- научно-исследовательские организации, занимающиеся прогнозированием опасных гидрологических явлений;
- дежурно-диспетчерские службы организаций [6].

Геоинформационные системы. Решение сложных задач в области прогнозирования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций обусловливает необходимость работать с большими объемами пространственно-временных и предметно ориентированных данных, в условиях переизбытка, многоаспектности, разнотипности поступающей оперативной информации. Поэтому хранение оперативной предварительно структурированной и агрегированной информации, получаемой по каналам связи с контрольно-измерительного оборудования, установленного в контрольных точках на гидротехнических сооружениях биологических прудов, является важной задачей.

База данных системы мониторинга. База данных комплексной системы мониторинга является одной из основных составляющих частей системы. Она представляет собой массивы систематизированной информации, благодаря которой возможно комплексно оценить состояние того или иного сооружения, выполнить прогноз возможных деформаций, необходимый для принятия правильного управленческого решения, необходимого для службы эксплуатации очистными сооружениями. База данных системы мониторинга может дополнительно включать в себя наземные измерения (обследования), он-лайн информацию белорусского центра метеорологии, статистику опроса, данные дистанционного зондирования земли и другая информация. Предлагаемая структура базы данных и алгоритм ее функционирования представлены на рисунке 5.

Основными блоками являются: информационный блок, описание базы данных, алфавитный перечень сооружений, принадлежность к виду очистки сточных вод, территориальное расположение сооружения.

Заключение. Исходя из вышесказанного, следует сделать вывод, что на сегодняшний момент действительно существует опасность возникновения риск-ситуаций на очистных сооружениях Республики Беларусь. Полноценный контроль за состоянием сооружений, особенно местных и локальных, практически отсутствует. Одним из потенциальных подходов для решения проблемы контроля может быть комплексная система мониторинга состояния очистных сооружений. Для реализации этой задачи разработан алгоритм и структура информационного обеспечения такой системы применительно к биологическим прудам как одному из элементов очистных сооружений. Реализация системы мониторнга очистных сооружений должна выполняться поэтапно с учетом специфики объектов.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левкевич, В. Е. Экологический риск – закономерности развития, прогноз и мониторинг / В. Е. Левкевич – Минск : ИООО «Право и экономика», 2004. – 152 с.
2. Информационный сайт [Электронный ресурс] / Очистка сточных вод в биологических прудах в условиях Йемена – Москва, 1999. – Режим доступа : http://www.dissercat.com/ – Дата доступа : 19.11.2016.
3. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. Общие положения. Порядок функционирования системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций : ТКП 304-2011. Введен 08.04.2011. – Минск: Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2011.
4. Инструкция о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера – Введен 01.06.03. – Минск : Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, 2003. – 92 с.
5. Ляпичев, Ю. П. Гидрологическая и техническая безопасность гидросооружений / Ю. П. Ляпичев. – М. : РУДН, 2008. – 222 с.
6. Левкевич, В. Е. Использование природные аналогов при определении мероприятий по защите размываемых берегов и верховых откосов напорных сооружений // Проблемы комплексного использования, мелиорации и охраны водно-земельных ресурсов. – М. : ЦБНТИ, Минводхоз СССР. Деп. № 593-05.1987. – 5 с.
7. Информационный сайт [Электронный ресурс] / Геоинформационные системы – Минск, 2015. – Режим доступа : http://www.bseu.by/it/GIS/default.htm – Дата доступа : 18.09.2017.

Материал поступил в редакцию 18.02.2019

LEVKEVICH V. E., LOSITSKY V. A. Justification of the structure of the monitoring system of the state of urban wastewater treatment plants

In the Republic of Belarus, biological ponds and irrigation and filtration fields are widely used as biological treatment facilities. The application of this method since the beginning of our century has shown that this method is the most accessible, compared with physico-chemical or biological in artificial conditions, etc. Ease of operation, low operating costs, reliability have made this method of wastewater treatment the most common. assessment of the state of potential hazard objects requires the availability of objective information on the technical condition of the said structures and engineering systems. Such information can only be obtained by creating a system for monitoring the state of treatment facilities. The considered problem is particularly relevant in view of the occurrence of emergency situations in the environment with significant damage to the environment and the economy of the country's regions.

УДК 628.3

Житенёв Б. Н., Сенчук Д. Д.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БРИКЕТИРОВАННОГО ТОРФА ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

Введение. На большинстве предприятий, выпускающих изделия, содержащие металлы, предусмотрены технологические процессы нанесения защитных покрытий, во многих случаях используется цинкование, хромирование, никелирование, омеднение и т. п. В результате образуются высокотоксичные воды, содержащие ионы тяжелых металлов: цинка, хрома, никеля, меди, железа и др.

Сброс их в коммунальную систему водоотведения приводит к неизбежному транзиту в водотоки – приемники сточных вод, поскольку на сооружениях биологической очистки эффект удаления составляет от 20 до 65 % в зависимости от природы катиона. Для очистки таких вод применяются реагентные, электрохимические и ионообменные методы. Значения предельно допустимых концентраций (ПДК) ионов тяжелых металлов для сброса в коммунальные системы водоснабжения постоянно ужесточаются, что вызывает необходимость более глубокой очистки таких сточных вод. Это может быть достигнуто использованием ионообменных методов, очистка может осуществляться на природных или синтетических сорбентах. При этом происходит обмен находящихся в растворе ионов тяжелых металлов на ионы водорода, натрия или калия, изначально закрепленных на матрице сорбента. Невысокая стоимость, доступность, экологическая безопасность объясняют возрастающее количество научных публикаций, посвященных очистке сточных вод с помощью торфа. Так, в работе [1] обоснована возможность очистки концентрированных вод, содержащих металлы, торфяными препаратами. Показано, что в зависимости от условий формирования можно получать металлогуминовые комплексы с преобладающим содержанием определенных металлов, что позволяет их концентрировать и рекуперировать.

Сенчук Дарья Дмитриевна, *ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета, e-mail : senchuk.d.d@mail.ru.*
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Репозиторий БрГТУ

В лабораторных условиях [2] проведены серии экспериментов по исследованию иммобилизирующей способности природных и модифицированных глин и торфов. Установлено, что данные сорбенты обладают значительной сорбционной и надежной консервационной способностью по отношению к элементам-токсикантам, что позволяет использовать эти материалы при создании геохимических барьеров для очистки техногенных стоков. В работе [3] были проведены эксперименты по аккумуляции металлов из реальных техногенных растворов на природных и модифицированных торфах. Результаты данных исследований показывают, что тяжелые металлы хорошо сорбируются на материале модифицированного торфо-гуминового препарата по сравнению с природным торфом, который аккумулирует существенно меньше потенциально токсичных элементов, а также практически не выходят в раствор при десорбции. В [4] отмечается, что в настоящее время многие очистные станции используют местные фильтрирующие материалы. Для Уральского региона наиболее перспективными оказались: кварцевый песок, природный и гранулированный торф, природные угли и их модификации. Среди сорбентов наиболее перспективными признаны активированные угли (АУ), применяющиеся для дезодорации воды в виде тонкой угольной пыли (углевание воды) либо в виде гранул. Широкому применению АУ препятствует высокая стоимость и сложность регенерации.

В [5] исследованы кинетика, сорбционная способность, селективность и влияние pH на сорбцию Cd, Cr и Pb из водных растворов. Результаты исследования показали, что сорбция увеличивается с увеличением концентрации металла в растворе. Для растворов, содержащих 300 мг/л металла, сорбция Cd 200 мг/г; Cr(VI) 15 мг/г; Pb 30 мг/г. Торф признан эффективным сорбентом для удаления ионов металлов из водных растворов. Эффективность удаления металлов достигает >90%. В [6] запатентована сорбционно-фильтровальная загрузка для очистки воды, включающая торф и волокнистый материал, выполнена в виде слоев, при этом волокнистый материал выполнен из обработанного кислотой нетканого волокнистого материала на основе природных волокнистых веществ, а торф в виде обработанного кислотой высушенного гранулированного торфа, который расположен между слоями нетканого волокнистого материала. Способ производства сорбционно-фильтровальной загрузки для очистки воды включает предварительную обработку компонентов кислотой и последующее формирование загрузки путем последовательной укладки компонентов с размещением гранулированного торфа между слоями нетканого волокнистого материала. Проведены исследования по применению гранулированного торфа, торфяных гуматов (торфо-щелочного реактива) и нового волокнистого фильтровального материала "Тефма" для очистки СВ от цинка. На основании проведенных исследований подтверждена возможность применения всех трех вариантов. Разработаны две новые технологические схемы очистки СВ вискозных производств с использованием сорбентов и фильтроматериалов на природной основе [7]. В работе [8] рассмотрено совместное применение гранулированного метода окатывания торфа и нового волокнистого нетканого фильтровального материала "Тефма" в качестве ионообменной фильтрующей загрузки при очистке сточных вод вискозных производств от ионов цинка. Данная загрузка природного происхождения заменяет дорогостоящие и дефицитные искусственные катиониты, что имеет большое значение при дополнительных процессах очистки промстоков от ионов цинка. Целью исследования [9] служило изучение эффективности применения адсорбентов (болотного торфа и глины) и биопрепаратов LLMO (живые микроорганизмы в жидком виде) при очистке сточных вод производства по переработке картофеля. Продемонстрировано, что болотный торф оказывает наилучший эффект при удалении из сточных вод тяжелого металла – меди, применение глины наиболее эффективно для очистки картофельных сточных вод от органических соединений. В работе [10] описывается способ, предназначенный для приготовления дешевого и эффективного сорбента на базе торфа, готовый материал обладает ионообменным качеством и имеет свойства активированного угля. Сорбент приготавливается по следующей технологии. Смешение с 20% раствором серной кислоты при нагревании, охлажденная смесь имеет влажность 60–70%. Добавление связующего (10%) и сырого торфа. Экструдирование с получением гранулята. Нагрев при температуре до 650 ^{0}C. Классификация. Полученный гранулят размещается в фильтрах различных конструкций. В приводимом примере содержание в СВ свинца на входе и выходе составляло, соответственно, 5,15 и 1,16 мг/л, меди 9,8 и 2,15 мг/л, толуола 13026 и 3036 мг/л, трихлорэтана 31831 и 8118 мг/л. В [11] описывается технология модификации торфа. Торф вначале обрабатывали серной кислотой, а затем модифицированный торф смешивали с поливиниловым спиртом и формальдегидом (37%) для придания ему механической прочности. Эксперимент проводился в статических условиях. Результаты исследований показали, что изотерма адсорбции соответствует уравнению Фрейндлиха, а кинетический процесс сорбции может быть описан моделью псевдовторого порядка. Процесс адсорбции зависит от pH раствора. Оптимальный интервал pH 1,5~3,0. В [12] на основе использования гидролизованного гранулированного торфа, предложены новые способы получения торфяных модификаций: раствора торфощелочного реагента – торфяных гуматов – и сорбционно-фильтровальной загрузки для очистки сточных вод. Выявлены особенности прохождения в статических и динамических условиях сорбционно-ионообменных процессов очистки сточных вод предлагаемыми торфяными модификациями. Установлены особенности кинетики и динамики рассматриваемых процессов очистки. Разработаны способы и технологические решения очистки сточных вод, с применением новых высокоэффективных модификаций торфа, которые являются экологически безопасными, доступными и могут быть достаточно широко реализованы в производственных условиях. Для использования торфа в качестве активной загрузки в напорных и безнапорных фильтрах разработана технология [13] и создана технологическая линия по получению сорбционных материалов на основе торфа, которые очищают сточные воды от ионов тяжелых и цветных металлов, ветвыбросы сельскохозяйственных предприятий, удаляют нефть с поверхности воды и почвы при ее аварийных разливах. В Белоруссии разработана технология получения высокоэффективного сорбционного материала "Экоторф". Созданы также биосорбенты на основе торфа и сапропеля для восстановления плодородия почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами.

Природные сорбенты - глины, глинистые минералы и торф – активно применяются в очистке воды и сточных вод за рубежом и в России [14]. Кроме того, они могут послужить недорогим и доступным сырьем для производства комбинированных сорбентов. Предложен сорбент, полученный смешением природных минералов (торфа, песка, глины или диатомита), добавлением сырой нефти, воды и раствора поверхностно-активных веществ (ПАВ), с последующей обработкой оксидами кальция (негашеная известь) или магния, гранулированием, сушкой и прокаливанием при T=300-600 ^{0}C. Адсорбент представляет из себя гранулированный неоднородный материал светло-серого, светло-бурого или бурого цвета, размеры гранул диаметром от 1 до 5 мм. Предлагаемый способ адсорбционной очистки сточных вод позволяет извлекать из сточных вод нефтепродукты, ионы металлов и другие вещества одновременно на стадии доочистки за счет применения адсорбента, обладающего хорошими сорбционными свойствами, прочностью и хорошей фильтрующей способностью, тем самым расширяет диапазон извлекаемых веществ, упрощает и удешевляет технологию очистки сточных вод. Исследования [15] связаны с тем, что методы сорбционного удаления из СВ тяжелых металлов имеют широкое распространение, однако коммерческие сорбенты, например,активированные угли, имеют высокую стоимость. Сообщается о разработке метода биосорбции, при этом в качестве дешевого сорбента использовался модифицированный торф. В экспериментах модельные СВ содержали ионы Cr^{3+}, Cu^{2+} и Cd^{2+}, величина pH раствора 4,0. Установлено, что максимальная сорбционная емкость для хрома и меди составила по 0,4 ммоль/г сорбента, для кадмия 0,2 ммоль/г, в случае применения бинарных смесей при определенных комбинациях металлов сорбционная емкость для одного из них снижалась на 70%. Исследована сорбция меди (2+) при различных начальных концентрациях меди и количестве торфа [16]. При начальной концентрации меди 1,33 ммоль/дм^3 при 20^{0}C и pH сорбируется 41,2–59% меди при дозе торфа 3–6 г/дм^3. Сорбционное равновесие может быть описано уравнением Лэнгмюра. Механизм сорбции меди анализировали,

Репозиторий БрГТУ

используя уравнение Еловича и модель псевдовторого порядка. Торф является ионообменником. Превалирующая ионообменная реакция происходит между ионами меди и ионами водорода гуминовой и фульвокислоты. Следовательно, наиболее вероятной кажется гетерогенная кинетическая модель (уравнение Еловича). Торф обрабатывали серной кислотой, а затем смешивали со смолой [17]. Исследована возможность удаления свинца и меди в статических условиях. Полученные данные соответствуют уравнению Лэнгмюра. Скорость адсорбции металлов модифицированным торфом очень высокая. Скорость адсорбции свинца определялась начальной концентрацией металла, начальным pH, размером частиц, скоростью перемешивания, массой частиц. Для десорбции свинца применяли 0,5 Н или 1,0 Н HNO_3. Скорость десорбции высокая. Результаты проведенных экспериментов указывают, что модифицированный торф высокоэффективен при удалении тяжелых металлов из сточных вод. Обзор литературных данных позволяет сделать вывод о том, что разработка усовершенствованных технологий очистки сточных вод с использованием торфа является весьма перспективным направлением. В литературе отсутствуют достаточно полные данные об использовании брикетированного торфа в качестве сорбента. В Республике Беларусь имеются значительные запасы торфа, масштабные производства торфобрикетов, это создает реальные предпосылки для выпуска дешевых, экологически безопасных сорбентов на основе модифицированного брикетированного торфа. Настоящая работа посвящена исследованию сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, на примере ионов железа.

Экспериментальная часть. Эксперименты производились с использованием торфобрикетов производства торфобрикетного завода "Гатча-Осовское", расположенного в Жабинковском районе Брестской области. Брикет механическим способом гранулировали, затем рассеивали через набор сит калибром 1,00– 2,00– 3,25– 3,75– 4,50– 5,50 мм. В результате были получены образцы крупностью <1 мм, 1,00– 2,00 мм, 2,00– 3,25 мм, 3,25– 3,75 мм, 3,75– 4,50 мм, 4,50 – 5,50 мм. В качестве ионов тяжелых металлов использовался ион железе (III),концентрация в исходном имитаторе сточных вод составляла 10 мг/дм^3. В стакан помещали 100 мл раствора и добавляли 10 г гранул торфа. Затем суспензию перемешивали с помощью механических мешалок в течение 20, 40, 60 минут.

Рисунок 1 – Общий вид экспериментальной установки

Затем растворы фильтровали через бумажный фильтр и определяли остаточное содержание ионов железа (*Ш*).

Результаты и их обсуждение. Эффект очистки воды от ионов железа рассчитывался по формуле:

$$Э = \left((C_1 - C_2)/C_1\right) \cdot 100, \ \% , \qquad (1)$$

где C_1, C_2 – соответственно массовая концентрация ионов железа до и после опыта.

Как видно из рисунка 2, наиболее эффективно процесс сорбции ионов железа брикетированным торфом протекает в течение 20 минут контакта, затем он замедляется. В течение 60 минут удаляется до 77–80 % ионов железа и практически наступает сорбционное равновесие. Степень достижения равновесия F показывает, какая часть общего количества вещества сорбируется к данному моменту времени, и для брикетированного торфа она составила около F=*0.8* при продолжительности контакта 60 минут (рис. 3).

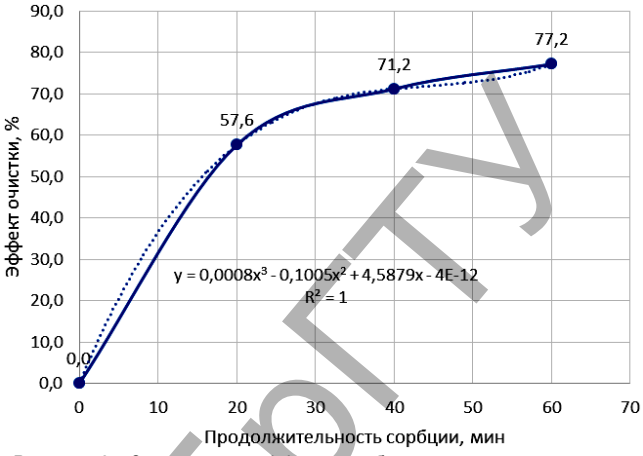


Рисунок 2 – Зависимость эффекта сорбции от продолжительности контакта, мин.

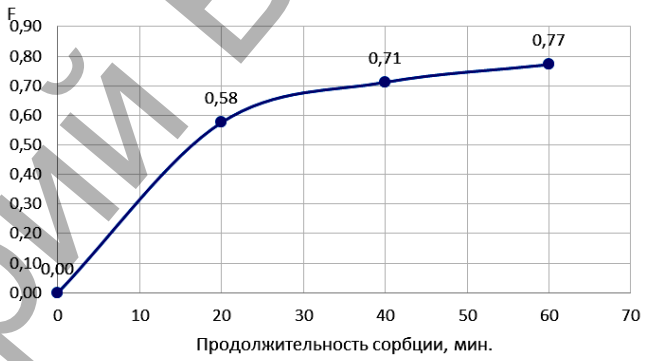


Рисунок 3 – Зависимость степени достижения равновесия от продолжительности контакта брикетированного торфа с раствором, содержащем ионы железа

Кратность извлечения – отношение исходной концентрации к равновесной – составила для ионов железа 4,4. Адсорбционная емкость (рис. 4) брикетированного торфа рассчитывалась по уравнению:

$$A = \left(C_1 - C_{равн}\right) \cdot \left(\frac{V}{m}\right), \qquad (2)$$

где V – объем раствора, дм^3;

m – масса навески брикетированного торфа, г;

C_1 – исходная концентрация ионов железа в растворе, моль/дм^3;

$C_{равн}$ – равновесная концентрация ионов железа в растворе после сорбции, моль/дм^3.

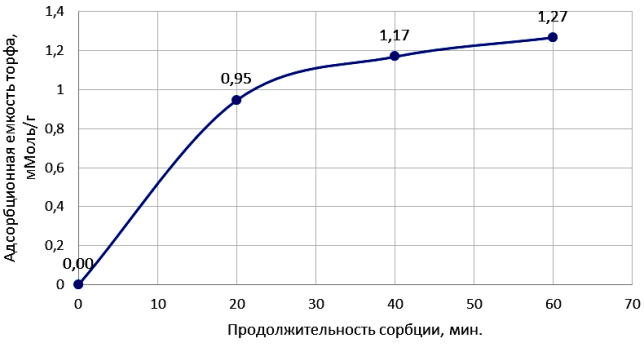
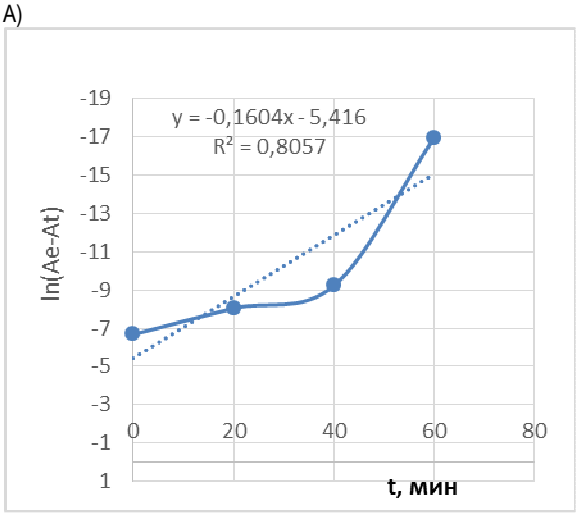


Рисунок 4 – Кинетическая кривая сорбции ионов железа брикетированным торфом

Репозиторий БрГТУ

Для выяснения механизма сорбции ионов железа брикетированным торфом результаты экспериментов были обработаны с помощью уравнений диффузионной кинетики. Кинетическая кривая для внешне диффузионных процессов должна быть линейной в координатах – $\ln(A_e - A_t) - t$ (рис. 5).

A)



B)

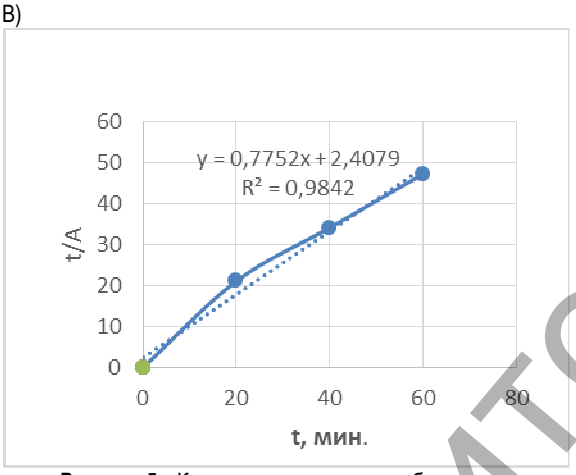


Рисунок 5 – Кинетические кривые сорбции ионов железа брикетированным торфом в моделях псевдопервого (А) и псевдовторого (В) порядков

Кривые сорбции для ионов железа на начальном этапе описываются прямыми, следовательно, диффузия в пленке раствора вносит вклад в общую скорость процесса. При дальнейшем контакте графики сорбции ионов железа искривляются. Согласно литературным данным [18], это свидетельствует о том, что диффузия в зерне сорбента контролирует общую скорость процесса. В случае химического взаимодействия торфа с ионами тяжелых металлов (реакцияионного обмена) вклад в кинетику может вносить стадия собственно химической реакции между сорбируемым ионом и функциональными группами поглотителя. Поэтому для выявления вклада химической стадии при описании сорбционного процесса брикетированным торфом использовали модели псевдопервого и псевдовторого порядка [18]. Линейные формы этих моделей представлены в виде уравнений (3) и (4):

$$\ln(A_e - A_t) = \ln A_e - k_1 \cdot t\,, \qquad (3)$$

$$\frac{t}{A_t} = \frac{1}{k_2 \cdot A_e^2} + \frac{1}{A_t} \cdot t\,, \qquad (4)$$

где A_e и A_t – количество сорбированного иона металла на единицу массы сорбента в состоянии равновесия и в момент времени t;

k_1 – константа скорости сорбции в модели псевдопервого порядка;

k_2 – константа скорости сорбции в модели псевдовторого порядка.

Для установления модели, оптимально описывающей сорбцию железа на брикетированном торфе (рис. 5), сравнивались коэффициенты корреляции псевдопервого и псевдовторого порядка. Установлено, что сорбция ионов железа наиболее точно описывается моделью псевдовторого порядка.

Заключение

1. Выполнены исследования кинетики сорбции брикетированным торфом ионов железа.
2. Установлено, что процесс сорбции протекает наиболее интенсивно в течение первых 20–30 минут.
3. С помощью уравнений диффузионной и химической кинетики установлено, что процесс сорбции идет в диффузионном режиме, при этом вклад в общую скорость процесса вносит стадия химического взаимодействия ионов металла с функциональными группами торфа.
4. Установлена возможность использования брикетированного торфа в качестве сорбента для очистки сточных вод от ионов железа.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лиштван, И. И. Очистка сточных вод от металлов-экотоксикантов торфяными препаратами / И. И. Лиштван, В. М. Дударчик, С. И. Коврик, Т. П. Смычник // Химия и технол. воды. – 2007. – N 1. – С. 67–74.
2. Богуш, А. А. Применение природных материалов для очистки техногенных вод / А. А. Богуш, Т. Н. Мороз, О. Г. Галкова, О. М. Маскенская // Экол. пром. пр-ва. – 2007. – N 2. – С. 63–69.
3. Богуш, А. А. Применение торфо-гуминовых веществ для снижения техногенного влияния отходов на окружающую среду / А. А. Богуш, А. Н. Трофимов // Хим. пром-сть. – 2005. – N 3. – С. 153–158.
4. Арканова, И. А. Новые фильтрующие материалы для очистки природных вод // Достижения науки – агропромышленному производству : материалы 46 Международной научно-технической конференции / И. А. Арканова, Д. М. Китаев, Ю. Д. Луценко. – Челябинск, 2007. – Ч. 3. Челябинск : Челяб. гос. агроинж. ун-т, 2007. – С. 164–169.
5. Ulmanu, Mihaela Удаление хрома (VI), кадмия и свинца из водных растворов сорбцией торфом / Mihaela Ulmanu, Ildiko Anger, Yolanda Fernandez, Leonor Castrillon, Elena Maranon // Batch chromium (VI), cadmium (II) and lead (II) removal from aqueous solutions by horticultural peat. Water, Air, and SoilPollut. – 2008. – N 1–4. – С. 209–216.
6. Косов, В. И. Сорбционно-фильтровальная загрузка для очистки воды и способ ее производства / В. И. Косов, Э. В. Баженова. – Пат. 2174439 Россия, МПК 7 В 01J 20/28, 20/24, 20/30. Твер. гос. техн. ун-т. N 2000116957/12; Заявл. 26.06.2000; Опубл. 10.10.2001.
7. Косов, В. И. Исследования сорбентов на природной основе для очистки промстоков от цинка / В. И. Косов, Э. В. Баженова // Проблемы инженерного обеспечения и экологии городов : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Пенза: Изд-во Приволж. дома знаний, 1999. – С. 130–133.
8. Косов, В. И. Очистка промстоков от ионов цинка с применением гранулированного торфа / В. И. Косов, Э. В. Баженова, Ф. Ф. Чаусов // Хим. и нефтегаз. машиностр. – 2001. – N 7. – С. 38–40.
9. Янг-Тсе, Ханг Очистка сточных вод производства по переработке картофеля с использованием адсорбции торфом и глиной и биопрепаратов / Ханг Янг-Тсе, Г. Ло Говард // Исследование проблем водоснабжения, водоотведения и подготовки специалистов : Межвузовский сборник научных трудов. Казан. гос. архит.-строит. акад. – Казань: Изд-во КГАСА, 1999. – С. 129–132.
10. Способ приготовления сорбента для очистки сточных вод / Method of processing peat for use in contaminated water treatment. – Пат. 6429171 США, МПК7 В 01 J 20/22. Environmental Filtration,

Репозиторий БРГТУ

Inc., Clemenson Lyle J..N 09/514197; Заявл. 25.02.2000; Опубл. 06.08.2002; НПК 502/404.
11. Sun Qing-ye Удаление хрома из водных растворов модифицированным торфом / Sun Qing-ye, Yang Lin-zhang // Chengshihuanjingyuchengshishengtai=Urban Environ and Urban Ecol., 2002. – N 3. – С. 5–8.
12. Баженова, Э. В. Экспериментальное обоснование способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов торфяными модификациями : автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. – Тверь : Твер. гос. техн. ун-т, 2002. – 22 с.
13. Томсон, А. Перспективы использования торфа для решения комплексной проблемы охрана окружающей среды / А. Томсон, А. С. Самсонова, З. М. Алещенкова, А. И. Николаенков, Б. А. Мелещенко, Т. В. Соколова, Ю. Ю. Навоша, В. С. Пехтерева, Е. И. Чистякова, В. В. Кухарчик // Физика и химия торфа в решении проблем экологии : тезисы докладов Международного симпозиума. – Минск, 3–7 нояб., 2002. – Минск : Тонпик, 2002. – С. 158–160.
14. Вялкова, Е. И. Очистка сточных вод с использованием природных материалов и отходов производства / Е. И. Вялкова, А. А. Большаков // Актуальные проблемы современного строительства : сборник научных трудов 32 Всероссийской научно-технической конференции, Пенза, 25-27 марта, 2003. – Ч. 1. Строительные материалы и изделия. – Пенза : Изд-во ПГАСА, 2003. – С. 194–198.
15. Ma, W. Удаление из сточных вод тяжелых металлов методом биосорбции / W. Ma, J. M. Tobin // Development of multimetal binding model and application to binary metal biosorption onto peat biomass. WaterRes. – 2003. – N 16. – С. 3967–3977.
16. Ho, Y. S. Сорбция Cu(2+) из водных растворов торфом. Sorption of copper (II) from aqueous solution by peat / Y. S. Ho, G. McKay // Water, Air, and Soil Pollut. – 2004. – N 1–4. – С. 77–97.
17. Sun, Q. Y. Адсорбция свинца и меди из водных растворов модифицированным торфом / Q. Y. Sun, P. Lu, L. Z. Yang // The adsorption of lead and copper from aqueous solution on modified peat-resin particles. Environ. Geochem. and Health. – 2004. – N 2. – С. 311–317.
18. Дремичева, Е. С. Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа (III) и меди (II) из сточных вод // Вестн. Моск. ун-та. – Сер. 2. Химия. – 2017. – Т. 58. – № 4.

Материал поступил в редакцию 10.04.2019

ZHITENEV B. N., SENCHUK D. D. Study of sorption properties of briquetted peat for wastewater treatment from heavy metal ions

The studies of sorption kinetics piketirovany peat iron ions. Established that the sorption process is the most inten-zivno for the first 20-30 minutes.Using the equations of diffusion and chemical kinetics, it is established that the sorption process takes place in the diffusion regime, while the stage of chemical interaction of metal ions with the functional groups of peat contributes to the overall speed of the process. The possibility of using briquetted peat as a sorbent for wastewater treatment from iron ions is established.

УДК 628.1

Северянин В. С.

ОБРАБОТКА АНТРОПОГЕННЫХ ОТХОДОВ

Введение

Второй закон термодинамики, применимый ко всем природным и антропогенным явлениям и технологиям, утверждает безусловное наличие отходов при получении и образовании какого-либо энергетического или материального эффекта за счет использования исходных ресурсов. Переход к результату от высокого энергетического, химического и т. д. потенциала ресурса только тогда дает соответствующий результат, когда получается низкий потенциал начального, разница между ними и есть образующийся эффект. Различные формулировки второго закона термодинамики (с использованием понятий «энтропия», «хаос», «температура», «фазовые переходы», «тепловые двигатели» и т. д.) подчеркивают глобальность этого утверждения.

Антропогенные отходы – это проявления второго закона термодинамики в человеческой как личной, так и общественной деятельности (промышленность, сельское хозяйство, энергетика, индивидуальная физико-химическая переработка). Например, в теплоэнергетике, действующей через свои тепловые электрические станции и котельные, основные отходы от исходного энергетического сырья – это низкопотенциальная теплота (40…90%).

Если образовавшиеся отходы имеет более высокий потенциал (температура, давление, эксергия, химия) относительно другой среды, их можно использовать уже в ней, возможно – иначе с другими техническими способами. Это и есть **утилизация отходов**.

Топочные газы после охлаждения можно подать растениям, которые благодаря фотосинтезу (потребляя световую энергию!) усваивают углекислый газ CO_2. По законам статистической физики такая цепь утилизации может идти до установления полного термодинамического равновесия. Естественно, человеческая культура пока такой способ не использует. Поэтому выражения типа «безотходная технология» являются «фэйковыми», и приходится изыскивать приемлемые способы и приемы работы с отходами для удовлетворения желательных условий (благоприятное существование человека, гарантия отсутствия уничтожающих его факторов – это уже и политика, возможность воздействия не только на антропогенность, но и некоторые общепланетарные процессы).

Ниже представлен ряд перспективных возможных направлений для разработки новых методов утилизации различных отходов, разрабатываемых на основе проведенных теоретических и практических исследований и общепринятых технологий.

Существующие способы обработки отходов. Как правило, известные отходы – это многокомпонентный, разнообразный по свойствам и качествам, специфичный для конкретных выделений, часто непредсказуемый материал. Поэтому обработка его сопряжена не только с техническими затруднениями, но и организационными, экологическими и даже политическими проблемами.

Первый шаг – это **сортировка** отходов. Особенно это актуально для бытовых отходов, когда требуется не только разделить компоненты, но и предварительно обезвредить, подсушить и т. д., т. е. образуются вторичные отходы.

Затем – **транспортировка** собранного в разных местах мусора в желательно обособленные, малочисленные крупные сборники для непосредственной переработки. Это не только материальные затраты, но и загрязнения атмосферы и окружения путей сообщения.

Далее мусор может храниться на **полигонах (свалках)**, что долгое время считалось приемлемым решением избавления от выбросов. Но их воздействие на окружающую среду оказалось настолько отрицательным (самовозгорание, гниение, образование ядовитых веществ в виде хлор- и фторсодержащих компонентов, диоксинов, фуранов и т. д., их фильтрация в атмосферу и недра, воду), что принимаются решения, вплоть до правительственных, о недопустимости свалочного метода. **Подземные захоронения** или обсыпка

Северянин Виталий Степанович, *д. т. н., профессор кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Брестского государственного технического университета.*
Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Репозиторий БрГТУ