образования кальцита в порах бетона. Для стабилизации микроорганизмов и сохранения их активности применяли следующие способы: физическая сорбция биомассы на инертных носителях, ковалентное связывание биомассы с инертными сорбентами и микрокапсулирование в биополимерный гель. Были оценены физико-химические свойства полученных биодобавок на основе уреазных бактерий различными способами. Установлено, что минимальный срок хранения биодобавок составил не менее 6 месяцев для каждого из способов иммобилизации микроорганизмов. Влажность биодобавок не превышает 2 % по массе.

Произведена оценка физико-механических свойств цементных композитов, модифицированных биодобавками, для этого были приготовлены бетоны на основе портландцемента с добавлением доменного гранулированного шлака марок ЦЕМ III/А 42,5Н и ЦЕМ III/С 32,5М с соотношением компонентов 1:2,55:3,05 (цемент, песок, щебень) и водоцементным соотношением В:Ц = 0,47–0,55. Были получены значения прочности на сжатие, водонепроницаемости, капиллярной пористость и морозостойкости для модифицированных бетонов. Также с использованием полученных результатов была проведена оценка эффективности применения биодобавок в цементных композитах, установлено, что применение биодобавки, полученной по способу 3, удовлетворяет всем выбранным критериям, описывающих снижение расслаиваемости смесей, повышение прочности бетонов и растворов в проектном возрасте (до 30 %), повышение коррозионной стойкости бетонов в условиях агрессивных биосред (до 10 %), придание бетонам и растворам водоотталкивающих свойств (увеличение до W8/W10), а также повышение стойкости бетонов в условиях многократного попеременного замораживания и оттаивания (увеличение до 500 циклов).

80SAVN325
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com

ЛИТЕРАТУРА

1. Sawdust as a sustainable additive: Comparative insights into its role in concrete and brick applications / E. Priya, P. Vasanthi, B. Prabhu, P. Murugesan // Cleaner Waste Systems. — 2025. — Т. 11. — 100286. — URL: https://doi.org/10.1016/j.clwas.2025.100286.
2. Benhelal, E. Challenges against CO_2 abatement strategies in cement industry: A review / E. Benhelal, E. Shamsaei, M.I. Rashid // Journal of Environmental Sciences. — 2021. — Т. 104. — С. 84–101. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.11.020
3. A comprehensive assessment of green concrete incorporated with municipal solid waste incineration bottom: Experiments and life cycle assessment (LCA) / L. Cheng, H. Jin, J. Liu, F. Xing // Construction and Building Materials. — 2024. — Т. 413. — С. 134822. — URL: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.134822.
4. Kurda, R. Life cycle assessment of concrete made with high volume of recycled concrete aggregates and fly ash / R. Kurda, J.D. Silvestre, J. de Brito // Resources, Conservation and Recycling. — 2018. — Т. 139. — С. 407–417. — URL: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.004.
5. Klyuev, S. Fine-grained concrete properties in depending on carbon black additive introducing methods / S. Klyuev, N. Ayubov, M. Ageeva et al. // Journal of Materials Research and Technology. — 2024. — Т. 32. — С. 1996–2004. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.08.052.
6. Klyuev, S. Technogenic Fiber Wastes for Optimizing Concrete / S. Klyuev, S. Fediuk, R. Ageeva et al. // Materials. — 2022. — Т. 15. — С. 5058. — URL: https://doi.org/10.3390/ma15145058.
7. Amran, M. Fiber-reinforced alkali-activated concrete: A review / M. Amran, R. Fediuk, H.S. Abdelgader et al. // Journal of Building Engineering. — 2022. — Т. 45. — С. 103638. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103638.
8. Barabanshchikov, Y. Influence of Silica Fume on High-Calcium Fly Ash Expansion during Hydration / Y. Barabanshchikov, K. Usanova // Materials. — 2022. — Т. 15(10). — С. 3544. — URL: https://doi.org/10.3390/ma15103544.
9. Amran, M. Properties and performance of polypropylene fibered high-strength concrete with an improved composite binders / M. Amran, V. Lesovik, A. Tolstoy et al. // Case Studies in Construction Materials. — 2022. — Т. 17. — С. e01621. — URL: https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01621.
10. Yavuz, D. Porous concrete modification with silica fume and ground granulated blast furnace slag: Hydraulic and mechanical properties before and after freeze-thaw exposure / D. Yavuz, Z.F. Akbulut, S. Guler // Construction and Building Materials. — 2024. — Т. 447. — С. 138099. — URL: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138099.
11. Korsun, V. Mechanical properties of high-strength concrete after heating at temperatures up to 400°C / V. Korsun, A. Baranov // Lecture Notes in Civil Engineering. — 2021. — Т. 150. — С. 454–463. — URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-72404-7_44/COVER.
12. Murali, G. Synergistic effects of graphene oxide, steel wire mesh and fibers on the impact resistance of preplaced aggregate concrete / G. Murali, K. Karthikeyan, M. Senthilpandian et al. // Journal of Building Engineering. — 2024. — Т. 95. — С. 110363. — URL: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110363.

13. Yu, Y. Intelligent prediction of compressive strength of self-compacting concrete incorporating silica fume using hybrid IWOA-GPR model / Y. Yu, G. Wang, G.F. Huseien et al. // Materials Today Communications. — 2025. — Т. 45. — С. 112282. — URL: https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2025.112282.

14. Xu, J. A correlation study on optimum conditions of microbial precipitation and prerequisites for self-healing concrete/ J. Xu, Y. Tang, X. Wang // Process Biochemistry. — 2020. — Т. 94. — С. 266–272. — URL: https://doi.org/10.1016/j.procbio.2020.04.028.

15. Choi, S.G. Sustainable Biocement Production via Microbially Induced Calcium Carbonate Precipitation: Use of Limestone and Acetic Acid Derived from Pyrolysis of Lignocellulosic Biomass / S.G. Choi, J. Chu, R.C. Brown et al. — DOI: 10.1021/acssuschemeng.7b00521 // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. — 2017. — Т. 5(6). — С. 5183–5190.

16. Хазиев, Ф.Х. О кинетике ферментативных процессов в почвах / Ф.Х. Хазиев // Известия Уфимского научного центра РАН. — 2018. — № 3. — С. 45–51. — EDN XWQPBB.

17. Wang, J.Y. Application of hydrogel encapsulated carbonate precipitating bacteria for approaching a realistic self-healing in concrete / J.Y. Wang, D. Snoeck, S. Van Vlierberghe et al. // Construction and Building Materials, 2014. — Т. 68. — С. 110–119. — URL: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.06.018.

18. Joshi, S. Influence of nutrient components of media on structural properties of concrete during biocementation / S. Joshi, S. Goyal, M.S. Reddy // Construction and Building Materials. — 2018. — Т. 158. — С. 601–613. — URL: https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.10.055.

19. Строкова, В.В. Микробная карбонатная биоминерализация как инструмент природоподобных технологий в строительном материаловедении / В.В. Строкова, Д.Ю. Власов, О.В. Франк-Каменецкая — DOI 10.31659/0585-430X-2019-772-7-66-72. // Строительные материалы. — 2019. — № 7. — С. 66.

20. Крякунова, Е.В. Применение иммобилизованных микроорганизмов и ферментов / Е.В. Крякунова, А.В. Канарский // Вестник Казанского технологического университета. — 2012. — Т. 15, № 22. — С. 101–105. — EDN PJRMAV.

21. Demakov, V.A. Immobilization of Microbial cells: Biotechnological Aspects / V.A. Demakov, Yu.G Maksimova, A.Yu. Maksimov // Biotechnology in Russia. — 2008. — № 2. — С. 40–62. — EDN KYHHLF.

Dergunova Elena Sergeevna
Lipetsk State Technical University, Lipetsk, Russia
E-mail: dergunova14@yandex.ru
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0994-7642
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=166255

Dry bioadditives for cement composites

Abstract. The article presents data on the methods of obtaining and using dry bioadditives for cement composites. Bacteria of the genus Bacillus, which have urease activity and are able to stimulate the formation of calcium carbonate in the pores of concrete, were used as dietary supplements. The following methods were used to stabilize microorganisms and preserve their activity: physical sorption of biomass on inert carriers, covalent binding of biomass to inert sorbents, and microcapsulation in a biopolymer gel. The physico-chemical properties of the obtained dietary supplements were evaluated in various ways. It was found that the shelf life of dietary supplements was at least 6 months for each of the methods of immobilization of microorganisms. The moisture content of dietary supplements does not exceed 2 %, wt. The physico-mechanical properties of cement composites were evaluated. For this purpose, concretes based on Portland cement were prepared with the addition of blast furnace granular slag grades CEM III/A 42,5H and CEM III/C 32,5M with a component ratio of 1:2,55:3,05 (cement, sand, crushed stone) and a water-cement ratio range of 0,47–0,55. The values of compressive strength, water resistance, capillary porosity, and frost resistance were obtained. Using the results obtained, the effectiveness of the use of bioadditives in cement composites was evaluated. It has been found that the use of a bioadditive obtained by method 3 satisfies all the selected criteria describing a decrease in the delamination of mixtures, an increase in the strength of concretes and mortars at the design age, an increase in the corrosion resistance of concretes in aggressive environments, giving concretes and solutions water-repellent properties, as well as an increase in the resistance of concretes under conditions of repeated alternating freezing and thawing.

Keywords: cement composites; Portland cement; bioadditives; strength; biomineralization; immobilization; urease bacteria

80SAVN325
Издательство «Мир науки» \ Publishing company «World of science» http://izd-mn.com