

УДК 678.643.425.033:620.193.8

Строганов В.Ф. – доктор химических наук, профессор

E-mail: svf08@mail.ru

Куколева Д.А. – ассистент

E-mail: daria-zd@rambler.ru

Закриев Р.Б. – аспирант

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Промышленный метод испытания минеральных строительных материалов на биостойкость

Аннотация

Рассмотрена возможность испытания строительных материалов на биостойкость в очистных сооружениях. Разработано и апробировано устройство для закрепления образцов при проведении испытаний минеральных строительных материалов на биостойкость.

Ключевые слова: биоразрушение, аэротенк, цементно-песчаный раствор.

Введение

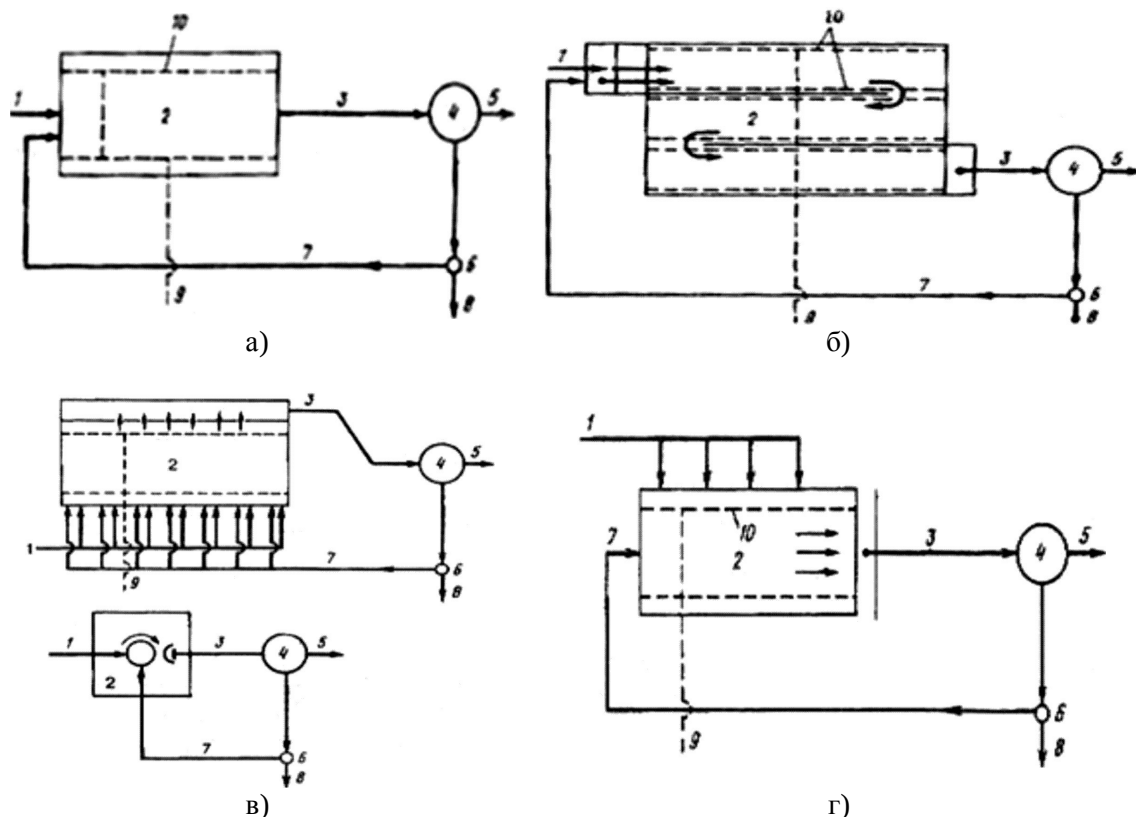
Работа посвящена актуальной теме – биоповреждению строительных материалов. Под биологическими повреждениями подразумеваются такие эколого-технологические ситуации, когда живые организмы своей деятельностью и присутствием вызывают изменения структурных и функциональных характеристик строительных объектов. Очищая днища кораблей, пропитывая маслами сваи для мостов, древние люди, вероятно, не думали, что стоят у истоков большой проблемы, которую позже назовут «Защита от биоповреждений». Сейчас ее относят к числу наиболее важных проблем в строительной экологии и экологии человека. Это обуславливает ее актуальность и необходимость изучения.

Ранее отмечалась необходимость [1] поиска альтернативных способов испытания строительных материалов на биостойкость. Одним из путей решения этой проблемы является использование очистных сооружений для биологической очистки сточных вод (аэротенков) в качестве испытательного полигона. Это обусловлено тем, что в аэротенках создаются условия, оптимальные для роста и развития микроорганизмов. Микробиальная масса в аэротенке пребывает во взвешенном состоянии в виде отдельных хлопьев, представляющих собой зоогельные скопления микроорганизмов, простейших и более высокоорганизованных представителей фауны (коловратки, черви, личинки насекомых), а также водных грибов и дрожжей. Этот биоценоз микроорганизмов, развивающихся в аэробных условиях на органических загрязнениях, содержащихся в сточной воде, получил название активного ила. Доминирующая роль в нем принадлежит различным группам бактерий, одноклеточным подвижным микроорганизмам с достаточно прочной внешней мембраной, способным не только извлекать из воды и разлагать растворенные и взвешенные в ней органические вещества, но и самоорганизовываться в колонии – хлопья. Роль других микроорганизмов и простейших, содержащихся в активном иле, заключается в поддержании определенного равновесия видового и количественного состава ила, хорошо приспособленного к тем или иным условиям, существующим в аэротенке.

Вышесказанное свидетельствует о правомерности и целесообразности использования аэротенков в качестве полигона, что ранее и проверялось при исследовании свойств и структуры сетчатых полимерных материалов [2].

С целью выбора наиболее приемлемой конструкции рассмотрены основные технологические схемы биологической очистки сточных вод в аэротенках. Классическая схема очистки сточных вод в аэротенке (рис. 1 а) заключается в следующем: активный ил подается сосредоточенно на вход 1 в аэротенк 2, куда подается и подлежащая биологической очистке сточная вода после первичного отстаивания. В результате смешения воды и активного ила образуется иловая смесь, в процессе движения которой к выходу из аэротенка обеспечивается необходимая для протекания биохимических процессов длительность контакта активного ила с загрязнениями. Иловая смесь 3 из аэротенка поступает во вторичный отстойник 4, где

происходит осаждение активного ила, и очищенная вода 5 подается на доочистку и обеззараживание, а активный ил поступает в иловую камеру 6. Откуда циркуляционный активный ил 7 поступает обратно в аэротенк, а избыточный активный ил 8 насосной станцией сырого осадка перекачивается в цех механического обезвоживания.



1 – сточная вода после первичных отстойников, 2 – аэротенк, 3 – иловая смесь из аэротенков, 4 – вторичный отстойник, 5 – очищенная вода, 6 – иловая камера, 7, 8 – циркуляционный и избыточный активный ил; 9 – воздух от воздухоподувок; 10 – аэрационная система для распределения воздуха в аэротенке

Рис. 1. Принципиальные схемы биологической очистки сточных вод: а) классическая схема; б) аэротенк-вытеснитель; в) аэротенк-смеситель; г) аэротенк с рассредоточенным вводом воды.

Как показано (рис. 1), существуют аэротенки следующих типов: вытеснители, смесители и с рассредоточенным вводом.

Аэротенки-вытеснители (рис. 1 б) названы так в связи с гидравлическим режимом движения иловой смеси вдоль сооружения, где более ранняя порция смеси вытесняется вновь поступившей. В этих аэротенках [3] нагрузка загрязнений на активный ил с максимальной у входа в аэротенк постепенно снижается практически до нулевого ее значения на выходе аэротенка.

Аэротенки-смесители (рис. 1 в) обеспечивают относительное постоянство условий, в которых находится активный ил [4]. Каждая поступающая в аэротенк порция сточной жидкости должна быть равномерно распределена как можно в большем объеме аэротенка. Преимущество этих сооружений заключается в возможности сглаживания залповых нагрузок на активный ил.

Аэротенки с рассредоточенной подачей воды (рис. 1 г) сочетают в себе преимущества аэротенка-вытеснителя, обеспечивающего высокое качество очистки и аэротенка-смесителя, позволяющего усреднить нагрузку на активный ил вдоль сооружения и практически снять залповые перегрузки активного ила [5]. По этой схеме активный ил подается сосредоточенно в торец головной части аэротенка, а сточная вода вводится рассредоточено в нескольких точках вдоль продольной стены аэротенка с выпуском иловой смеси в конце аэротенка.

Цель данной работы, – изучение возможности проведения исследований и разработка устройства для испытания строительных материалов на биостойкость в промышленных условиях биологических очистных сооружений.

Методы испытаний

Объектами исследования являются образцы цементно-песчаного раствора с водноцементным соотношением 0,6 кубической формы размерами (20х20х20 мм).

В качестве полигона испытания материалов на биостойкость выбран аэротенк-вытеснитель, так как в условиях данного сооружения можно одновременно испытывать образцы в различных условиях (с различной нагрузкой на активный ил). Испытания проводились на базе очистных сооружений города Зеленодольска. На данной очистной станции запроектировано 4 секции трехкоридорных аэротенков – вытеснителей с 33 % рециркуляцией активного ила (1 коридор аэротенка отведен под регенератор). Ширина коридора 6 м, длина – 72 м.

Испытания проводились следующим способом: образцы исследуемых материалов загружались в устройство для крепления материалов за пределами аэротенков, а затем помещались в водоочистное сооружение и экспонировались в нем в течение 28 суток.

Для сопоставления процессов биоповреждения в модельных средах и естественных условиях проведены эксперименты по экспозиции образцов в среде, представляющей собой смесь сульфокисляющих бактерий и активного ила (взятого с очистных сооружений «Казанского завода органического синтеза») в течение 28 суток (эти испытания проведены совместно с КНИТУ (КХТИ), кафедрой промышленной биотехнологии).

Контроль массы осуществлялся на аналитических весах марки ВЛР–400. Испытания образцов на сжатие осуществлялись согласно ГОСТ 10.180-90.

Обсуждение результатов

Испытание полимерных эпоксидных сетчатых материалов в аэротенках [2] показало эффективность, надежность и простоту этого метода, что послужило основанием для развития этого подхода при разработке промышленного метода испытания минеральных строительных материалов на биостойкость.

Нами разработан метод испытания, который заключается в следующем: в водоочистное сооружение погружаются образцы исследуемых материалов, в специальном крепежном устройстве, и выдерживаются в течение 28 суток.

Следует обратить внимание на отсутствие надлежащих технических устройств для проведения подобных испытаний, например в работе [7] бетонные образцы испытывались в градирнях. Для экспозиции образцов испытываемых строительных материалов для крепежа использовалось следующее приспособление: к металлическому тросу крепились металлические крюки, и через них, как через блок, перекидывалась веревка, на концах которой крепились образцы.

Недостатком данного способа крепления образцов при испытаниях в водоочистных сооружениях является то, что при погружении описанной конструкции в сооружение под действием водной среды, воздушных потоков образцы будут соприкасаться друг с другом и с металлическим тросом, что приведет к их механическому разрушению.

С целью устранения вышеуказанных недостатков нами разработано устройство, которое выполнено в виде полимерной сети, снабженной накладными карманами, выполненными из того же материала. Данное устройство с помощью тросов и карабинов закрепляется на ограждении очистного сооружения (рис. 2).

В водоочистном сооружении 1 закрепляется устройство для крепления образцов испытания материалов, выполненное в виде полимерной сети 2 с накладными карманами 3, выполненными из того же материала, посредством тросов 4 и карабинов 5, закрепленных на ограждающих конструкциях 6 водоочистных сооружений 1.

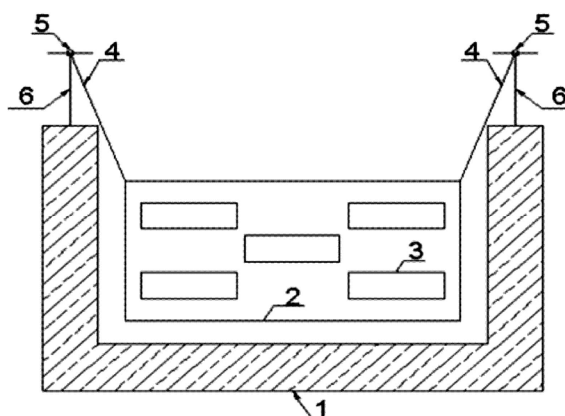
Размеры сети выбирают в зависимости от размеров водоочистных сооружений таким образом, чтобы обеспечивалось расстояние от края сети до стенок и дна водоочистных сооружений.

Размеры накладных карманов обусловлены размерами образцов строительных материалов, их подбирают таким образом, чтобы в них можно было без усилий

поместить образец стандартных размеров, но в то же время необходимо, чтобы карман надежно фиксировал образец к основной сети, последнее обусловлено необходимостью обеспечения уменьшения трения образца о сетку в ходе погружения образцов и их испытания. Карманы располагают на расстоянии 4-10 см друг от друга, что исключает вероятность контакта образцов между собой в процессе экспозиции.

Размер ячеек сети обусловлен размером образцов и выбирается таким образом, чтобы площадь контакта сети и образца была минимальна, но в то же время размер ячейки не должен превышать размера образца.

Образцы загружают в карманы за пределами водоочистного сооружения, затем сеть с помощью тросов и карабинов крепят к ограждениям и погружают в водоочистное сооружение таким образом, чтобы уровень водной среды был на 20-30 сантиметров выше верхней грани сети, и экспонируют в течение 28 суток. Через каждые семь суток образцы извлекались из аэротенка и взвешивались.



1 – аэротенк, 2 – полимерная сеть, 3 – накладные карманы, 4 – тросы, 5 – карабины, 6 – ограждения очистных сооружений

Рис. 2. Схема закрепления образцов в аэротенке

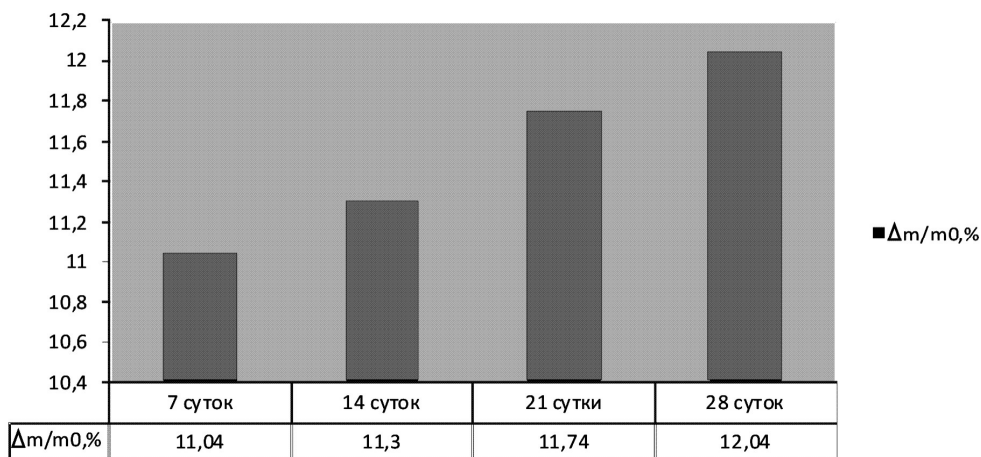


Рис. 3 Динамика изменения массосодержания образцов $\Delta m/m_0$

Результаты испытаний по динамике изменения массосодержания образцов (рис. 3) показали, что их масса увеличивается на протяжении всего периода экспозиции. На первом этапе (первые 7 суток) это связано с водонасыщением образцов, а на последующих этапах (14, 21 и 28 суток) изменение массы, может быть, связано также и с поселением микроорганизмов на образцах. Однако масса образцов после извлечения их из аэротенка и высушивания до постоянной массы снизилась в среднем на 1,2 %, что можно объяснить частичным вымыванием наполнителя-песка из материала.

Таблица 1

Изменение кубиковой прочности на сжатие ($\Delta R_{сж} / R_{сж0}$, %) образцов цементно-песчаного раствора при испытании в аэротенке

Время экспозиции	$R_{сж}$, МПа						Среднее значение*
	1	2	3	4	5	6	
0 суток	15,84	17,01	16,59	15,84	16,03	16,53	$\frac{16,31}{0}$
28 суток	10,41	13,34	12,50	10,00	10,42	12,50	$\frac{11,53}{29,4}$

*Примечание: числитель – $R_{сж}$, МПа; знаменатель – $\Delta R_{сж} / R_{сж0}$, %

Испытания образцов на прочность после экспозиции показали (табл. 1), что за 28 суток прочность образцов на сжатие снижается в среднем на 29,4 %. Следует отметить, что результаты, полученные при испытании образцов в аэротенке, коррелируют с результатами, полученными при испытании образцов в среде с микроорганизмами (табл. 2).

Таблица 2

Кубиковая прочность на сжатие ($R_{сж}$, МПа) образцов цементно-песчаного раствора при контакте образцов с микроорганизмами (совместно с КНИТУ (КХТИ))

№ образца	$R_{сж}$, МПа	
	0 суток	28 суток
1	16,59	12,5
2	17,01	12,09
3	15,84	10,02
Среднее значение:	16,31	11,53

Таким образом, установлено, что для испытания строительных материалов на биостойкость наиболее (из рассмотренных типов) подходит аэротенк-вытеснитель из-за изменяющейся нагрузки на активный ил на протяжении всего аэротенка. Сравнение результатов промышленного метода (испытание в аэротенках) и лабораторного (воздействие метаболитов на материал) показало идентичность результатов по воздействию активного ила и микроорганизмов на строительные материалы, что подтверждает правомерность и эффективность предлагаемого метода промышленных испытаний строительных материалов.

Список литературы

1. Строганов В.Ф., Куколева Д.А. Методика испытания минеральных строительных материалов на биостойкость. // Известия КГАСУ, 2011, № 3 (17). – С. 150-156.
2. Строганов В.Ф., Михальчук В.М., Бичурина Н.А. Влияние воды и водного раствора щавелевой кислоты на свойства эпоксидных композиций // Пластические массы, 1987, № 10. – С. 16 -18.
3. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.
4. Яковлев С.В., Скирдов И.В., Швецов В.Н., Бондарев А.А., Андрианов Ю.Н. Биологическая очистка производственных сточных вод. Процессы, аппараты и сооружения / Под редакцией чл.-корр. АН СССР, доктора техн. наук, профессора С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с.
5. Ласков Ю.М., Воронов Ю.В., Калицун В.И. Примеры расчета канализационных сооружений. – М.: Стройиздат, 1987. – 255 с.
6. Справочник проектировщика. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. / Под ред. В.Н. Самохина. 2-е изд., переработанное и дополненное – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
7. Жеребятёва Т.В. Автореф. дисс. на соиск. степени к.т.н. – Волгоград, ВолГАСУ: 2010. – 24 с.

Stroganov V.F. – doctor of chemical science, professor

E-mail: svf08@mail.ru

Kukoleva D.A. – assistant

E-mail: daria-zd@rambler.ru

Zakiev R.B. – post-graduate student

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Method of test building materials on biodeterioration

Resume

This study is devoted to the actual problem of biodamage building materials. This problem is the most important and urgent problem in construction environment nowadays. It's relevance necessitates its study. The well-known standard method has several disadvantages, which do not permit to use widely, so it became necessary to find alternative methods of testing building materials for biopersistence. One solution is to use a treatment plant for biological wastewater treatment as test sites. Tests were carried out as follows: samples of the materials in the device, which is a polymer network with patch pockets. This technical decision provides the maximum contact of materials with an aggressive environment, minimal contact with the device itself and allows to avoid completely the contact of samples with each other. This device with samples placed in aeration and incubated for 28 days. Samples tested for compression at the end of exposure. Comparison of the results of industrial and laboratory methods showed identical results for the effects of silt and microorganisms on building materials. This confirms the effectiveness and legitimacy of the proposed method of industrial tests of building materials.

Keywords: biodeterioration, aerotank, cement-sand grout.

References

1. Stroganov V.F., Kukoleva D. Methods of test building materials on biodeterioration. // Izvestiya KGASU, 2011, № 3 (17). – P. 150-156.
2. Stroganov, V.F., Mikhalechuk V.M., Bichurina N.A. Effect of water and an aqueous solution of oxalic acid on the properties of epoxy compositions // Plastics, 1987, № 10. – P. 16-18.
3. Yakovlev S.V. Sewerage and wastewater treatment: A Textbook for high schools. – M.: Stroiizdat, 1996. – 591 p.
4. Yakovlev S., Mow I.V., Shvetsov V., Bondarev A.A., Andrianov J.N. Biological treatment of industrial wastewater. Processes, devices and facilities / Edited by tsp. – korr. Academy of Sciences of the USSR, Dr. tech., Professor Yakovlev S.T. – M.: Stroiizdat, 1985. – 208 p.
5. Voronov Yu., Kalitsun V.I. Examples of calculation of canalization structures. – M.: Stroiizdat, 1987. – 255 p.
6. Handbook of the designer. Sewage in human settlements and industrial enterprises. / Ed. Samokhina V.N. 2nd ed., Revised and enlarged. – Moscow: Stroiizdat, 1981. – 639 p.
7. Zharebyateva T.V. Abstract. diss. on comp. science degree cand. of tech. sci. – Volgograd: VolGASU, 2010. – 24 p.