

ной неравномерности притока сточных вод. При недостатке органических веществ (минимальном притоке сточных вод) в объеме сооружения будет наблюдаться повышенное содержание растворенного кислорода и преобладающим процессом станет нитрификация, в часы максимального притока преимущественно будет происходить денитрификация.

Во всех вышерассмотренных технологических схемах и сооружениях не предусмотрена реализация технологии биологического удаления фосфора.

Необходимо отметить сложность и недостаточную изученность процессов биологического удаления фосфора. В литературе имеется весьма ограниченная информация для практического применения при проектировании таких сооружений. Эта проблема еще в большей мере усложняется в связи с тем, что в подавляющем большинстве случаев необходимо решать вопросы дефосфатирования в сочетании с процессами нитриденитрификации. При этом, как правило, из-за наличия во внутренних и внешних циркуляционных потоках иловой смеси нитратов и растворенного кислорода, трудно обеспечить оптимальное сочетание аноксидных и анаэробных зон, в которых протекают процессы денитрификации и дефосфатирования. Эти процессы являются конкурирующими в отношении потребления легкоразлагаемого органического вещества. В большинстве случаев в качестве такого вещества используются органическое вещество поступающих сточных вод и (или) вещества, образующиеся в анаэробной зоне в процессе гидролиза, продуцирующего из загрязнений сточных вод легкоразлагаемые летучие жирные кислоты (ЛЖК). При очистке разбавленных сточных вод с низким содержанием легкоокисляемой органики рекомендуется подача в анаэробную зону сточных вод без первичного отстаивания или осветленных сточных вод, содержащих продукты ацидофикации (сбраживания) сырого осадка [1, 3, 5, 6].

Заключение. Биологические методы очистки сточных вод являются наиболее экологически безопасными и дешевыми методами очистки сточных вод.

На сегодняшний день в технологии очистки сточных вод вышли такие вопросы, как удаление биогенных элементов из сточных вод для предотвращения эвтрофикации поверхностных водоемов.

Внедрение технологических схем с глубоким удалением азота и фосфора имеет следующие преимущества:

- достижение высоких требований к качеству очищенных сточных вод и улучшение экологической обстановки поверхностных источников;
- сокращение потребления электроэнергии за счет уменьшения количества подаваемого воздуха на пневматическую аэрацию (в аноксидных и анаэробных зонах);
- уменьшение прироста активного ила и, как следствие, снижение затрат на перекачку и утилизацию избыточного активного ила.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Хенце, М. Очистка сточных вод: пер. с англ./ М. Хенце [и др.] – М.: Мир, 2004. – 480 с.
2. Очистные сооружения сточных вод. Строительные нормы проектирования: ТКП 45-4.01-202-2010 (02250).
3. Мишуков, Б.Г. Удаление азота и фосфора на очистных сооружениях городской канализации / Б.Г. Мишуков, Е.А. Соловьева // Прилож. к ж. «Вода и экология: проблемы и решения». 2004. – 72 с.
4. Справочник по современным технологиям очистки природных и сточных вод и оборудованию. Отдел по Датскому сотрудничеству в области окружающей среды в Восточной Европе в сотрудничестве с Министерством природных ресурсов РФ и Федеральным экологическим фондом РФ, 2001. – 254 с.
5. Яковлев, С.В. Биохимические процессы в очистке сточных вод / С.В. Яковлев, Т.А. Карюхина – М.: Стройиздат, 1980. – 200 с.
6. Канализация населенных мест и промышленных предприятий; под ред. В.Н. Самохина. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.

Материал поступил в редакцию 31.05.17

VOLKOV G.A., STOROZHUK N.Y. Removal of nitrogen and phosphorus on wastewater treatment plants, city sewer

In the article the questions of removal from wastewater nitrogen and phosphorus at municipal wastewater treatment plants. Bibl. 6 the name.

УДК 054.666

Н.В. Левчук, М.В. Василевская, Е.И. Шляхова

ИССЛЕДОВАНИЕ АДсорбционных свойств базальтовой фибры

Введение. Широкий спектр применения в различных отраслях промышленности базальтового волокна обусловлен целым рядом преимуществ перед другими типами волокон. Наиболее важными с точки зрения

строительной отрасли является их относительно высокая удельная прочность на разрыв, высокая коррозионная и химическая стойкость к воздействию агрессивных сред растворов солей, кислот.

Левчук Наталья Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Василевская Марина Витальевна, магистр химических наук, соискатель кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Шляхова Екатерина Ивановна, магистр технических наук, аспирант кафедры технологии бетона и строительных материалов Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267

По мнению ученых, некоторые преимущества применения базальтовых волокон, как армирующего материала, состоят в следующем:

- 1) экологически чистый продукт;
- 2) широкое содержание сырьевых пород в природе, что значительно удешевляет стоимость готовой продукции;
- 3) технология получения базальтовых волокон более простая и экологически безвредная по сравнению со стекловолокном и производством волокон на основе асбеста;
- 4) базальтовые волокна обладают, относительно стеклянных, более высокой прочностью и модулем упругости волокон и др. [1].

Таблица 1. Химический состав базальтового волокна

Содержание оксидов, %								
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Суммарное содержание остальных оксидов
48,15	16,72	12,66	9,61	4,56	3,54	1,86	1,60	1,25

По мнению авторов [3], исследование влияния высокодисперсных волокнистых наполнителей на механические свойства фибробетонов с использованием базальтового микроармирующего волокна длиной 12 мм и диаметром 10 мкм приводит к росту показателей прочности образцов на сжатие и изгиб, что объясняется сцеплением базальтовых волокон с цементнопесчаной матрицей. Однако увеличение расхода фибры приводит к ее комкованию, снижению прочностных показателей. По данным результатов испытаний, оптимальным является состав фибробетона с концентрацией базальтовой фибры 1,4 кг/м³. Отсюда можно сделать вывод, что оптимальная концентрация фибры может определяться и оставаться постоянной, но степень дисперсности волокон фибры может варьироваться в зависимости от прочностных показателей.

Весьма перспективным для химических технологий и очистки загрязненных вод выглядит использование композитных материалов на основе природных минеральных сорбентов. К числу таких материалов относится базальтовое волокно. Устойчивость к агрессивным средам и поглощающая способность позволяют использовать базальтовое волокно в качестве фильтрующих загрузок для очистки природных и сточных вод. Волокно из горных пород является перспективным сорбентом для очистки воды. Оно не гниет, не выделяет токсичных веществ в воздушной и водной среде, негорючее, невзрывоопасно, не образует вредных соединений с другими веществами, имеет неограниченный срок годности. Средний диаметр волокна от 6 до 8 мкм, плотность от 25 до 35 кг/м³, теплопроводность 0,042 Вт/(м·К) [4]. Для увеличения адсорбционной емкости базальтового волокна можно регулировать его диаметр. Адсорбционная емкость адсорбента зависит от его природы. Она возрастает с увеличением поверхности, пористости, снижением размеров пор адсорбентов, а также с повышением концентрации адсорбтива и давления в системе. Важно, чтобы адсорбент после длительной работы не терял свою емкость и мог адсорбировать такое же количество вещества, как и в начале процесса. Хорошие адсорбенты выдерживают несколько сотен и тысяч циклов "адсорбция — десорбция" без существенной потери емкости.

Внутренняя структура базальтового волокна представляет собой матрицу хаотично связанных базальтовых нитей и иголок, образующих достаточно прочный каркас

Проблемы получения цементных бетонов с использованием армирующих добавок, таких как базальтовая и полимерная фибра в настоящее время остаются недостаточно изученными и представляют интерес для многих отечественных и зарубежных исследователей.

Для оценки влияния базальтового волокна на структуру цементной матрицы был проведен химический и рентгенофазовый анализ состава волокна [2] и сделано предположение о том, что базальтовая фибра, состоящая из аморфной фазы, должна активно хемосорбционно взаимодействовать с цементной системой с образованием низкоосновных гидросиликатов кальция.

(рис.1), открывающий большие перспективы для его модификаций и использования в технологиях водоочистки.



Рисунок 1. Внешний вид базальтовой матрицы волокнистого сорбента

Кроме того, волокнистые фильтры нашли широкое применение в различных отраслях промышленности, в том числе и на предприятиях машиностроения. Эти аппараты предназначены для санитарной очистки аспирационного воздуха от туманов и брызг электролита в виде смеси хромовой (концентрацией до 250 г/л) и серной (концентрацией до 2,5 г/л) кислот гальванических ванн, туманов и брызг серной кислоты участков травления металлических изделий и т. д.

Отличительной особенностью волокнистых фильтров является их высокая эффективность и компактность. Поддержание температуры реагента (загрязненной воды или воздуха) влияет на прочность и долговечность фильтровального материала, что не оказывает влияния на базальтовую фибру. Гидравлическое сопротивление аппаратов при рекомендуемой скорости фильтрации (удельной нагрузке) адсорбата свидетельствует о недостаточной регенерации фильтровального материала, а понижение гидравлического сопротивления может быть вызвано разрушением этого материала.

В то же время при очистке промышленных выбросов и сбросов сточных вод часто применяется адсорбционный метод, в котором в качестве поглотителей (адсорбентов) применяются твердые мелкопористые материалы, обладающие большой удельной поверхностью (активные угли, силикагель, цеолиты, алюмогели, пористые стекла).

Из вышепредставленного материала можно сделать следующие выводы:

— на поверхности волокон микрофибры происходит физико-химическое взаимодействие минералогического состава цементного раствора с содержащимся в микрофибре оксидным составом, что является важным фактором в процессе гидратации цементных минералов и в дальнейшем формировании новообразований цементных систем;

— не изучено влияние степени дисперсности волокнистой структуры микрофибры на прочностные показатели цементных систем, при этом необходимо устанавливать оптимальную концентрацию микрофибры в их составе;

— необходимо отметить, что волокно базальтовой микрофибры обладает высокой удельной поверхностью, что обуславливает способность тонкодисперсного волокна поглощать из внешней среды мельчайшие частицы, в том числе и соединения кальция, содержащиеся в цементных системах и водных растворах;

— отсутствие коррозионной активности и недостатков, характерных для дорогостоящих неорганических коагулянтов, связанных с загрязнением обрабатываемой среды вторичными ионами алюминия, сульфатами, хлоридами и т. д., дает базальтовому волокну преимущество по сравнению с другими фильтрующими загрузками;

— возможность использования отработанного материала в строительстве при производстве асфальта и бетона.

Методика исследований. С целью изучения адсорбционных свойств базальтовой фибры в работе было предложено использовать метод фильтрации через слой волокон фибры различной степени дисперсности. В качестве исходных растворов использовались растворы гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и гипса CaSO_4 с различной концентрацией ионов кальция Ca^{2+} . Для изучения адсорбционных свойств

тонкие пластины базальтовой фибры измельчались на механической мельнице ЛЗМ. В зависимости от времени измельчения в мельнице дисперсность базальтовых волокон различалась. С этой целью в эксперименте было принято установить время помола фибры, равное 15 и 30 секунд для навески фибры массой 2 г, как самое оптимальное, не разрушающее структуру самого фильтровального материала. Затем волокна тонкодисперсной фибры укладывались в делительную воронку и через слой такой загрузки пропускались приготовленные заранее растворы гипса концентрацией, равной 0,01 н и гидроксида кальция концентрацией равной 0,037 н. Скорость фильтрации регулировалась и фиксировалась по объему фильтрата, полученного через каждые 30 минут. Концентрация ионов кальция определялась по стандартной методике до и после фильтрации. Количественное определение водорастворимых ионов кальция проводили титриметрическим методом с трилоном Б в присутствии сухой индикаторной смеси кислотного хромового темно-синего Т при $\text{pH} \approx 9,5$. Для этого пипеткой на 50 мл отбирают пробы анализируемой жидкости в конические колбы для титрования, приливают 5 мл аммонийной буферной смеси (для поддержания pH на определенном уровне), сухую индикаторную смесь кислотного хромового темно-синего Т (на кончике шпателя) до розовой окраски, разбавляют дистиллированной водой до объема 100 мл и сразу титруют 0,05 н раствором трилона Б, приготовленного по фиксаналу, до перехода окраски в синюю (без примесей фиолетового). По показаниям бюретки определяют объем раствора трилона Б, пошедший на титрование. Для каждой пробы проводят не менее 3 титрований и по среднему объему трилона Б рассчитывают нормальность ионов кальция в пробе по формуле:

$$\text{Сн}(\text{Ca}^{2+}) = \text{Сн}_{\text{трилона}} \cdot V_{\text{трилона}} / V_{\text{пробы}} \quad (1)$$

Результаты эксперимента представлены в таблице 2.

Таблица 2. Изменение концентрации ионов кальция Ca^{2+} при фильтрации растворов через слой волокон базальтовой фибры

№ опыта	Изменение содержания Ca^{2+} в растворе $\text{Ca}(\text{OH})_2$, %		Изменение содержания Ca^{2+} в растворе CaSO_4 , %	
	Время помола фибры 15 секунд	Время помола фибры 30 секунд	Время помола фибры 15 секунд	Время помола фибры 30 секунд
1	6,8	11	12,2	23
2	20	16	17	30
3	10,8	17	15	36
4	5,4	13,5	8	19

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. В растворе гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ способность микрофибры поглощать ионы кальция Ca^{2+} первоначально увеличивается в менее дисперсной системе (15 секунд помола) на 6,8%, в более мелкодисперсной системе (30 секунд помола) на 11% по сравнению с исходной концентрацией ионов кальция, т. е. поглощающая способность мелкодисперсной фибры почти вдвое больше. Затем поглощающая способность грубодисперсного волокна увеличивается до 20%, в то время как поглощающая способность мелкодисперсного волокна увеличивается только до 16%. Далее сорбционная способность практически не изменяется и даже снижается, что говорит об изменении адсорбционной емкости базальтового волокна.

2. В растворе гипса CaSO_4 адсорбционная способность волокон фибры поглощать ионы кальция Ca^{2+} первоначально увеличивается в менее дисперсной системе

(15 секунд помола) на 12,2%, в более мелкодисперсной системе (30 секунд помола) на 23% по сравнению с исходной концентрацией ионов кальция и далее продолжает возрастать до 17% и 36% соответственно. Затем адсорбция ионов кальция снижается в обоих случаях.

3. При увеличении степени дисперсности волокон микрофибры, что в нашем случае достигается увеличением времени помола фибры с 15 секунд до 30 секунд, содержание ионов кальция Ca^{2+} в растворе гипса CaSO_4 снижается в среднем на 11,5% от исходной концентрации, а в растворе гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – в среднем на 5,6%.

4. При сравнении адсорбционной способности базальтовой фибры в растворах $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и CaSO_4 очевидно, что поглощение ионов кальция интенсивнее происходит в растворе гипса. Это можно объяснить возможностью участия не только катионов, но и анионов электролита в

химическом взаимодействии с наиболее активными оксидными формами базальтовой фибры.

Заключение. Изучение адсорбционной способности ионов кальция на поверхности волокон базальтовой фибры дает возможность предположить использование волокон фибры в качестве сорбента других водорастворимых ионов для эффективной очистки сточных и природных вод, а также дает возможность оценить степень дисперсности базальтовых волокон и целесообразность его применения как армирующего материала для создания модифицированных бетонных композитов. Полученные экспериментальные данные позволяют сделать вывод об участии дискретных волокон базальтовой фибры в процессах структурообразования. В волокнистой, поровой структуре волокон фибры накапливаются водорастворимые ионы, которые при химическом взаимодействии с минералами портландцементного клинкера и активными составляющими самой фибры с момента затворения цементных систем водой создают условия

для формирования новых кристаллических структур, обуславливающих прочность бетонов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Градус, Л.Я. Эксплуатация газоочистного оборудования на машиностроительных предприятиях / Л.Я. Градус, И.Л. Тарнавский, М.И. Иванова. – М.: Машиностроение, 1988. – 216 с.
2. Васильовская, Н.Г. Цементные композиции, дисперсно-армированные базальтовой фиброй / Н.Г. Васильовская, И.Г. Инджиевская, И.Г. Калугин. – Вестник ТГА-СУ №3, 2011. – С. 153.
3. Перфилов, В.А. Влияние базальтовых волокон на прочность мелкозернистых фибробетонов / В.А. Перфилов, М.О. Зубова // Интернет-Вестник ВолГУСУ №1(37), 2015. [Электронный ресурс]– Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru – Дата доступа: 25.02.2017.
4. Lo Howard U., Hung - Yung-Tse. Utilization of claus and zeolites for coagulation. // Int.I. Environ Stud. – 1991. – №3. – P. 65-73.

Материал поступил в редакцию 02.03.17

LEVCHUK N.V., VASILEVSKAYA M.V., SHLYAKHOVA E.I. Study of adsorption properties of basalt fiber

The article presents the results of studies of the adsorption properties of basalt fiber filtration through a layer of fibers of fibers of various degrees of dispersion at a certain velocity. For the quantitative determination of water-soluble calcium ions were used titrimetric method of research. The research results confirm theoretical assumptions about the consuming ability of fine basalt fibers. Fig. 1. Table. 2. Bibl. 4 name.

УДК.628.316

Е.А. Урецкий, В.В. Мороз, М.М. Юхимук

К ВОПРОСУ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ЛАКОКРАСОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПРИБОРО- И МАШИНОСТРОЕНИЯ

В Республике Беларусь большое количество предприятий приборо- и машиностроения имеют производства лакокрасочных и гальванических защитных покрытий, а также производства печатных плат.

Результаты обследований многочисленных предприятий приборо- и машиностроения Беларуси и СНГ, проведенных Белорусским государственным проектным институтом (БелГПИ) и Московским государственным проектным институтом (МГПИ), показывают, что из-за отсутствия в настоящее время достаточно эффективных и недорогих технических решений по очистке этих сточных вод, они сбрасываются в городскую систему водоотведения. МГПИ, генеральный разработчик технологий очистки сточных вод гальванических производств и печатных плат для предприятий приборо- и машиностроения СНГ, по этой причине рекомендовал Брестскому электромеханическому заводу (БЭМЗ), как вариант, разбавление производственных сточных вод до ДК исходной водой в количестве более 10 млн м³ в год.

Такое «техническое решение», помимо больших экономических затрат, влечет за собой существенное расширение системы технического водоснабжения и канализации предприятия.

В связи с этим возникла острая необходимость в разработке удовлетворительного способа очистки сточных вод лакокрасочного производства.

На основании ранее проведенных исследований была разработана эффективная малозатратная «попутная» технология очистки сточных вод окрасочного производства, реализуемая в рамках традиционных реагентных схем обработки сточных вод гальванического производства, на тех же технологических линиях, при тех же параметрах проведения процессов, теми же реагентами.

В основу предлагаемой технологии очистки сточных вод лакокрасочного производства положен патент на изобретение [1].

Блок-схема этой технологии приведена на рис 1. Краткая суть технологии следующая. Сточные воды, со-

Урецкий Евгений Аронович, инженер.

Мороз Владимир Валентинович, ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

Юхимук Михаил Михайлович, ст. преподаватель кафедры высшей математики Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.