



УДК:535:579.246

Фазилятхон ТУРАХОДЖАЕВА,

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова

докторант базовой докторантуры

E-mail: bioinnovation97@gmail.com

Илхомжон ТАЖИБАЕВ,

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова

к.ф.-м.н., PhD., ведущий научный сотрудник

E-mail: ilhom.tojiboyev@gmail.com

Илхом БОЙНАЗАРОВ,

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова

докторант базовой докторантуры

E-mail: ilhomboynazarov0821@gmail.com

Фариб РУЗИЕВ,

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова

младший научный сотрудник

E-mail: roziyevf@list.ru

Абдор ТУРГУНБАЕВ,

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова

младший научный сотрудник

E-mail: turgunovabror@gmail.com

Под рецензии д.ф.т.н., доцент. Ш.Б. Ташибулатов

КРИСТАЛЛООБРАЗОВАНИЕ В БАКТЕРИАЛЬНОЙ СУСПЕНЗИИ КАК СВЯЗУЮЩИЙ АГЕНТ ПРИ ПОВЫШЕНИИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация

В статье рассматриваются повышение механических свойств строительно-конструкционных объектов посредством способности микроорганизмов к образованию кристалла, механизмов их осаждения и увеличение по объёму в цементном растворе. Согласно проведенным научно-исследовательским работам, бетон с добавлением кристалл образующей биомассы даёт наилучший результат по сравнению с традиционным методом цементирования. Утверждается, что способность образования кальцит кристаллов бактериальными добавками стали основными ключевыми агентами при повышении бетонной прочности усиливая их сейсмостойкость.

Ключевые слова: кристаллообразование, бактериальная суспензия, бетон, повышение прочности, микроорганизмы.

CRYSTAL FORMATION IN BACTERIAL SUSPENSION AS A BINDING AGENT FOR INCREASING THE MECHANICAL PROPERTIES OF CONSTRUCTION OBJECTS

Annotation

In the article was discussed increasing of the mechanical properties of construction and structural objects through the ability of microorganisms to form a crystal, the mechanisms of their deposition and an increase in volume in cement mortar. According to the research carried out, concrete with the addition of crystal-forming biomass gives the best result compared to the traditional method of cementing. It is claimed that the ability of calcite crystals to form bacterial additives have become the main key agents in increasing concrete strength, enhancing their seismic resistance.

Key words: crystal formation, bacterial suspension, concrete, strength enhancement, microorganisms.

QURILISH OBYEKTLARINING MEXANIK XUSUSIYATLARINI OSHIRISH UCHUN BOG'LOVCHI VOSITA SIFATIDA BAKTERIAL SUSPENZIYADA KRISTALL HOSIL BO'LISHI

Annotatsiya

Maqolada mikroorganizmlarning kristall hosil qilish qobiliyati orqali qurilish obyektlarning mexanik xususiyatlarining oshirishi, mikroorganizmlarning kristall hosil qilishi, kristallarning sement eritmasida tarqalish mexanizmlari ko'rib chiqiladi. Olib borilgan ilmiy-tadqiqot natijalariga ko'ra, kristall hosil qiluvchi biomassa qo'shilgan beton an'anaviy betonlash usuliga qaraganda eng yaxshi natijani ko'rsatdi. Bakterial qo'shimchalar kalsit kristallarining hosil qilish qobiliyati beton mustahkamligini oshirishda va seysmik bardoshlilikini ta'minlashda asosiy omil sifatida xizmat qilganligi alohida ta'kidlab o'tildi.

Kalit so'zlar: kristall hosil bo'lishi, bakteriya suspenziyasi, beton, mustahkamlik, mikroorganizmlar.

Введение. В мире существуют различные виды микроорганизмов начиная от бактерии заканчивая грибов. Правильно выбранный вид микроорганизма, при совершении некой цели, может открыть невероятные открытия в

мире науки и инновации. Авторы данной статьи провели научно-исследовательские работы по повышению механических свойств бетона на сжатие. В сегодняшний день бетон является самым распространенным материалом на земле после воды [1]. Так как бетон набирает необходимую прочность во время процесса твердения [2]. Поэтому очень важно определять с высокой точностью значение прочности этого материала перед использованием изделий в строительстве. Для повышения прочности строительных объектов, в мире существуют различные технологии и вяжущие добавки, разрабатываемые продвинутыми учеными из разных отраслей науки и техники [3].

Литературный обзор. Применения разных наполнителей в отрасли строительства, а именно, железобетонных и цементобетонных конструкциях, являются одним из путей повышения его физико-механических характеристик и экономической эффективности [4]. Ряд бактерий, которые можно обнаружить в почве, песке и природных минералах, обладают способностью выделять карбонат кальция как в естественных, так и в лабораторных условиях. Гидролиз мочевины с помощью фермента уреазы является самым простым из всех механизмов осаждения выработанного микроорганизмами кальцита (MICP) [5]. Наиболее подходящим способом их получения является гидролиз мочевины, поскольку он сопровождается подщелачиванием окружающей среды. Исходя из этого можно сказать, что такие бактерии действуют как катализатор реакции гидролиза мочевины. Такими бактериями считаются уреазоактивные бактерии. Способность расщеплять мочевины широко распространена среди бактерий, обитающих в почвах и подземных системах [6].

Установлено, что в высокощелочной среде способны выживать штаммы бактерий рода *Bacillus*, которые обычно образуют споры в виде приспособленных к определенным условиям клеток, выдерживающих высокие напряжения, спровоцированные механическими и химическими факторами. Кроме того, эти споры проявляют низкую активность метаболического обмена и имеют чрезвычайно длительный жизненный цикл. Известны виды, споры которых жизнеспособны до 200 лет [7].

Бактериальные поверхности играют основную роль в осаждении кальция. При нейтральном значении pH благодаря наличию нескольких отрицательно заряженных групп положительно заряженные ионы металлов могут прикрепляться к поверхности бактерий, способствуя гетерогенному процессу зародышеобразования [8]. Как правило, карбонатные осадки развиваются на внешней поверхности бактериальных клеток с последующим отслоением [9], поэтому бактерии могут быть встроены в растущие кристаллы карбоната.

Таким образом, большинство представляющих интерес бактериальных агентов, предположительно должны быть аэробными спорообразующими бактериями рода *Bacillus*. Из ранее опубликованных литературных данных следует, что в костных материалах чаще всего использовали утилизирующие мочевины бактерии видов *S. pasteurii*. Исходя из этого можно сделать вывод, что выбор микроорганизмов играет первостепенную роль в повышении эффективности при восстановлении твердых материалов [10].

Методология исследований. Исследовательской группой института ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова при Академии наук Республики Узбекистан для исследования данной работы выбран бактерии родом *S. pasteurii*, *S. ureae* и *B. thuringiensis*. После выделения бактерии из соответствующих источников, а именно из цемента и песка, выполнен этап выделения культуральных клеток на питательные агаризованные среды. Для этого культуры выращивали на жидкой питательной среде, состоящей из 8 г/л питательного бульона (5 г/л пептона и 3 г/л экстракта мяса) при pH 7. В каждую питательную среду добавляли 10 г/л $MnSO_4 \cdot H_2O$ для усиления спорообразования выращиваемых культур. Все жидкие питательные среды стерилизовали в автоклаве в течение 20 мин при 120 °C при давлении 1,0 атм. С целью определения перспективного вида микроорганизмов имеющиеся способность производить кристаллы кальцита осуществлено суспендирование естественных образцов бактериальных клеток в стерильном физиологическом растворе (9 г/л NaCl). При этом раствор было разбавлено соответствующим образом и высеяно на агар, содержащий 3 г/л питательного бульона, 20 г/л мочевины, 2,12 г/л $NaHCO_3$, 10 г/л NH_4Cl . Образование кристаллов наблюдали на 7-й и 14-й день. На рис.1 показан результат образовавшихся кристаллов после улетучивания физиологического раствора (9 г/л NaCl).

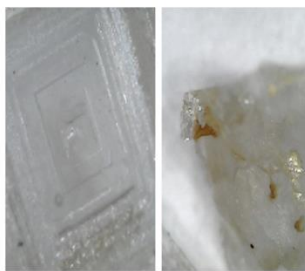


Рис.1 Образовавшиеся кристаллы кальцита после улетучивания NaCl

В итоге было определено, что явные кристаллы были образованы из культуральных клеток бактерии рода *Sporosarcina*.

Анализ и результаты. Авторы данной статьи измерили бетонный состав традиционного цементирования и сравнили с разрушающим методом контроля, а именно на гидравлическом прессе. Установлено, что традиционный способ цементирования бетонных изделий выдерживают 5 тонн 620 кг при сжатии на гидравлическом прессе, после чего настоящие авторы пришли к выводу усовершенствования прочности бетонных изделий безвредным и мало затратным методом. Данным направлением был выбран биологический способ упрочнения бетонных конструкций, а именно бактериологическим способом повышения качества цементирования.

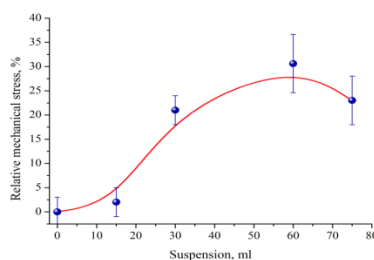


Рис.2 Относительное механическое прессование бетонных образцов

Количество жизнеспособных микроорганизмов определяли путем посева разбавленной взвеси клеток на пластину с питательным агаром и мочевиной. Количество термостойких спор рассчитывали путем посева после нагревания при 65 °C в течение 15 и 45 мин. На основе данных, установлено, что биологический способ повышения цементирования бетонных изделий выдерживают 8 тонн 900 кг.

Таким образом, было определено, что из всех семейств бактерии именно *Sporosarcina* выражает свою способность вырабатывании осадка кальция карбоната путем явного проявления образования кристаллов. Данные кристаллы являются подтверждающим агентом для повышения механических свойств строительных объектов, а именно бетона, что и обуславливается выдерживанием силы на сжатие на 8 тонн 900 кг. В дальнейшем, можно рассматривать и другие виды бактерии, способные образовать кристаллы кальцита с последующим образованием осадка кальция карбоната с целью разработки бактериальной суспензии на существующих трещин.

Заключение и предложения: Новейшая разработка по повышению прочности строительных объектов на основе кристаллообразующих бактерий, безусловно увеличит срок годности строительных объектов. Предотвращаться образование трещин путем применения данной бактериальной суспензии при стройке фундаментов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Betts M. Global Construction Perspectives (Firm); Oxford Economics (Firm) A global forecast for the construction industry over the next decade to 2020 // Global construction 2030. 2018
2. Копылов В.А. Лечение открытых переломов конечностей с использованием метаболитов *bacillus subtilis* 804, содержащих фактор роста фибробластов/ Диссертация на соискание ученой степени доктора медицинских наук. Оренбург – 2017
3. <https://gcesp.ru/blog/opredelenie-prochnosti-betona>.
4. Морозов Н.М., Боровских И.В. Влияние метаколина на свойства цементных систем // Известия КазГАСУ. 2015. №3 (33)
5. Li X. Y. Influence of loosely bound extracellular polymeric substances (EPS) on the flocculation, sedimentation and dewaterability of activated sludge / X. Y. Li, S. F. Yang // Water Research. – 2007. – Vol. 41 (5) – P. 1022–1030
6. Montgomery R. A. Multi-purpose canister storage unit and transfer cask thermal analysis / R. A. Montgomery, K. A. Niemer, C. N. Lindner // American Society of Mechanical Engineers, Heat Transfer Division, (Publication) HTD. – 1997. – 350. – P. 45–54
7. Работнов Ю. Н. Введение в механику разрушения / Ю. Н. Работнов. 2-е изд. – М. : Либроком, 2009. – 82 с
8. Jonkers H. M. At two component bacteria based self-healing concrete / H. M. Jonkers // Concrete Repair, Rehabilitation and Retrofitting II. – 2009. – № 3. – P. 215–220
9. Мартусевич А.К., Зимин Ю.В. Роль физико-химических процессов в системе «микроорганизм - человек» // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова. 2008. №3
10. Turakhodjaeva F., Methods to Improve the Mechanical Properties of Biomass//Processing and Fabrication of Advanced Materials –XXVII. Jonkoping, SWEDEN, 27-29 may 2019, pp.396-403