

гидробионт». Среди прибрежно-водной растительности исследовались: растения, погруженные в воду; плавающими на поверхности воды; у которых одна часть побегов находится в воде, другая – возвышается над водой.

Среди пресноводных гидробионтов: катушку роговую и прудовика обыкновенного.

Экспериментальные данные подтвердили миграцию ионов тяжелых металлов [3]: содержание ионов меди в исследуемых районах в почве прибрежной зоны водоемов не превышает значения ПДК; содержание ионов железа во всех исследуемых районах превышает значение ПДК кроме р. Зап. Двина (Полоцкий р-н); содержание ионов цинка в исследуемых районах в почве прибрежной зоны водоемов превышает значения ПДК.

#### Список использованных источников

1. Балаева-Тихомирова, О. М. Действие солей тяжелых металлов на углеводный обмен тканей пресноводных легочных моллюсков / О. М. Балаева-Тихомирова, Т. А. Толкачева, Е. И. Кацнельсон // Вестник Мозырского государственного педагогического университета им. И. П. Шамякина. – 2018. – № 1 (51). – С. 12–17,

2. Балаева-Тихомирова, О. М. Корреляционные зависимости физико-химических характеристик воды и почв прибрежной зоны природных водоемов Витебской области / О. М. Балаева-Тихомирова, Е. И. Кацнельсон, Т. В. Сидорова // Веснік Мазырскага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта. – 2021. – № 2 (58). – С. 3–7,

3. Шорец, М. А. Содержание ионов тяжелых металлов в почвах прибрежной зоны водоемов Витебской области при различной антропогенной нагрузке / Е. В. Ильющенко, М. А. Шорец // Экологическая культура и охрана окружающей среды: II Дорофеевские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конференции, Витебск, 29–30 ноября 2016 г. – Витебск : ВГУ имени П. М. Машерова, 2016. – С. 40–41. – Библиогр.: с. 41(2 назв.),

4. Characteristic of the composition of natural waters and soils of coastal areas, as among the habitat of freshwater pulmonary molluscs water / O. Balaeva-Tikhomirova, E. Katsnelson, M. Shorets, E. Ilyushchenko // United-journal. – 2017. – № 4 – С. 142–148.

**УДК 625.84**

### МЕТОД ПРОНИКАЮЩЕЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ МЕХАНИЗМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО БЕТОНА

*Ван Минюань, Тан Дунян, Бондаренко С. Н., Руднов В. С.*

*Белорусский национальный технический университет*

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России*

*Б. Н. Ельцина*

*e-mail: tangdy8@gmail.com*

*Summary. In this paper, the mechanism of self-healing of concrete cracks by permeation crystallization method is briefly expounded, and a reaction mechanism of cyclic complexation crystallization/crack self-healing reaction is proposed, and the repair effect of permeable crystalline composites on concrete cracks is further studied, and the self-healing mechanism of permeable crystalline self-healing concrete materials is discussed. Finally, it is pointed out that there is*

*still a need for further research on the concrete repair by permeation crystallization method.*

Бетон является микроскопическим пористым хрупким материалом, и в процессе реакции гидратации между цементом и водой для формирования прочности неизбежно возникнут первоначальные дефекты, такие как внутренние поры и микрозазоры в цементе и его переходной зоне на границе раздела с заполнителем. При нормальных условиях работы на бетонный компонент влияют такие факторы, как нагрузка или изменения температуры и влажности окружающей среды, и вдоль внутренних начальных дефектов будут образовываться микротрещины, а если внутренние микротрещины проникнут в трещины на поверхности детали, это повлияет на производительность бетонного компонента. Поэтому исследователи постоянно изучали контроль трещин в бетоне и выдвинули направление исследований самовосстановления трещин в бетоне.

## 2. Механизм действия проникаемого кристаллического трещино-закрепляющего бетона

Активное вещество (представленное S) в проникаемом кристаллическом материале, независимо разработанном в этой статье, может химически реагировать со свободным  $\text{Ca}^{2+}$  в бетоне, под совместным действием концентрации и разности давлений активное вещество проникает во внутренние поры бетона с водой в качестве носителя и реагирует со свободными ионами в бетоне с образованием нерастворимой в воде кристаллической четверки, кристаллизация распространяется с водой в порах бетона, сталкивается с высокой активностью и негидратированным цементом, коллоидом цемента и т. д., активное химическое вещество будет более стабильным  $\text{SiO}_3^{2-}$ , происходят  $\text{AlO}_3^-$  и другие замещения, реакции кристаллизации, комплексообразования и осаждения, образующие более стабильный кристаллический состав, заполняющие трещины и капиллярные поры в бетоне, и активное вещество снова становится свободным радикалом, и продолжает мигрировать с водой внутри бетона, вышеуказанный процесс постоянно циркулирует, а кристаллическое тело от разреженного до плотного в порах бетонной конструкции, что значительно улучшает сжимающую способность конструкции в целом. Процесс его действия можно показать на рис 1.

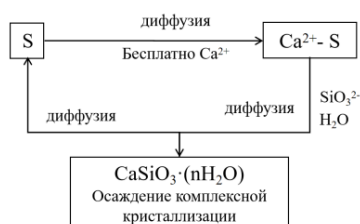


Рисунок 1 – Принципиальная схема механизма реакции самовосстановления

Предложена возможность самовосстановления проницаемых кристаллических трещин, что повышает срок службы всего бетона на основе химической реакции, что не только продлевает срок службы, но и повышает прочность и компактность матричного бетона. Когда бетон высыхает, действующее вещество находится в состоянии покоя из-за отсутствия диффузионной среды; когда бетон трескается и вода просачивается, вещество реактивируется и продолжает катализировать новую реакцию кристаллизации, чтобы реализовать возможность самовосстановления трещин в бетоне.

#### Список использованных источников

1. Carolyn Dry.Composite Structures[J].1996,35(3):263-269.
2. TAHERI M N,SABET S A,KOLANCHI R.Experimental investigation of self-healing concrete aftercrack using nano-capsules including polymeric shelland nanoparticles core[J]. Smart structures and systems, 2020, 25(3):337-343.
3. STRYSZEWSKA T, DUDEK M.Microstructure of autonomous self-healing concrete[J]. Web of conferences, 2020, 322(6):01022.
4. RIADIM, ELSHAMI A A,ELSHIKH M M Y.Influence of concentration and proportion prepared bacteria onproperties of self-healing concrete in sulfate environment[J]. Innovative infrastructure solutions, 2022, 07

**УДК 691**

### **STUDY ON THE DEVELOPMENT OF NATURAL NON-METALLIC FIBERS WITH NANOFIBERS AND STEEL FIBERS IN CONCRETE**

*Ван Сяньпэн, Юй Хаосюань, Леонович С. Н.*

*Белорусский национальный технический университет  
e-mail: wxpxueshuphd@163.com, yuhaoxuan2001@gmail.com,  
sleonovich@mail.ru*

**Summary.** *In recent years the application of fiber in concrete is more and more extensive, this paper for, plant fiber, nano-fiber, steel fiber to make a relevant comparison of the classification, and discusses the fiber in the concrete in the relevant problems, I hope to provide readers with relevant reference around.*

Fiber concrete, is a composite material consisting of a cement paste, mortar, or concrete as the matrix and metallic fibers, inorganic nonmetallic fibers, synthetic fibers, or natural organic fibers as the reinforcing material. Concrete with one type of fiber is called single-fiber concrete, and concrete with two or more kinds of fibers in the matrix or the same fiber in different scales or different shapes of types of fibers is called mixed-fiber concrete.

Cement and concrete products are high-strength, low-cost materials used in large quantities in construction and civil engineering. However, conventional cement concrete has defects and deficiencies in performance, such as: low tensile strength, when subjected to tensile stress, it is very easy to produce brittle damage