

5 Цыганок, О. И. Деформирование дорожной одежды при разных температурах ее поверхности / О. И. Цыганок, И. Е. Кракова, А. О. Шимановский // Механика. Исследования и инновации. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Вып. 15. – С. 227–234.

6 Research on the high temperature performance of asphalt pavement based on field cores with different rutting development levels / N. Li [et al.] // Materials and Structures. – 2021. – Vol. 54. – P. 1–12.

УДК 691.3:624.011

## О ПРИМЕНЕНИИ БИОБЕТОНА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОНСТРУКЦИЙ

*Е. А. ЮДЕНКОВА, Т. В. ЯШИНА*

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель*

Поиск новых более долговечных и надежных материалов, модернизация инновационными элементами существующих композитов с целью придания им свойств самовосстановления в процессе эксплуатации – актуальные направления исследования в строительстве.

Одним из вариантов продления срока службы бетонных конструкций является применение биодобавок. Микротрещины, образующиеся в бетоне при его эксплуатации, приводящие к снижению несущей способности конструкций, могут быть «нейтрализованы» с помощью эффекта самозалечивания (путем применения биодобавок).

В составе биодобавок используются бактерии класса *Bacillus*, которые чаще всего встречаются в почве, в пресных и соленых водах, также на оперении птиц. Биодобавка представляет собой микрокапсулы из биоразлагаемого пластика (одни капсулы с бактериями, другие – с источником их питания лактатом кальция). Во время взаимодействия бактерий с лактатом кальция (кальциевой солью молочной кислоты  $2(C_3H_5O_3)Ca$ ) происходит реакция с образованием известняка, заполняющего и залечивающего трещины. Процесс твердения занимает около 7 дней. Результаты исследований показали, что микроорганизмы наиболее эффективно справляются с трещинами до 50 мкм [1, 2]. Также эти бактерии могут находиться в состоянии покоя до двух столетий [3]. Все это может значительно способствовать повышению долговечности и надежности ответственных несущих конструкций, эксплуатирующихся в неблагоприятной среде на объектах транспортной сферы. На рисунке 1 представлен процесс восстановления трещины.

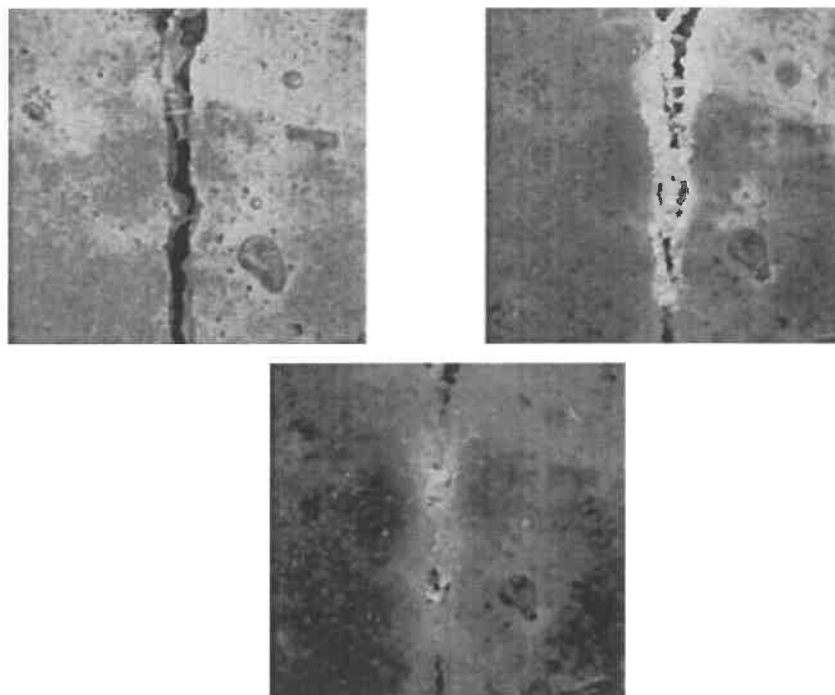


Рисунок 1 – Процесс восстановления трещины

Ученые внимательно изучили зависимость образования карбонатных соединений и пришли к выводу, что заполнение трещин продуктами жизнедеятельности бактерий происходит по всему объему образца бетона. Для трещин шириной раскрытия 0,05–0,3 мм коэффициент заполнения составил 70–100 %. Однако, несмотря на достаточно равномерное образование метаболитов по всему объему образца, полное заполнение в основном осуществлялось для трещин не более 0,3 мм. Подобная биогенная обработка бетонной смеси также помогла снизить водопроницаемость за счет производства бактериями слоя кальцита, заполняющего поры [8, с. 103].

В мировой практике еще мало применяется такой вид бетона в связи с большими затратами и сложной технологией производства. Для ответственных несущих конструкций, подвергающихся попеременному замораживанию – оттаиванию, конструкций транспортных мостовых сооружений перспектива применения есть. В почвах нашей страны множество бактерий (таких штаммов, как *B. amyloliquefaciens* 1, *B. amyloliquefaciens* 59, *B. mojavensis* 61, *B. subtilis* 21c, *B. subtilis* 4), которые пригодны к применению в качестве биодобавки [1, 5]. По данным исследователей [1], несмотря на увеличение стоимости биокомпозита, показаны, наряду с увеличением прочности на сжатие и растяжение, водонепроницаемости, увеличение в 2 раза срока службы и получение экономического эффекта. Исследования биобетона находятся в стадии разработки, и в будущем рассматривается применение в качестве добавки живых существ плесени [6], так как грибы плесени способны выживать даже после полного уничтожения колоний и способны найти питательные вещества в самых неблагоприятных условиях. Однако плесневые грибы являются одним из самых агрессивных биодеструкторов строительных материалов. На их долю приходится более 40 % всего биоразложения в строительной отрасли [7]. В будущем предстоит исследование по поиску плесневых грибов способных залечивать структуру бетона, а не усугублять его разрушение. Также предстоит исследование по оптимизации и удешевлению технологии производства биодобавок. Продление долговечности и повышение надежности бетонных конструкций в транспортном строительстве за счет скрытых возможностей биобетона по залечиванию микротрещин в процессе эксплуатации и повышение прочности и надежности за счет длительно действующих биодобавок являются перспективным направлением в дальнейших исследованиях на стыке биологической и строительной наук.

#### Список литературы

- 1 Жукова, Г. Г. Исследования применения самовосстанавливающегося бетона / Г. Г. Жукова, А. И. Сайфулина // *Construction and Geotechnics*. – Т. 11, № 4 (2020). – 58–68.
- 2 Голландский микробиолог разработал самовосстанавливающийся бетон: [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://geektimes.ru/post/250502/>. – Дата доступа : 19.08.2024.
- 3 Корнюхин, А. В. Применение в строительстве самозалечивающегося эластичного бетона / А. В. Корнюхин, В. В. Васюкова // *Дневники науки*. – 2019. – № 11.
- 4 Колчина, Т. О. Биобетон – новое поколение самовосстанавливающихся бетонов / Т. О. Колчина // *Безопасный и комфортный город : Всерос. науч.-практ. конф.* – Орел, 2018. – С. 102–105.
- 5 Белявцева, К. В. Характеристика бактерий рода *Bacillus* – перспективных агентов биологического контроля патогенов растений / К. В. Белявцева, Е. Ю. Шмыга, А. В. Сидоренко // *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты : материалы XI Междунар. науч. конф.* – 2019. – 14–15 с.
- 6 Кодзоев, Б. Х. Самовосстанавливающийся бетон / Б. Х. Кодзоев, С. Л. Исаченко // *Бюллетень науки и практики*. – 2018. – Т. 4, № 4. – 287–290 с.
- 7 Головина, Е. А. Биодеструкция эпоксидных композитов в строительстве / Е. А. Головина, А. Э. Фишер // *Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности : материалы XVI Всерос. науч.-практ. конф. студ., аспирантов и молодых ученых с междунар. участием, Бийск, 24–26 мая 2023 года.* – Бийск : АлтГУ, 2023. – С. 151–153.
- 8 Исследование бактериальных форм на функциональную активность в составе добавки к биобетону / Е. П. Строев [и др.] // *Успехи в химии и химической технологии*. – 2022. – Т. 36, № 12. – С. 164–166.

УДК 622.3:001.895

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ИННОВАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С. А. ЮЛДАШЕВА, М. Н. КУРБАНОВА

*Ташкентский государственный транспортный университет, Республика Узбекистан*

Горнодобывающая промышленность считается очень важным сектором в обеспечении эффективности использования ресурсов. Более того, на сегодня исследования и практика энергоэффективных и возобновляемых источников энергии привлекают все страны и развитые предприятия. Хотя и существуют методы оценки инновационной активности, в случае предприятий горно-