

Мадатов Али Рахиб оглы

студент

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет»

г. Курск, Курская область

ЖИВОЙ БЕТОН И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

***Аннотация:** в данной статье представлена информация о технологии живого бетона и способов его применения.*

***Ключевые слова:** биобетон, самовосстановление, строительство, бактерии, материалы, инновации, бациллы.*

Концепция живого(бактериального) бетона была впервые введена Хенком Йонкерсом из Технологического университета Делфта в Нидерландах. Для устранения трещин и повреждений в бетоне применяется новая технология с использованием микробиологически индуцированного осаждения кальцита (CaCO_3). Микробиологически индуцированное осаждение кальцита (MICP) другими словами – биоминерализация. *Bacillus subtilis* (сенная палочка) JC3, обычная почвенная бактерия может вызвать осаждение кальцита.

Как микробный герметик, CaCO_3 проявил свой положительный потенциал в избирательном уплотнении смоделированных трещин и поверхностных трещин в гранитах и в уплотнении песка. Микробиологически индуцированное осаждение кальцита является весьма желательным, потому что осаждение кальцита, вызванное в результате микробной активности является естественным и не загрязняет окружающую среду. Технология может быть использована для улучшения прочности на сжатие и жесткости образцов поврежденного бетона. Бактериальный бетон использует осаждение кальцита бактериями. О новаторских работах по ремонту бетона с помощью MICP сообщили исследовательская группа Хенка Джонкерса и других сотрудников из Горнодобывающей школы и технологии Южной Дакоты.

Технология в живом бетоне. При благоприятных условиях эта почвенная бактерия JC3 добавленная в бетон может непрерывно осаждать новый высоко-проницаемый кальцитовый слой на поверхности уже существующего бетонного слоя. Осажденный кальцит имеет грубую кристаллическую структуру, которая легко прилипает к бетонной поверхности в виде чешуек. В дополнение к способности постоянно расти, он практически нерастворим в воде. Кальцит препятствует проникновению вредных веществ (хлоридов, сульфатов, углекислого газа) в бетон, тем самым уменьшая вредные последствия, которые они вызывают. Из-за присущей ему способности непрерывно осажждать кальцит, бактериальный бетон можно назвать Умным Биоматериал для восстановления бетона. MICP включает в себя ряд сложных биохимических реакций. Он избирателен, и на его эффективность влияет пористость среды, количество клеток и общий объем добавленного питательного вещества. Было обнаружено, что фосфатный буфер или urea-CaCl₂ эффективны в качестве питательных веществ. Бактерии осаждают кальцит в присутствии питательных веществ. Оптимальный pH для роста бактерий *B. Pasteurii* (бацилла, разлагающая мочевины) составляет около 9. Щелочная среда бетона с pH около 12 является основным сдерживающим фактором для роста бактерий. Однако эта бацилла обладает способностью производить конечные споры, чтобы выдерживать экстремальные условия. Микробный модифицированный строительный раствор или бетон стал важной областью исследований для высокопроизводительных строительных материалов

Трещины образуются на поверхности бетона по многим причинам, таким как усадка, недостаточное увлажнение воды. Самовосстанавливающийся бактериальный бетон, обладающий аутогенной способностью восстанавливать трещины бетона, был признан в нескольких недавних исследованиях. В основном микротрещины с шириной, обычно находящейся в диапазоне от 0,05 до 0,1 мм, становятся полностью герметичными. Механизм этого аутогенного заживления главным образом обусловлен вторичной гидратацией частично прореагировавших цементирующих частиц, присутствующих в бетонной матрице. Из-за капиллярных сил вода многократно втягивается в микротрещины при смене влажного

и сухого циклов, что приводит к расширению частиц гидратцемента из-за образования гидратов силиката кальция и гидроксида кальция. Эти продукты реакции способны полностью герметизировать трещины при условии, что трещины имеют относительно небольшой размер. Повреждения большего размера могут быть заполнены только частично из-за ограниченного количества присутствующих частиц непрореагировавшего цемента, в результате чего на поверхности трещины образуется только тонкий слой продуктов гидратации.

Таким образом, бактерии могут действовать как место зарождения, которое способствует осаждению кальцита, который может в конечном итоге закупорить поры и трещины в бетоне. Это микробиологически индуцированное осаждение карбоната кальция (MICCP) состоит из ряда сложных биохимических реакции. В рамках обмена веществ *B. Subtilus* производит уреазу, которая катализирует мочевины для производства CO_2 и аммиака, что приводит к увеличению pH в окружающей среде, где ионы Ca^{2+} и CO_3^{2-} осаждаются в виде CaCO_3 .

Преимущества живого бетона: 1. Бактериальный бетон помогает в устранении трещин. 2. Улучшение прочности бетона на сжатие. 3. Лучшее сопротивление за счет уменьшения трещин при замерзании-оттаивании. 4. Снижение проницаемости бетона. 5. Уменьшение коррозии железобетона. 6. Самовосстанавливающиеся бактерии можно использовать в труднодоступных для людей местах. Следовательно, это уменьшает шансы несчастных случаев в опасных для человека зонах, а также увеличивает прочность конструкции. 7. Образовавшиеся повреждения будут исправляться на начальном этапе, тем самым увеличивая срок службы конструкции.

Недостатки бактериального бетона: 1. Стоимость бактериального бетона вдвое выше, чем у обычного, так как приготовление лактата кальция из молока обходится дороже. 2. Рост бактерий не является хорошим в некоторых атмосферных условиях.

Применение самовосстанавливающегося бетона: 1. Морские сооружения 2. Опорные стены 3. Бетонные полы 4. Туннельные подкладки 5. Автодорожные мосты 6. Подземные подпорные стены.

Вывод: Технология микробиологического бетона оказалась лучше, чем многие традиционные технологии, благодаря своей экологичности, самовосстановлению и увеличению долговечности различных строительных материалов. Работа различных исследователей позволила нам лучше понять возможности и ограничения биотехнологических применений строительных материалов. Повышение прочности на сжатие, снижение проницаемости, водопоглощение, усиленная коррозия были замечены в различных цементных и каменных материалах. Цементация благодаря этому методу очень проста и удобна в использовании. Вскоре это создаст основу для высококачественных конструкций, которые будут экономически эффективными и экологически безопасными, но требуется больше работы для улучшения осуществимости этой технологии как с экономической, так и с практической точек зрения.

Список литературы

1. Bang S.S., Galinat J.K., Ramakrishnan, V. 2001. Осаждение кальцита, вызванное иммобилизованным полиуретаном *Bacillus pasteurii*. Фермент и микробная технология. 28: 404–409.
2. Castanier S., Le Metayer-Levrel G. & Perthuisot J.P. 1999. Осаждение Са-карбонатов и генезис известняка – микробиогеологическая точка зрения. Осадочная геология. 126: 9–23.
3. Clegg, J.S. 2001. Криптобиоз – своеобразное биологическое состояние организации. Сравнительная биохимия и физиология. Часть В 128 (8): 613–624.
4. De Muynck, W., De Belie N. & Verstraete W. 2007. Улучшение прочности бетона с помощью бактерий. Процедура Douglas, S. и Beveridge T.J. 1998. Минеральное образование бактерии в природных микробных сообществах. FEMS Microbiology Ecology. 26 (2): 79–88.
5. Edvardsen C. 1999. Водопроницаемость и аутогенное заживление трещин в бетоне. ACI Материалы Журнал. 96 (4): 448–454.
6. Fajardo-Cavazos, P. & Nicholson, W. 2006. *Bacillus* эндоспоры, выделенные из гранита: близкие молекулярные связи с глобально распределенными *Bacillus* spp. отэндолитическая и экстремальная среда. Appl. Environm. Microbiol. 72 (4):

2856–2863.

7. Gerilla G.P., Teknomo K. & Hokao K. 2007. Экологическая оценка деревянного и железобетонного домостроения. Строительство и окружающая среда. 42: 2778–2784.