

УДК 616.071.8

## АНАЛИЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ БИОЛОГИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ РАЗЛИЧНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТИ НА БЕТОН

Т.В.Чеснокова, С.А.Логинова, В.А.Киселев

*Ивановский государственный политехнический университет*

Рассмотрено влияние биологической коррозии различной длительности на бетон, с помощью исследования водопоглощения образцов бетона, по массе и рН водной вытяжки. Из трех исследованных видов биологической коррозии, наиболее активными оказались: грибковая и бактериальная. В результате исследований установлено, что причиной разрушения исследуемых образцов бетона явилось воздействие органических кислот, выделяемых в процессе жизнедеятельности грибов и бактерий, а также последующее механическое воздействие микроорганизмов, приводящее к увеличению пористости материала и потере его прочности. Механизмы бактериальной и грибковой коррозии бетона, подтвержденные в ходе эксперимента, позволяют предположить, что наиболее эффективными методами антикоррозионной защиты будут: обработка поверхности материала, и получение бетонов с пониженной пористостью, с последующим соблюдением условий их эксплуатации.

**Ключевые слова:** биологическая коррозия, бетон, защита от коррозии.

В настоящее время установлено, что более половины разрушений конструкций и материалов связаны с биологической коррозией [1]. Таким образом, биологическая коррозия строительных материалов и конструкций наносит выраженный экономический ущерб. В связи с этим, трудно переоценить значение исследований, которые позволят не только понять механизмы биокоррозии материалов и конструкций, но и предотвратить ее. Поэтому, цель представленного исследования – анализ влияния биологической коррозии различной длительности на бетон. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- в ходе эксперимента необходимо было выявить характер изменений образцов бетона, вызванных различными видами длительной и кратковременной биокоррозии, а именно, водорослевой, грибковой, бактериальной;

- в свою очередь, выявляя характер и механизмы коррозионных изменений образцов бетона, можно предложить наиболее эффективные способы защиты бетона от биологической коррозии.

Оценка воздействия различных видов биологической коррозии на бетон

производилась, с помощью исследования водопоглощения образцов бетона по массе (согласно ГОСТ 12730.3-78) и рН водной вытяжки [ 2 ].

Изучались изменения водопоглощения и рН водной вытяжки контрольных (неповрежденных) образцов и серий образцов бетона с водорослевой, грибковой и бактериальной коррозией при сроке эксплуатации не менее десяти лет. Образцы бетона подвергались микробиологическому анализу для выявления представителей микрофлоры. С исследуемых образцов бетона брались соскобы, рассматривались под микроскопом и высевались на питательную среду. Идентификация микроорганизмов проводилась на основании их морфолого-культуральных особенностей, используя определители и практикумы [ 3,4 ].

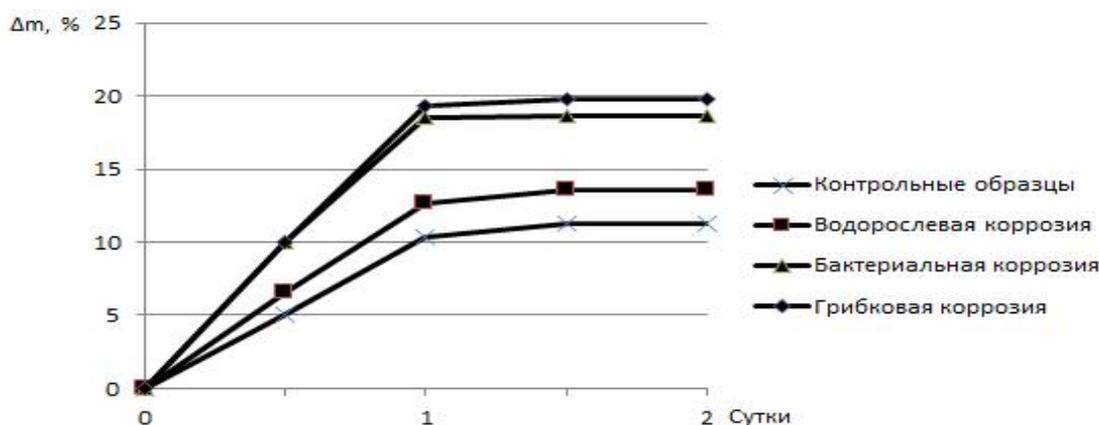
В ходе эксперимента выяснилось, что наибольшему разрушению подвергались образцы бетона при воздействии бактериальной и грибковой коррозии. Поэтому, для выявления влияния этого вида биокоррозии была предпринята попытка изучить изменения бетона на начальных стадиях процесса бактериальной и грибковой коррозии. Для решения этой

задачи, на предварительно вымоченные в воде в течение 40 суток бетонные образцы, были посеяны культуры бактерий р. *Vacillus* и грибов р. *Aspergillus*. После 120 суток (4 месяцев) взаимодействия сообщества бактерий и грибов с бетонными образцами были исследованы: водопоглощение по массе и рН водной вытяжки. Каждая серия образцов бетона оценивалась визуально. Контрольные образцы и образцы, полученные при кратковременном воздействии микроорганизмов, испытывались на прессе на сжатие. Полученные результаты исследования подвергались статистической обработке с помощью критерия Стьюдента и корреляционного анализа [5].

Результаты исследований выявили, что возбудителями бактериальной коррозии, при длительной эксплуатации бетона, явились представители рода *Vacillus*. Грибковую коррозию вызывали грибы родов *Penicillium*, *Aspergillus*. На образцах бетона были обнаружены водоросли

– представители родов *Gloeocapsa*, *Chlorella*, *Chlorococcum*. В ходе экспериментов установлено, что бактериальная и грибковая коррозия приводят к значительному увеличению водопоглощения по массе образцов бетона, по сравнению с контролем.

Характер кривой скорости водопоглощения бетонных образцов (из серии длительной биокоррозии) по массе значительно отличался от контрольной серии, под влиянием грибковой и бактериальной коррозии. Образцы, подвергавшиеся бактериальной и грибковой коррозии, насыщались водой уже на первые сутки выдержки. Контрольные образцы и образцы, подвергавшиеся водорослевой коррозии, достигали постоянной массы лишь на вторые сутки выдерживания в воде. Образцы, подвергавшиеся водорослевой коррозии, практически не отличались от контроля водопоглощением, и характер кривой был близок к таковой, у контрольных образцов (рис. 1)



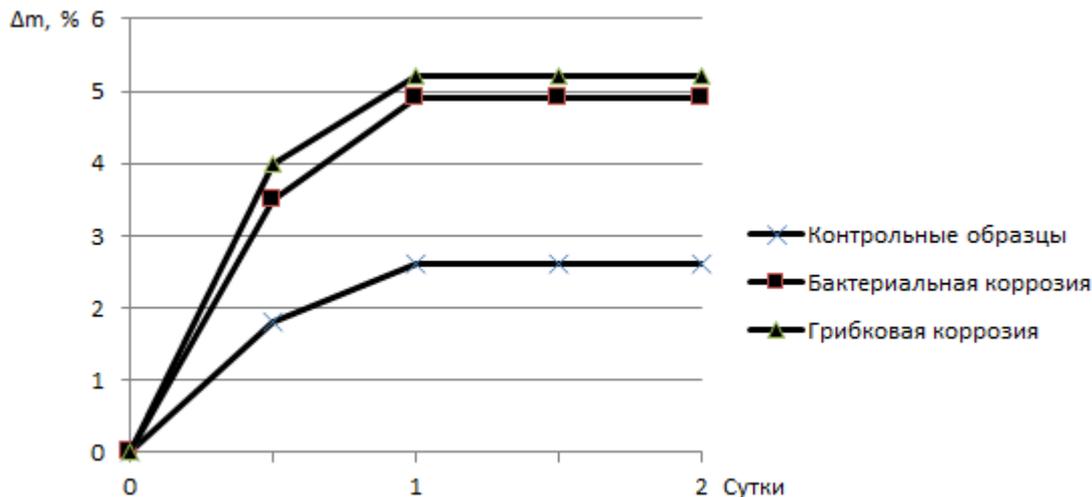
**Рис. 1. Изменение скорости водопоглощения по массе образцов при длительной биокоррозии.**

Описанные выше изменения характера водопоглощения бетонных образцов по массе, могут быть причиной различной пористости образцов. Плотность образцов с грибковой и бактериальной коррозией, полученная в ходе экспериментов, была снижена по сравнению с контрольными образцами и образцами с водорослевой коррозией. В хо-

де расчетов выявлена достоверная корреляционная связь снижения плотности образцов с увеличением их водопоглощения у бетона под воздействием длительной грибковой и бактериальной коррозии. Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что наибольшим разрушающим действием обладают бактериальная и грибковая коррозия. Следо-

вательно, для эффективной защиты именно от бактериальной и грибковой коррозии следует снизить пористость ма-

териала и предотвратить возможность проникновения возбудителей биокоррозии в поры.



**Рис 2. Изменение скорости водопоглощения по массе образцов при кратковременной биокоррозии**

Как было сказано выше, из трех исследуемых видов биокоррозии, самыми активными оказались микробная и грибковая. Поэтому, была поставлена серия опытов, позволяющая изучить влияние на бетон начальных стадий биокоррозии, с участием бактерий и грибов.

В результате проведенных исследований установлено, что контакт бетонных образцов с бактериями и грибами в течение 120 дней приводил к достоверному повышению водопоглощения (рис.2) и pH водной вытяжки по сравнению с контролем ( $pH_{\text{контр}}=8,6$  и  $pH_{\text{опыт}}=9,5$ ).

Последняя тенденция может быть следствием ускорения процесса выщелачивания бетона, под воздействием продуктов жизнедеятельности бактерий и грибов [6]. Увеличение водопоглощения этих образцов так же указывает на активное воздействие микроорганизмов на бетон. Следовательно, первоначальное воздействие бактериального и грибкового сообщества, в течение четырех месяцев,

приводило к увеличению пористости бетона, снижению его плотности и прочности. Это явление отразилось в снижении прочности исследуемых бетонных образцов более чем в 2 раза, на прессе на сжатие.

Возможная причина большей коррозионной активности бактерий и грибов, по сравнению с водорослевой, – это выделяющиеся продукты их жизнедеятельности, в основном, органические кислоты. Подтверждением этого предположения является уменьшение pH водной вытяжки бетонных образцов при длительной бактериальной и грибковой коррозии ( $pH_{\text{контр}}=8,6$ ;  $pH_{\text{гриб}}=7,5$ ;  $pH_{\text{бакт}}=7,8$ ;  $pH_{\text{водор}}=8,2$ ). Значит, для увеличения устойчивости бетона к кислой среде, следует производить обработку поверхности материала кислотоустойчивыми составами и соблюдать условия эксплуатации.

Таким образом, на основе полученных данных, можно сделать следующие выводы:

1. Из трех исследованных видов биологической коррозии, наиболее активными оказались грибковая и бактериальная.

2. Причиной разрушения исследуемых образцов бетона явилась коррозия под воздействием органических кислот, выделяемых в процессе жизнедеятельности грибов и бактерий, а также последующее механическое воздействие микроорганизмов, приводящее к увеличению пористости материала и потере его прочности.

3. Механизмы бактериальной и грибковой коррозий бетона, подтвержденные в ходе эксперимента, позволяют предположить, что наиболее эффективными методами антикоррозионной защиты будут: обработка поверхности материала и получение бетонов с пониженной пористостью, с последующим соблюдением условий их эксплуатации.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Морозов Е.А. Микроорганизмы - разрушители материалов и изделий // Известия вузов. Строительство. 2001. №8. С. 4 - 12.

2. Боме Н.А., Рябикова В.Л. Почвоведение (краткий курс и лабораторный практикум). Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2012. 216 с.

3. Нетрусов А.И., Угорова М.А., Захарчук Л.М. и др. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с

4. Анисимова О.В., Гололобова М.А. Краткий определитель родов водорослей Московской области. М.: Высшая школа, 2006. 159 с.

5. Лакин Г.Ф. Биометрия .М.: Высшая школа, 1990. 350 с.

6. Соломатов В.И., Ерофеев В.Т., Морозов Е.А. Моделирование биодеградации и биосопrotivления строительных материалов // Известия вузов. Строительство. 2001. №9. С. 36 -44.

*Рукопись поступила в редакцию 04.04.2018*

#### ANALYSIS OF THE IMPACT OF BIOLOGICAL CORROSION OF DIFFERENT DURATION ON CONCRETE

*T.Chesnokova, S.A.Loginova, V.A. Kiselev*

Impact of biological corrosion of various duration on concrete by means of research of water absorption of samples of concrete on weight and the pH a the pH of aqueous extract is considered. From three investigated kinds of biological corrosion the most active had appeared: fungal and bacterial. As a result of researches it is established, that a source of rupture of investigated samples of concrete was influence of the organic acids, allocated in the course of ability to live of fungi and bacteria, and also the subsequent mechanical influence of microorganisms, leading to increase of porosity of a material and loss of its durability. Mechanisms of bacterial and fungal corrosion of concrete, confirmed during experiment, allow to assume, that the most effective methods of anticorrosive protection will be: processing of a surface of a material and reception of concretes with the lowered porosity with the subsequent observance of conditions of their operation.

Key words: biological corrosion, concrete, protection against corrosion

#### References

1. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Morozov E.A. Mikroorganizmy - razrushiteli materialov i izdelij . Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2001. №8. S. 4 – 12.

2. Bome N.A., Ryabikova V.L. Pochvovedenie (kratkij kurs i laboratornyj praktikum). Tyumen': Izdatel'stvo Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta, 2012. 216 s.

3. Netrusov A.I., Ugorova M.A., Zaharchuk L.M. i dr. Praktikum po mikrobiologii. M.: Akademiya, 2005. 608s

4. Anisimova O.V., Gololobova M.A. Kratkij opredelitel' rodov vodoroslej Moskovskoj oblasti. M.: Vysshaya shkola, 2006. 159 s.

5. Lakin G.F. Biometriya .M.: Vysshaya shkola, 1990. 350 s.

6. Solomatov V.I., Erofeev V.T., Morozov E.A. Modelirovanie biodegradacii i biosoprotivleniya stroitel'nyh materialov / V.I. Solomatov, V.T. Erofeev, E.A. Morozov. Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo. 2001. №9. S. 36 - 44.