

А.М. ФАТТАХОВА**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД
ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ОТХОДОВ***IMPROVED METHOD OF LANDFILLS WASTEWATER TREATMENT*

Предложен усовершенствованный способ очистки сточных вод полигонов захоронения отходов (на примере уфимского полигона отходов производства и потребления), который заключается в проведении окисления озоном в мембранном реакторе, где установлена модифицированная соединениями катализатора мембрана. Освещаются результаты проведенных исследований по способам нанесения соединений катализатора на мембраны; показаны основные характеристики мембран модифицированных биологическим способом. В результате проведенных исследований предложена технологическая схема очистки сточных вод Уфимского полигона отходов от трудноокисляемых веществ.

Ключевые слова: полигоны отходов, трудноокисляемые вещества, окислительный метод, озон, катализаторы, мембраны.

Практически в каждом крупном городе Российской Федерации имеется проблема, связанная со складированием отходов производства и потребления [1-10]. Самым распространенным способом обращения с отходами является их складирование на полигонах. Однако большинство существующих полигонов России не отвечают требованиям экологической безопасности: многие из них не оборудованы противofильтрационными экранами, нет систем отвода образующегося фильтрата и биогаза.

Одним из вредных факторов, оказывающих негативное влияние на окружающую среду со стороны полигонов отходов производства и потребления, являются сточные воды. Они образуются за счет атмосферных осадков и фильтрационных вод, прошедших через тело полигона и вступивших в различные биохимические реакции, происходящие в теле полигона. В литературе имеется большое количество данных по химическому составу сточных вод. Е.Е. Степаненко, О.А. Поспелов и Т.Г. Зеленская [11] провели исследования по химическому составу сточных вод Шпаковского по-

An improved method for purification of landfills wastewater, which supposes ozone oxidation in membrane reactor where membrane modified by catalyst compounds is installed. The results of studies on the method of applying of catalyst compounds on the membrane are highlighted. The main characteristics of the membranes modified by a biological method are presented. As a result technological schema of purification of wastewater of Ufa landfill from difficult oxidized substances is proposed.

Key words: landfills, difficult oxidized substances, oxidation method, ozone, catalysts, membranes.

лигона твердых бытовых отходов. Анализ проб стоков, отобранных из тела полигона, показал, что они являются концентрированными и содержащими токсичные компоненты. Н.Л. Шешень [12] рассматривает проблемы загрязнения поверхностных и подземных вод города Калуги. Автором выделяется особая опасность, исходящая от стоков биохимического разложения несанкционированных свалок твердых бытовых отходов. Ю.Ю. Юрьев [13] проводил исследования сточных вод Волгоградского полигона твердых бытовых отходов и пришел к выводу, что сточные виды данного полигона относятся к высокозагрязненным сточным водам. В работах П.А. Потапова, Н.-J.Ehring, K.Kruse [14-17] был проведен анализ состава стоков по ряду полигонов отходов производства и потребления в России и некоторых европейских странах и был сделан вывод о том, что практически все полигоны характеризуются как высокозагрязненные сточные воды, нередко содержащие токсичные компоненты, тяжелые металлы, фенолы и нефтепродукты. Высокий удельный вес среди основных загрязняющих компонен-

Таблица 1

Состав сточных вод Уфимского полигона отходов производства и потребления

| Компоненты сточных вод | Концентрации, мг/дм ³ | Компоненты сточных вод | Концентрации, мг/дм ³ |
|---|----------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| ХПК, мгО ₂ /дм ³ | 1930 | ПАВ | 0,3 |
| БПК _т , мг О ₂ /дм ³ | 793 | Фосфаты | 0,05 |
| Взвешенные вещества | 3 | Сульфаты | 178 |
| Фенол | 5,9 | Сульфиды | 0,5 |
| Нефтепродукты | 5,2 | Хлориды | 5200 |
| Нитраты | 3,01 | Железо | 23 |
| Нитриты | 2,95 | Марганец | 6,11 |
| Азот аммонийный | 530 | Медь | 0,31 |

тов сточных вод полигонов отходов производства и потребления принадлежит трудноокисляемым веществам.

Полигон отходов производства и потребления г. Уфы является ярким примером полигона с напряженным экологическим состоянием, в связи с тем что он эксплуатируется без проекта, в нем не предусмотрены системы отвода сточных вод и биогаза. Полигон общей площадью 102,8 га расположен к северу-востоку от г. Уфы. Участок полигона с запада ограничен рекой Шугуровка, а с востока – ручьем Фирсов. Сток атмосферных осадков с участка полигона осуществляется в реку Шугуровка, в свою очередь она впадает в реку Уфа выше Южного водозабора города, поэтому загрязнение данного водного объекта представляет угрозу для водоснабжения города. Для целей защиты реки Шугуровки от попадания загрязненных сточных вод с полигона на ручье Фирсов и открывающихся в него оврагах построено два защитных пруда. Сточные воды из прудов возвращаются в свободные мазутные и битумные ямы или используются для полива основного массива свалки. Образующиеся дебалансные воды необходимо очищать, так как они характеризуются высокой степенью загрязненности. Состав сточных вод полигона приведен в табл. 1.

Как видно из табл. 1, сточные воды Уфимского полигона характеризуются наличием большого количества трудноокисляемых веществ, фенолов, нефтепродуктов и тяжелых металлов.

В работе [18] был предложен усовершенствованный метод очистки данных сточных вод. В силу того, что воды содержат большое количество трудноокисляемых веществ, в качестве основного метода очистки был использован окислительный. В качестве окислителя был выбран озон. Однако применение озонирования сдерживается значительными энергетическими затратами, поэтому данный процесс

необходимо интенсифицировать. Первым направлением интенсификации процесса окисления озонном было выбрано применение катализаторов [18]. Катализаторы значительно интенсифицируют процесс жидкофазного окисления, а также позволяют избежать недостатков традиционных технологий и обеспечить существенные преимущества при незначительной реконструкции сооружений [19]. В качестве катализаторов были использованы соединения переходных металлов, сульфат железа и хлорид марганца. Вторым направлением интенсификации процесса каталитического озонирования являлось проведение этого процесса в мембранном реакторе.

Авторами [20] были проведены исследования по интенсификации окислительных процессов с использованием гомогенных катализаторов. Однако гомогенные катализаторы тяжело выделить из реакционной смеси, что ведет к перерасходу катализаторов и удорожанию процесса очистки, поэтому более перспективными в процессах каталитического озонирования сточных вод являются гетерогенные катализаторы.

В работе [18] были проведены исследования по модифицированию мембран соединениями катализаторов. Соединения катализаторов могут наноситься на мембраны биологическим и физико-химическим способами. Биологический способ является более универсальным, так как с его помощью соединения катализатора можно наносить как на керамические, так и на полимерные мембраны.

Были проведены эксперименты по оценке размера пор, проницаемости и интенсивности биообращения модифицированных соединениями катализатора биологическим способом мембран в условиях действующих очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод¹ [21, 22].

1 ГОСТ Р 505516-93. Мембраны полимерные. Метод определения точки пузырька плоских мембран. М.: Госстандарт, 1993. 12 с.

Результаты оценки пор испытуемых мембран

| № образца мембраны | Продолжительность приготовления мембраны, сут | Среднее давление в момент появления пузырька, бар | Диаметр пор, мкм |
|--------------------|---|---|------------------|
| 1 | 0 | 3,56 | 0,407 |
| 2 | 5 | 3,64 | 0,398 |
| 3 | 10 | 3,62 | 0,400 |
| 4 | 15 | 3,64 | 0,398 |
| 5 | 20 | 3,6 | 0,402 |
| 6 | 30 | 3,58 | 0,404 |

Для приготовления каталитических мембран были отобраны стойкие к окислителям полимерные мембраны – ультрафильтрационные трековые мембраны, селективный слой которых выполнен из полиэтилентерефталата.

Для нанесения соединений железа и марганца на твердую поверхность биологическим методом использовали воды из Патраковского подземного инфильтрационного водозабора города Нефтекамска, богатые железобактериями. Производилось заселение мембран микроорганизмами. В банку, залитую водой из водозабора, помещали предварительно обезжиренные образцы мембран, плотно закрывали крышкой. Мембраны оставляли в банке на 5, 10, 15, 20, 30 сут при скорости потока 0,5 л/ч. Через указанные промежутки времени мембраны поочередно извлекали, с площади около 1 см² соскабливали ножом образовавшийся налет, помещали его на предметные стекла и исследовали микроскопированием. На мембранах наблюдалось массовое развитие микроорганизмов. Подготовленные таким образом мембраны высушивались при комнатной температуре, обеззараживались в течение 20 мин 3 %-м раствором перекиси водорода и затем подвергались дальнейшим исследованиям.

Оценка величины пор мембран, модифицированных соединениями катализатора биологическим способом

Определение размера пор на полученных ранее образцах мембран, покрытых био пленкой, производилось методом «точки пузырька». Образец мембраны № 1, который не обрабатывался железобактериями, был контрольным. Связь между давлением и радиусом поры $r_{п}$ мкм, через которую прорвался пузырек, определяется уравнением Лапласа:

$$r_{п} = \frac{20\sigma}{\Delta P} \cos \Theta,$$

где σ – поверхностное натяжение воды при 22 °С, 0,0724 Н/м; P – давление, бар;

Θ – краевой угол смачивания материала водой.

При расчете было принято допущение, что поры имеют правильную цилиндрическую форму и смачиваемость мембраны жидкостью абсолютная ($\cos\Theta = 1$). Результаты опытов представлены в табл. 2.

Полученные данные по оценке пор подготовленных мембран показывают, что нанесение био пленки практически не оказало влияния на размеры трековых пор мембран. Размер пор оставался неизменным (около 0,4 мкм) даже при экспозиции в 30 сут.

Оценка проницаемости мембран, модифицированных соединениями катализатора биологическим способом

Проницаемость мембран относится к их основным технологическим свойствам. Испытания мембран проводились под давлением 0,1; 0,2 и 0,3 МПа. Проницаемость мембран оценивалась по количеству полученного пермеата в каждой серии опытов. Результаты испытаний по оценке проницаемости каталитических мембран, полученных биологическим методом, представлены в табл. 3 и на рис. 1.

Полученные данные по проницаемости мембран показывают, что из-за биообрастаний железобактериями проницаемость мембран ухудшилась на 40 %.

Оценка эффективности биообрастания мембран, модифицированных соединениями катализатора биологическим способом в условиях действующих биологических очистных сооружений

Исследования интенсивности биообрастания мембран, модифицированных железобактериями, проводились в условиях действующих биологических очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод санатория Юматово.

Интенсивность биообрастания оценивалась косвенно – по изменению производительности мембран в течение фильтроцикла. Оценка интенсивности биообрастания мембран по их производительности дала следующие результаты (рис. 2).

Таблица 3

Результаты испытаний проницаемости мембран

| № образца | Испытательное давление, МПа | Количество пермеата, м ³ | Проницаемость мембраны, м ³ /м ² с |
|-----------|-----------------------------|-------------------------------------|--|
| 1 | 0,1 | 0,00985 | 1,20•10 ⁻⁴ |
| | 0,2 | 0,0205 | 2,50•10 ⁻⁴ |
| | 0,3 | 0,0304 | 3,70•10 ⁻⁴ |
| 2 | 0,1 | 0,00833 | 1,01•10 ⁻⁴ |
| | 0,2 | 0,0168 | 2,05•10 ⁻⁴ |
| | 0,3 | 0,0246 | 3,00•10 ⁻⁴ |
| 3 | 0,1 | 0,00811 | 9,88•10 ⁻⁵ |
| | 0,2 | 0,0161 | 1,96•10 ⁻⁴ |
| | 0,3 | 0,0243 | 2,96•10 ⁻⁴ |
| 4 | 0,1 | 0,00735 | 8,95•10 ⁻⁵ |
| | 0,2 | 0,0146 | 1,78•10 ⁻⁴ |
| | 0,3 | 0,022 | 2,68•10 ⁻⁴ |
| 5 | 0,1 | 0,0068 | 8,28•10 ⁻⁵ |
| | 0,2 | 0,0136 | 1,66•10 ⁻⁴ |
| | 0,3 | 0,204 | 2,49•10 ⁻⁴ |
| 6 | 0,1 | 0,0063 | 7,68•10 ⁻⁵ |
| | 0,2 | 0,0127 | 1,55•10 ⁻⁴ |
| | 0,3 | 0,0188 | 2,29•10 ⁻⁴ |

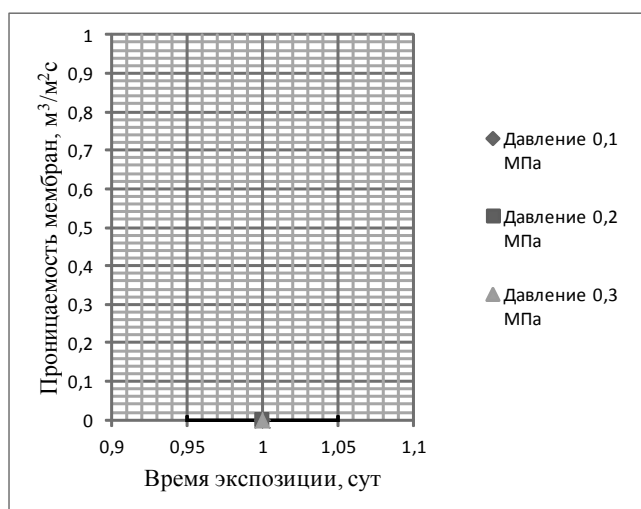


Рис. 1. Влияние продолжительности подготовки мембран на их проницаемость

Испытанию подвергались образцы мембран №1, №4, №5 и №6, модифицированные железобактериями на предыдущем этапе исследований. Из полученных данных видно, что мембраны, работающие в аэротенке, достаточно быстро теряют в производительности. Причем темпы снижения производительности модифицированных мембран №4, №5, №6 и контрольной мембраны №1 практически одинаковые. Был сделан вывод, что интенсивность

биообрастания трековых полимерных мембран, модифицированных соединениями железа и марганца с помощью железобактерий, практически такая же, как и у немодифицированной мембраны. Биологический способ нанесения соединений переходных металлов на поверхность полимеров не показал своей эффективности.

Поэтому для дальнейших исследований были взяты керамические ультрафильтрационные мем-

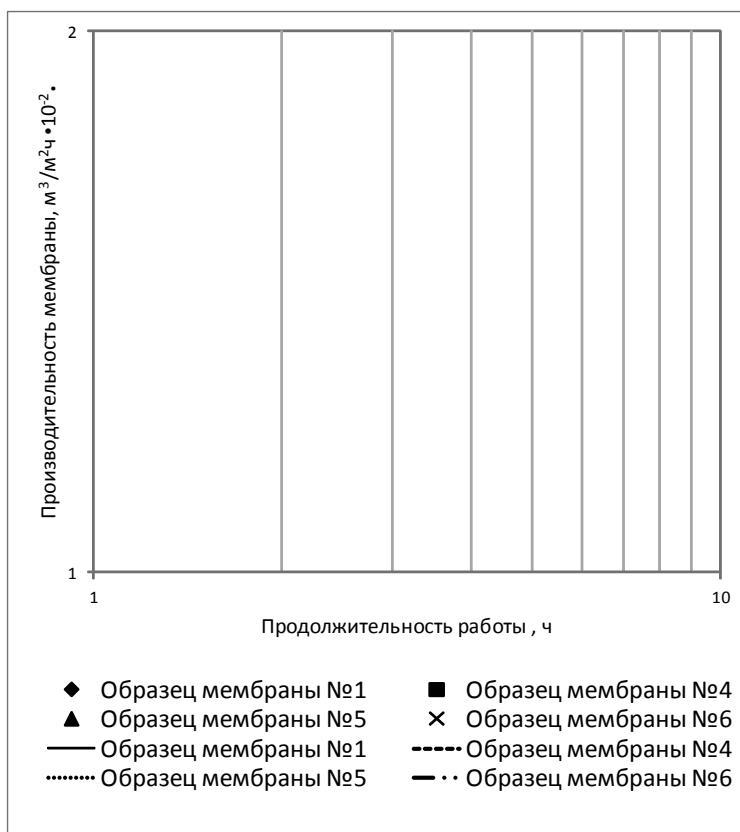


Рис. 2. Изменение производительности мембран в течение первого фильтрационного цикла

браны, на которые соединения катализатора наносились физико-химическим способом – пропитки и прокаливания. Для модифицирования мембраны оксидами марганца ее пропитывали азотнокислыми солями марганца и помещали на 1 ч в 20 %-й раствор NaOH. Затем мембрану промывали водой до исчезновения реакции на ион Na^+ , сушили при 180 °C и прокаливали в воздушной среде при 1200 °C в течение 5 ч. Подготовленная таким образом ультрафильтрационная керамическая мембрана помещалась в мембранный модуль для исследований эффективности каталитического озонирования в мембранном реакторе.

Исследования проводились на сточных водах Уфимского полигона. Эффективность окисления оценивалась по ХПК. Было проведено несколько серий экспериментов. В первой серии экспериментов установка работала с кислородом и в мембранном модуле находилась немодифицированная ультрафильтрационная керамическая мембрана. Значение рН составляло 6,9. В следующих сериях экспериментов условия менялись: окисление производилось озono-кислородной смесью; исследуемые сточные воды подщелачивались; в мембранном модуле уста-

навливалась керамическая мембрана, модифицированная катализаторами; изменялась скорость движения жидкости в мембранном модуле. Результаты исследований приведены в табл. 4.

Добавление в кислород озона до 20 мг/дм³ позволило увеличить эффект снижения ХПК, причем этот эффект возрастал с повышением рН обрабатываемых сточных вод.

Проведенные эксперименты по оценке эффективности применения каталитически активных мембран в процессах окисления озонem сточных вод показали, что применение таких мембран позволяет увеличить степень окисления загрязняющих веществ в этих водах, причем эффективность очистки сточных вод возрастала в щелочной среде. Ведение процесса каталитического окисления озонem сточных вод в щелочной среде, где в качестве катализатора были использованы модифицированные марганцем ультрафильтрационные мембраны, оказалось более эффективным по сравнению с немодифицированными мембранами.

По проведенным исследованиям каталитического озонирования в мембранном реакторе с применением модифицированной мембраны была предложена технологическая схема для очистки

Таблица 4

Эффективность снижения ХПК сточных вод в зависимости от условий проведения процесса обработки сточных вод

| Условия ведения процесса обработки сточных вод | | | | ХПК воды, мг/дм ³ | | Эффект очистки, % |
|---|--------------------|----------------------------|-----|------------------------------|----------------|-------------------|
| окислитель | мембрана | скорость фильтрования, м/ч | pH | исходное | поле обработки | |
| Кислород | Немодифицированная | 0,10 | 6,9 | 2100 | 2037 | 3,0 |
| Кислород | Немодифицированная | 0,10 | 10 | 2100 | 2027 | 3,5 |
| Кислород | Немодифицированная | 0,20 | 6,9 | 2100 | 2027 | 3,5 |
| Кислород | Немодифицированная | 0,20 | 10 | 2100 | 2024 | 3,6 |
| Кислород | Модифицированная | 0,10 | 6,9 | 2100 | 2033 | 3,2 |
| Кислород | Модифицированная | 0,10 | 10 | 2100 | 2024 | 3,6 |
| Кислород | Модифицированная | 0,20 | 6,9 | 2100 | 2012 | 4,2 |
| Кислород | Модифицированная | 0,20 | 10 | 2100 | 2010 | 4,3 |
| Озоно-кислородная смесь 20 мгО ₃ /дм ³ | Немодифицированная | 0,10 | 6,9 | 2100 | 1296 | 38,3 |
| | Немодифицированная | 0,10 | 10 | 2100 | 983 | 53,2 |
| | Немодифицированная | 0,20 | 6,9 | 2100 | 1195 | 43,1 |
| | Немодифицированная | 0,20 | 10 | 2100 | 859 | 59,1 |
| | Модифицированная | 0,10 | 6,9 | 2100 | 1184 | 43,6 |
| | Модифицированная | 0,10 | 10 | 2100 | 647 | 69,2 |
| | Модифицированная | 0,20 | 6,9 | 2100 | 844 | 59,8 |
| | Модифицированная | 0,20 | 10 | 2100 | 458 | 78,2 |

сточных вод Уфимского полигона отходов производства и потребления, которая показана на рис. 3.

Основными модулями очистки являются ультрафильтрационные каталитические и обратноосмотические мембранные фильтры. Для удаления механических примесей предусмотрен блок предварительной очистки. Также предусмотрен блок доочистки, который доводит качество стоков до требований, предъявляемых к очищенным сточным во-

дам, сбрасываемым в водоемы рыбохозяйственного назначения.

Себестоимость очистки 1 м³ сточных вод с применением усовершенствованного метода составила 220,2 руб. Предотвращенный экологический ущерб от загрязнений вод составил 4386762 руб. Экономический эффект от отсутствия платы за сверхнормативный сброс загрязняющих веществ составил 9 474 501 руб./год.

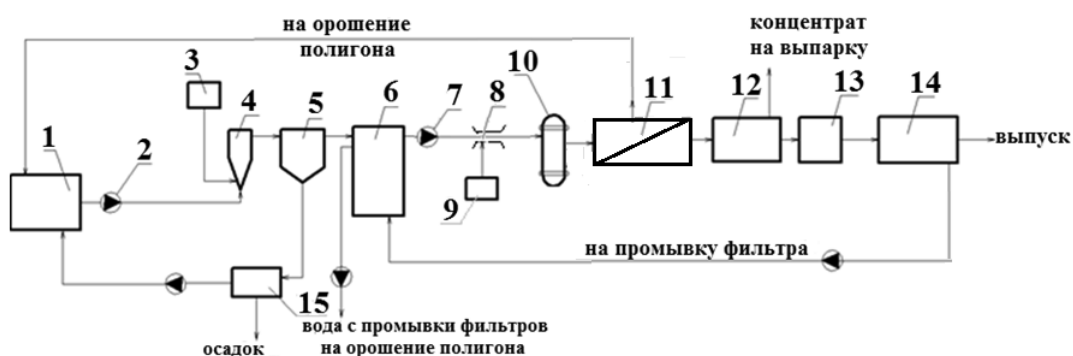


Рис. 3. Технологическая схема очистки сточных вод Уфимского полигона:

- 1 – пруд-накопитель; 2 – насос подачи воды на очистные сооружения; 3 – реагентное хозяйство; 4 – вертикальный смеситель; 5 – вертикальный отстойник со встроенной вихревой камерой хлопьеобразования и тонкослойными модулями; 6 – скорые фильтры; 7 – насос; 8 – эжектор; 9 – генератор озона; 10 – сатуратор; 11 – мембранный каталитический реактор; 12 – установка обратного осмоса; 13 – сорбционные фильтры; 14 – резервуар очищенной воды; 15 – осадкоуплотнитель

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шабанов В.А., Бальзанников М.И., Галицкова Ю.М. Влияние необустроенных городских свалок на окружающую среду // Экология и промышленность России. 2009. № 4. С. 15.
2. Стрелков А.К., Чистяков Н.Е., Занина Ж.В. Использование фильтратов полигонов ТБО // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре [Электронный ресурс]: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2013 года / под ред. М.И. Бальзанникова, Н.Г. Чумаченко / СГАСУ. Самара, 2014. С. 747-748.
3. Стрелков А.К., Чистяков Н.Е., Занина Ж.В. Подготовка фильтратов полигонов ТБО для использования как орошающей жидкости // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре [Электронный ресурс]: материалы 71-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2013 года / под ред. М.И. Бальзанникова, Н.Г. Чумаченко / СГАСУ. Самара, 2014. С. 748-749.
4. Губанов Л.Н., Зверева А.Ю., Зверева В.И. Рециклирование материалов из твердых бытовых отходов и осадков сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 2(10). С. 61-64.
5. Галицкова Ю.М. Совершенствование методов защиты городских территорий от негативного воздействия необустроенных свалок строительных отходов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. № 1. С. 106-110.
6. Степанов С.В., Стрелков А.К., Дубман И.С., Беляков И.С. Опыт проектирования сооружений биологической очистки сточных вод НПЗ по биомембранной технологии // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 70-й Всерос. научно-технической конференции / СГАСУ. Самара, 2013. С. 186-189.
7. Степанов С.В., Степанов А.С., Сташок Ю.Е., Блинова Л.А. Модульные мембранные биореакторы // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 8. С. 51-55.
8. Степанов С.В., Стрелков А.К., Сташок Ю.Е., Бумгартен С., Шерень И, Харьковина О.В. Очистка сточных вод Сызранского НПЗ в мембранном биореакторе // Водоснабжение и санитарная техника. 2012. № 3. С. 66-72.
9. Степанов С.В., Стрелков А.К. и др. Определение кинетических констант для процессов биохимической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 2. С. 46-51.
10. Стрелков А.К., Теплых С.Ю. Охрана окружающей среды и экология гидросферы: учебник / СГАСУ. Самара, 2013. 488 с.
11. Степаненко Е.Е., Поспелова О.А., Зеленская Т.Г. Экологический мониторинг Шпаковского полигона твердых бытовых отходов // Проблемы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды (экологические и правовые аспекты): материалы Международной научно-практической конференции, 16-18 июля. Махачкала, 2010. С. 240-243.
12. Шешеня Н.Л. Загрязнение поверхностных и подземных вод фильтратами полигонов твердых бытовых отходов // Санитарный врач. 2008. № 5. С. 21-28.
13. Юрьев Ю.Ю. Метод снижения антропогенного воздействия полигонов твердых бытовых отходов на окружающую среду: дис. ... к. т. н.: 03.00.16, 05.23.04. Волгоград, 2005. 124 с.
14. Потанов П.А. Обеспечение геоэкологической безопасности полигонов твердых бытовых отходов методами обработки и локализации образующегося фильтрата: дис. ... к.т.н.: 25.00.36. М., 2001. 210 с.
15. Ehring H.-J. Beitrag zum quantitativen und qualitativen Wasserhaushalt von MuUdeponien// Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbsuwesen. Heft 26 – Braunschweig – 1980.
16. Ehring H.-J. Weitergehende Reinigung von Sickerwasser auf Abfalldeponien. Veröffentlichungen des Instituts für Stadtbauwesen // Heft 41. Braunschweig, 1987. S. 222.
17. Kruse K. Langfristiges Emissiongeschehen von Siedlungsabfalldeponien // Institut für Siedlungswirtschaft Technische Universität Braunschweig. Heft 54, Braunschweig, 1994.
18. Фаттахова А.М. Совершенствование окислительных методов очистки сточных вод полигонов захоронения отходов (на примере Уфимского полигона отходов производства и потребления): дис. ...к.т.н.: 05.23.04. Уфа, 2014. 155 с.
19. Фаттахова А.М., Кирсанова А.Г., Хангильдин Р.И., Мартяшева В.А. Применение катализаторов в окислительных процессах очистки природных и сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2011. Вып. № 2. С. 83-87.
20. Фаттахова А.М., Баландина А.Г., Хангильдин Р.И., Мартяшева В.А. Совершенствование способов очистки трудноокисляемых сточных вод // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. Вып. № 4(12). С. 37-42.
21. Хангильдин Р.И., Шарафутдинова Г.М., Мартяшева В.А., Фаттахова А.М., Кирсанова А.Г. Изучение характеристик мембран, модифицированных соединениями железа и марганца // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18, № 2. С. 151-155.
22. Хангильдин Р.И., Шарафутдинова Г.М., Мартяшева В.А., Фаттахова А.М., Кирсанова А.Г. Исследование биологически модифицированных мембран в биореакторах // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18, № 2. С. 196-198.

© Фаттахова А.М., 2015

Об авторе:

ФАТТАХОВА Альфия Мухарямовна

преподаватель кафедры автомобильных дорог и технологий строительного производства
Уфимский государственный нефтяной технический университет
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1
E-mail: alfya123@mail.ru

FATTA KHOVA Alfiya

Assistant of the Roads and Construction Technologies Chair
Ufa State Petroleum Technological University
450062, Bashkortostan, Ufa, Kosmonavtov str., 1
E-mail: alfya123@mail.ru

Для цитирования: Фаттахова А.М. Усовершенствованный способ очистки сточных вод полигонов захоронения отходов // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2015. Вып. № 2 (19). С. 60-66. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.10
For citation: Fattakhova A.M. Improved Method of Landfills Wastewater Treatment (through the Example of Ufa Landfill of Production and Consumer Waste) // Vestnik SGASU. Gradostroitelstvo i arhitektura [Vestnik of SSUACE. Town Planning and Architecture]. 2015. №2 (19). Pp. 60-66. DOI: 10.17673/Vestnik.2015.02.10 (in Russian)