Search for microorganisms capable of bioremediating cement concrete structures

Zhurishkina E.V.^{1,2}, Golovkina D.A.^{1,2}, Baranchikov A.Ye.³, Garbay Yu.P.¹, Sokolov A.Ye.¹, Tsvigun N.V.⁴,
Kopitsa G.P.¹, Kulminskaya A.A.^{1,2}

¹NRC "Kurchatov Institute" – PNPI, Gatchina, Russia; ²Kurchatov Genomic Center – PNPI, Gatchina, Russia; ³Kurnakov Institute of General and Inorganic Chemistry of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; ⁴Federal Scientific Research Centre "Crystallography and Photonics" of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

E-mail: zhurishkina_ev@pnpi.nrcki.ru

Key message. Screening of bacteria capable of repairing damages in concrete structures was carried out. Crystals formed by the most productive strains were studied.

Keywords: screening, urease activity, calcium carbonate, biomineralization

When explored, concrete structures are subjected to various damages leading to deterioration of their quality and reduction of the usage period. As an alternative to expensive repair technologies with non-ecological chemical additives, the development of microbiological systems capable of repairing cracks in cement concrete is promising.

The purpose of this work is to find new strains that can maintain viability and repair damage in cement concrete structures.

For screening purposes, specific strategy and bacterial strains from the laboratory of the MRBD PNPI were used in the work. Changes of the bacterial surface and precipitate formation were observed using atomic force microscopy (AFM) and scanning electronic microscopy (SEM). The resulting crystals were studied by powder X-ray diffraction analysis. The ability of the selected bacteria to heal microcracks on samples from the cement-sand mixture was evaluated visually.

Seventy-one bacterial strains were screened resulted in 2 the most effective microorganisms, *Bacillus licheniformis* 8782 and *B. cereus* 4b. The XRD analysis revealed that the obtained crystals were isomorphs of CaCO₃: calcite and vaterite. Analysis by AFM showed the beginning of precipitation of solid on the bacterial cell walls after 30 hours of the microbe growth in the selective medium. Treatment of concrete samples by bacterial suspensions led to full healing of artificial cracks during two weeks.

The authors acknowledge financial support from the State program "New technologies and applied studies" (agreement No. AAAA-A19-119091190086-1) and the Genome Research Center development program "Kurchatov Genome Center – PNPI" (agreement No. 075-15-2019-1663).

Поиск микроорганизмов для применения в процессах биовосстановления цементобетонных конструкций

Журишкина Е.В.^{1,2}, Головкина Д.А.^{1,2}, Баранчиков А.Е.³, Гарбай Ю.П.¹, Соколов А.Ю.¹, Цвигун Н.В.⁴,
Копица Г.П.¹, Кульминская А.А.^{1,2}

¹НИЦ «Курчатовский институт» – ПИЯФ, Гатчина, Россия; ²Курчатовский геномный центр – ПИЯФ, Гатчина, Россия;

³Институт общей и неорганической химии имени Н. С. Курнакова РАН, Москва, Россия; ⁴ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН, Москва, Россия

Аннотация. Проведен скрининг бактерий, способных восстанавливать повреждения в бетонных конструкциях. Исследованы кристаллы, образованные наиболее продуктивными штаммами.

Ключевые слова: скрининг, уреазная активность, карбонат кальция, биоминерализация

Во время эксплуатации цементобетонные конструкции подвергаются различным повреждениям, что приводит к ухудшению их качества и сокращению срока службы. В качестве альтернативы дорогостоящим ремонтным технологиям с применением неэкологических химических добавок перспективным направлением представляется разработка микробиологических систем, способных к заживлению трещин в цементобетоне.

Целью данной работы является поиск новых штаммов, способных сохранять жизнеспособность и восстанавливать повреждения в цементобетонных конструкциях.

Для скрининга были использованы бактериальные штаммы из лаборатории ОМРБ ПИЯФ и специально разработанная стратегия. Изменение бактериальной поверхности и образование осадков наблюдали с помощью атомно-силовой микроскопии (АСМ) и растровой электронной микроскопии (РЭМ). Полученные кристаллы были проанализированы методом рентгенофазового анализа (РФА). Способность отобранных бактерий заполнять микротрещины на образцах из цементно-песчаной смеси оценивали визуально.

В результате скрининга из 71 бактериального штамма были отобраны 2 наиболее эффективных: *Bacillus licheniformis* 8782 и *B. cereus* 4b. Методами РФА и РЭМ было показано, что полученные кристаллы являются изоморфами CaCO₃: кальцит и ватерит. Методом АСМ было обнаружено начало формирования твердых осадков на поверхности клеточных стенок бактерий после 30 часов их роста в селективной среде. Обработка образцов из цемента-песчаной смеси суспензиями выбранных бактерий привела к полному заполнению искусственных микротрещин в течение 2 недель.

Работа выполняется в рамках гос. задания по теме «Новые технологии и прикладные исследования» (рег. № AAAA-A19-119091190086-1) и при финансовой поддержке Курчатовского геномного центра — ПИЯФ (соглашение № 075-15-2019-1663).