

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

МАТЕРИАЛЫ

**Региональной научно-технической
конференции
«ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДООЧИСТКА
В ПРОМЫШЛЕННОСТИ
И ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»**

Научное издание
2018

Под общей редакцией Р. А. Смит

Санкт-Петербург
2021

УДК 628.16
ББК 31.37
В624

Редакционная коллегия:

старший преподаватель *О. В. Фёдорова* (Санкт-Петербургский
государственный университет промышленных технологий и дизайна)
старший преподаватель *Р.А. Смит* (Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна)

В624 Водоподготовка в промышленности и в городском хозяйстве:
Материалы региональной научно-технической конференции 21 декабря
2018 года / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «С.-Петерб. гос. ун-т
промышленных технологий и дизайна»; под общ. ред. Р. А. Смит. –
СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 69 с.

ISBN 978-5-91646-267-8

Сборник включает материалы региональной научно-технической конференции, представленные студентами и аспирантами Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД. Конференция была организована в целях привлечения обучающихся к вопросам бережного отношения к ресурсам и энергосбережению, развития навыков постановки и проведения самостоятельных научных исследований, критического осмысления и обобщения изучаемого материала. Предназначается тем, кто интересуется современными технологиями и методами исследования водоподготовки в промышленности и в городском хозяйстве.

УДК 628.16
ББК 31.37

ISBN 978-5-91646-267-8

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Ю.В. Барцева, М.А. Мальцева, М.П. Стукалова Эффективные методы утилизации осадков коммунальных и промышленных предприятий	4
Ю.В. Мухина, А.С. Горностаева Эффективные реагенты в водоподготовке	7
В.Е. Кусов, А.А. Мацухов Разработка эффективных способов очистки чёрного щёлока сульфатцеллюлозного производства от серосодержащих соединений	14
А.И. Кушнеров Управление химической нагрузкой при сбросе сточных вод на бассейновом уровне	17
Ю.П. Московская, К.С. Карпова Очистка сточных вод черного потока сульфатцеллюлозного производства методом коагуляции	25
Л.В. Нарыжная, П.К. Жустерова Сравнительная характеристика очистки сточных вод от кислот с помощью активированных углей и ионообменных смол	31
С.В. Рожкова, А.Л. Чаус Экологическое состояние природных вод	33
Н.А. Родькина, В.П. Филимонов Мембранные методы очистки производственных вод	38
Д.М. Кокушкин Очистка сточных вод от органических веществ	42
Д.А. Скотникова, М.С. Дулин Очистка сточных вод от солей железа	46
Е.Ю. Кулакова, А.А. Губин Снижение пенообразования промывных вод в ЛПК	49
А.С. Брагина, Ю.О. Кирпищикова Инновационные методы очистки природных вод	53
А.С. Терехин Очистка сточных вод от бензола различными видами активированных углей	57
Е.А. Чердакова, П.П. Корнев Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ	61
К.А. Пушкина, Р.Д. Голосов Очистка сточных вод от кислот с помощью различных марок активированных углей	63
Р.П. Беломоев Водопотребление и очистка стоков производства печатных плат	66

ЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ ОСАДКОВ КОММУНАЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Ю.В. Барцева, М.А. Мальцева, М.П. Стукалова

научный руководитель: Р.А. Смит

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Загрязненность территории нашей страны является наиболее актуальной экологической проблемой. Особую озабоченность вызывают отходы, образованные в процессе очистки городских сточных вод: канализационные илы и осадки сточных вод. Наличие в составе отходов тяжелых металлов обуславливает их IV класс опасности. Чаще всего такие виды отходов складированы под открытым небом и не подлежат дальнейшей переработке. В работе рассмотрены различные методы утилизации, которые применяют в настоящее время.

Ключевые слова: осадки сточных вод, методы очистки, микроволновый пиролиз, флокулянт.

Крупнейшая экологическая проблема нашей страны – загрязненность территории отходами. Особую озабоченность вызывают отходы, образованные в процессе очистки городских сточных вод: канализационные илы и осадки сточных вод. Основная специфика таких отходов – их двухкомпонентность: система состоит из органической и минеральной составляющей (80 и 20 % соответственно в свежих отходах и до 20 и 80 % в отходах после длительного хранения). Наличие в составе отходов тяжелых металлов обуславливает их IV класс опасности. Чаще всего такие виды отходов складированы под открытым небом и не подлежат дальнейшей переработке [1].

При очистке производственных сточных вод образуются осадки различного состава, отражающие особенности технологии производства и содержащие компоненты веществ, применяемых при физико-химической очистке сточных вод промышленных предприятий. Осадок, образующийся при очистке сточных вод, как правило, имеет высокую влажность – 95 % и более. Несмотря на то, что путем механического обезвоживания удаляется большое количество воды, и масса осадка уменьшается в 5–6 раз, все же в

обезвоженном осадке остается большое количество воды. Плата за вывоз и размещение на полигоне взимается, в основном, не за вредные вещества осадка, а за содержащуюся в нем воду, так как величина платы пропорциональна массе влажного осадка. Поэтому обезвоживание осадков необходимо не только для промышленных предприятий в целях уменьшения платы за размещение отходов, но и для сохранения окружающей среды [2].

Поскольку проблема загрязнения воды является очень актуальной, рассмотрим, какие существуют эффективные методы очистки осадков предприятий.

Все осадки производственных сточных вод можно разделить на два класса: инертные и токсичные. Кроме того, осадки могут быть стабильными и нестабильными (загнивающими). Если в производстве образуются загнивающие осадки, то после уплотнения необходимо проводить стабилизационную обработку.

Осадки сточных вод – это примеси в виде твердой фазы, которые отделяют при механической очистке. Каждый осадок характеризуется влажностью, т.е. отношением массы воды к массе всего осадка.

Стабилизационная обработка – это изменение физико-химических характеристик осадка, при которых происходит подавление жизнедеятельности гнилостных бактерий. Этой обработке подвергаются только те осадки, в состав которых входит значительная часть органики.

Сущность обработки осадков заключается в удовлетворении следующих требований:

1. Осадок не должен содержать источники вторичного загрязнения окружающей среды.
2. Осадок не должен содержать источники заболеваний людей и животных.
3. Агрегатное состояние твердых частиц осадка должно соответствовать способу и средствам его утилизации (в жидком, сгущенном, высушенном состоянии).

В общем случае, обработка осадков производственных сточных вод состоит из уплотнения или сгущения, стабилизации, кондиционирования, обезвоживания, обезвреживания, ликвидации, обеззараживания и утилизации [3].

Метод Geotube является современным методом обезвоживания осадков производственных и бытовых сточных вод. Сущность метода заключается в наполнении контейнера осадком, предварительно обработанным полимерами, и фильтровании жидкой фазы осадка через стенки контейнеров, изготовленных из полимерного фильтрующего

материала – геотекстиля. После завершения процесса обезвоживания контейнер разрезается, а обезвоженный материал вывозится для дальнейшего размещения или из контейнеров создаются искусственные сооружения с поверхностным перекрытием и озеленением склонов. В результате сушки или зимнего вымораживания в течение нескольких лет происходит уменьшение объема осадка на 90 % с остаточной влажностью 5 %. По расчетам фирмы-производителя, технология Geotube имеет неоспоримые преимущества по сравнению с другими методами обезвоживания: себестоимость обезвоживания осадка на 20–30 % ниже, чем с использованием аппаратов; отсутствие сложных элементов; эстетичность; отсутствие обводнения атмосферными осадками; возможность обезвоживания осадка, временного складирования или постоянного захоронения на месте его образования; низкое энергопотребление [2].

Микроволновый пиролиз. Это метод пиролиза осадка сточных вод с использованием микроволновой печи. Было установлено, что если обычный сырой влажный шлам обрабатывается в микроволновой печи, происходит только сушка образца. Однако, если осадок смешан с небольшим количеством подходящего микроволнового поглотителя (такого, как полугокс, произведенный в самом пиролизе) температура может достичь до 900 °С, так чтобы происходил пиролиз, а не сушка. Микроволновая обработка была также сравнена с теми, которые проводились в обычной электрической печи, а также характеристики их соответствующих твердых углеродистых осадков [4].

Использование флокулянта VTAФ 96 для обезвоживания осадка. Катионный флокулянт VTAФ 96 – это синтетический положительно заряженный высокомолекулярный сополимер акриламида с увеличенным содержанием катион-активного сомономера. Флокулянт эффективен при механическом обезвоживании ОСВ, уплотнении ОСВ или его компонентов (избыточного ила, осадка из первичных отстойников) под действием силы тяжести. Флокулянт представляет собой белый порошок без запаха с гранулами размером 0,5–1,7 мм. Порошковый реагент устойчив при температурах от 0 до 150 градусов Цельсия. В ходе эксперимента использовался 0,2%-ный раствор флокулянта, приготовление заключалось в добавлении навески реагента (0,4 г) к 200 мл водопроводной воды комнатной температуры и последующем постоянном перемешивании на магнитной мешалке в течение 30 минут до полного растворения кристаллов. Затем выжидалось еще 15 минут – минимально необходимое время для формирования устойчивого раствора полимера. Полученный раствор стабилен в течение 48 часов, рабочий диапазон кислотности среды 3–9.

Благодаря научно-исследовательским работам было установлено, что флокулянт VТАF 96 высоко эффективен для обезвоживания не только свежих ОСВ хозяйственно-бытовых, промышленных предприятий, но и для ОСВ полигонов. Исследуемый флокулянт позволяет увеличить эффективность водоотдачи осадка, определяемую посредством фильтрации, до 4 раз в сравнении с естественной водоотдачей и не уступает по этому показателю прочим используемым флокулянтам. Данный флокулянт также позволяет уменьшить эксплуатационные затраты благодаря уменьшению объема ОСВ при его хранении на иловых площадках и полигонах [5].

Список литературы

1. Справочник эколога. Переработка осадков сточных вод. [Эл. Ресурс] Режим доступа: https://www.profiz.ru/eco/8_2015/osadki/
2. Будыкина Т.А. Сушка осадка производственных сточных вод в естественных условиях. – Вестник РУДН. – Том 25. –№2, 2017.– С. 242 – 252.
3. Дягилева А.Б., Лоренцсон А.В., Чернобережский Ю.М. Промышленная экология: учебное пособие. – СПб: СПб ГТУ РП, 2012. – 109 с.
4. Menendez J.A., Inguanzo M., Pis J.J. Water research. – Том 36, 2002. – С. 3261-3264.
5. Савинов С.С. Возможности флокулянта VТАF 96 для обезвоживания осадка хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод. – Вестник гражданских инженеров, 2017. – С. 10 – 110.

УДК 628.161.3

ЭФФЕКТИВНЫЕ РЕАГЕНТЫ В ВОДОПОДГОТОВКЕ

Ю.В. Мухина, А.С. Горностаева

научный руководитель: Р.А. Смит

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Очистка сточных вод от растворенных примесей является наиболее актуальной экологической проблемой. Среди всего разнообразия методов реагентная очистка воды (предочистка) является неотъемлемой частью процесса водоподготовки. В работе рассмотрены основные реагенты, применяемые в настоящее время в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: реагентная очистка воды, загрязняющие вещества, коагулянт, флокулянт, известь, нейтрализация, фосфатирование.

Наиболее распространенными веществами, загрязняющими сточные воды, являются вредные химические соединения, попадающие в водоемы с отходами промышленности или сельского хозяйства. К ним относят нефтепродукты, ионы тяжелых металлов, фосфаты и пр. [1]. В настоящее время на рынке химикатов для очистки воды в зависимости от целей ее дальнейшего использования представлен довольно широкий ассортимент продукции. Выбор того или иного реагента обусловлен составом загрязняющих веществ, санитарных и технологических требований, предъявляемых к очищенной воде [2]. Методы обработки воды делятся на 4 группы: механические, химические, физико-химические и биологические. Однако в промышленности, в основном, применяют комбинацию несколько способов, что позволяет достичь более эффективных результатов. Применение только лишь эффективных сорбционных методов без предочистки химикатами нецелесообразно ввиду быстрого выхода из строя фильтров. Реагенты для очистки воды используются в виде водного раствора, в виде сухого порошка или в водомасляной эмульсии [3].

Ниже будут рассмотрены основные процессы и реагенты, применяемые для предварительной очистки сточных вод.

Коагуляция представляет собой процесс группирования мельчайших частиц загрязнений в более крупные образования для их последующего отделения. Загрязнения находятся как во взвешенной твердой фазе, так и в виде мельчайших «плавающих» капель жидкостей. Эти взвешенные частицы обычно имеют отрицательный заряд и благодаря окружающему их ионному слою не могут приблизиться друг к другу на расстояние, когда начинают действовать силы межмолекулярного взаимодействия. Процесс укрупнения загрязняющих частиц запускается под воздействием коагулянтов, которые нейтрализуют отрицательный заряд, находящийся на поверхности частиц загрязнений в сточной воде [4].

Флокуляция осуществляется под воздействием химических реагентов, с помощью которых происходит формирование хлопьев или агрегатов из тонких диспергированных частиц. Метод флокуляции может успешно происходить только тогда, когда уже произошла дестабилизация вредных частиц, поэтому ее следует проводить только после того, как будет проведена коагуляция [5].

Сульфат алюминия. Бумажная промышленность и производство упаковочных материалов, текстильная промышленность и производство

нетканых материалов, кожевенная и другие отрасли промышленности используют сульфат алюминия в качестве коагулянта в предварительной очистке воды. Реагент не образует токсичных соединений, не ядовит, не требует специальных приготовлений, достаточно обычных мероприятий по защите кожи от прямого попадания химикатов, а также у него отсутствуют побочные эффекты [4].

Оксихлорид алюминия. Он отличается тем, что алюминий в нем содержится не в виде ионов (как у сульфата алюминия), а в виде аквагидрокомплексов, которые имеют достаточно высокий заряд и молекулярную массу. Благодаря своей большой удельной поверхности, гидрокомплексы и продукты их гидролиза способны захватить, адсорбировать на себе и удалить из очищаемой воды большое количество растворенных в воде примесей, что и отличает его от сульфата алюминия [6].

Железосодержащие коагулянты. Хлорид железа представляет собой темные с металлическим блеском гигроскопичные кристаллы. Сульфат железа представляет собой прозрачные зеленовато-голубые кристаллы, легко бурящие на воздухе в результате окисления железа.

Использование солей железа в качестве коагулянта предпочтительнее по сравнению с сульфатом алюминия, поскольку они способствуют улучшению коагуляции при низких температурах воды, и на процесс мало влияет кислотность среды. Коагуляция с использованием солей железа неприемлема для сточных вод, содержащих фенолы, так как образующиеся растворимые в воде феноляты железа интенсивно окрашены [7].

Фосфогипс. Очистка сточных вод от сульфидов осуществляется каталитическим окислением их кислородом воздуха, например, сточных вод кожевенных и бумажных предприятий. На стадии предварительной очистки вводят порошок фосфогипс, который является малоиспользуемым дешевым отходом производства и в больших количествах образуется на предприятиях по производству минеральных удобрений [8].

Высокая степень очистки от сульфитов при одновременном сокращении общей продолжительности процесса. В данном случае фосфогипс проявляет свойства сорбента и коагулянта одновременно, не являясь ни тем, ни другим [9].

Смешанное введение реагентов. Одновременное введение в очищаемую воду неорганического коагулянта и катионного флокулянта с последующим отделением образовавшихся флокул фильтрованием зачастую позволяет повысить качество очистки воды. Способ позволяет непосредственно после введения реагентов осуществить отделение образовавшихся флокул, понизив мутность исходной воды более чем на 99 %, цветность

более чем на 90 %, а окисляемость, характеризующую содержание окисляемых органических и минеральных веществ в очищаемой воде, более чем в 2 раза. Полученный раствор реагента используют при очистке воды как в потоке, так и в стационарном режиме [5].

Известковое молоко. Известкование воды – обработка воды раствором известкового молока, то есть суспензией CaO в воде. Реагент обеспечивает нейтрализацию сточных сульфатсодержащих вод, применение которой уменьшает объем осадка, что упрощает дальнейший процесс обезвоживания и утилизации [10]. Помимо этого, при известковании воды происходит удаление органических соединений, соединений железа, кремнекислоты и декарбонизация. Применение извести при коагуляции сульфатом алюминия позволяет проводить процесс при оптимальном значении рН [3].

Оксид и гидроксид магния. Являясь природным щелочным образованием, $\text{Mg}(\text{OH})_2$ может применяться на каждой стадии нейтрализации кислых стоков, улучшая весь процесс. Благодаря более низкой молекулярной массе, гидроксид магния выпускает больше ионов, чем каустическая сода и гашеная известь. Реагент постепенно нейтрализует кислоты, достигая максимального значения рН=9-9,5. При нейтрализации не происходит значительного выделения тепла и отсутствует опасность получения сильно щелочных растворов при неверной дозировке реагента. $\text{Mg}(\text{OH})_2$ особо эффективен при нейтрализации органических и неорганических кислот, таких как серная, соляная, фосфорная, азотная и уксусная.

Помимо этого, достаточно эффективным методом очистки является магниальное обескремнивание – обработка воды каустическим магнезитом в виде магниального молока, то есть суспензией MgO в воде [3].

Гипохлорит натрия. NaClO является неорганическим соединением и применяется в жидком виде с концентрацией 10–12 %. Эффективен против большинства болезнетворных микроорганизмов. Явные его преимущества в том, что он относительно безопасен при использовании и хранении, а при получении на месте использования не требует транспортировки и хранения опасных химикатов. Является достаточно дешевым реагентом из-за отсутствия необходимости в восстановлении обменной способности загрузки фильтров, устройств сооружений обработки и утилизации регенерационных стоков [11]. Однако вместе с этим является неэффективным против цист, при продолжительном хранении теряет свою активность и возникает опасность выделения газоопасного хлора. Также требует быстрого использования при получении на месте, где нет возможности его хранения, или же для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Гипохлорит натрия –

легкоразлагающееся неустойчивое соединение, самопроизвольное разложение которого происходит при комнатной температуре [12].

Также обеззараживание воды проводят методом аммонирования. Он осуществляется путем введения реагента сульфата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_2$ за несколько секунд до хлора. С хлором он образует хлорамины, связывая свободный хлор, благодаря чему значительно сокращается образование хлорорганики, сокращается расход хлора, уменьшается коррозия труб водопровода [13].

Соли цинка. ЦБП являются мощными загрязнителями природных вод объемными и многокомпонентными стоками, в состав которых входят весьма токсичные хлорорганические соединения (ХОС) и лигносульфонаты натрия (ЛС). Снижение содержания ХОС и ЛС-соединений в сточных водах ЦБП достигается осаждением загрязнителей из водных растворов в виде нерастворимых смешанных комплексов с солями цинка (ZnCl_2 , ZnSO_4 , $\text{Zn}(\text{OAc})_2$ и др.) и имидазолом или его производными.

Сточные воды обрабатываются солями цинка и имидазолом или его производными в виде водонерастворимых комплексов. Способ обеспечивает 70%-ное извлечение хлорорганических соединений (хлорлигнинов) из отбельных стоков ЦПБ и 90%-ное извлечение лигносульфонатов натрия из водных растворов [14].

Гидросульфит и сульфит натрия. Эти реагенты чаще всего применяются для очистки сточных вод от шестивалентного хрома. Такая обработка целесообразна при высоких концентрациях хрома в воде, в другом случае эффективность очистки снижается. Достоинства этих реагентов заключаются в возможности очистки сточных вод любых объемов и с любой концентрацией компонента, а также простота автоматизации при заданных параметрах. Главными недостатками является непригодность очищенных вод для оборотного водоснабжения и наличие сложности утилизации шламов из-за наличия обводненного осадка [13].

Праестол. Является немецким флокулянтom, имеющим различные функциональные группы. В основном его применяют для повышения нефтеотдачи и обезвоживания пластов и обезвоживания шламов в нефтяных и целлюлозно-бумажных отраслях промышленности [15].

Применение этих флокулянтов позволяет улучшить формирование хлопьев и их размеры, качество фильтрата, разделение жидкости от твердого вещества, пропускную способность, а также приводит к уменьшению образования и объема ила. Одним из достоинств праестола также является то, что на утилизацию осадка требуется меньше экономических затрат. Флокулянты можно использовать везде, где необходимо эффективное

разделение твердого вещества от жидкости для ускорения осаждения или флотации взвешенных твердых частиц. Они также улучшают обезвоживание сгущенного ила во время статических или механических процессов обезвоживания [2].

Фосфатирование котловой воды. В паровых котлах при высокой кратности испарения и сравнительно небольших водяных объемах в котловой воде сильно возрастает концентрация солей, что приводит к возникновению опасных образований накипи на поверхности нагрева. При низких значениях рН ионы водорода превращаются в газ водород. Этот газ взаимодействует с углеродом сплавов стали, образуя метан, и в конечном итоге все это приводит к катастрофическому разрушению стали.

Для предотвращения кальциевых накипей и коррозии металла наряду с глубоким умягчением добавочной воды проводится коррекционная обработка котловой воды фосфатами. Фосфатирование позволяет избежать возникновения твердых силикатных и сульфатных отложений и должно быть использовано, если имеется угроза их образования. Необходимо также иметь в виду, что при использовании данного метода жесткость питательной воды должна находиться в пределах 5–6 мкг-экв/кг, чтобы избежать образования в котлах фосфатных отложений [16].

Список литературы

1. BWT. Best Water Technology. [Эл. Ресурс] Режим доступа: <http://www.bwt.ru/useful-info/704/>
2. Solenis. Praestol™ Flossulants. [Эл. Ресурс] Режим доступа: <https://solenis.com/en/industries/municipal/innovations/praestol-flocculants/>
3. Комиссаренков А.А., Пругло Г.Ф., Фёдоров В.А., Фёдорова О.В. Основы водоподготовки в целлюлозно-бумажной промышленности и теплоэнергетике. – СПб: СПб ГТУРП, 2012. – 98 с.
4. Музыченко О.В. Современные коагулянты. Вологдинские чтения, 2009. – С. 82-84.
5. Братская С.Ю. Сергиенко В.И., Червонецкий Д.В., Авраменко В.А. Способ очистки воды и комплексный флокулянт для осуществления способа. Патент РФ № 2253625. МПК-7: С02F1/54. 2005
6. Сколубович Ю.Л. Окислительные и коагуляционные методы очистки воды для питьевого водоснабжения. Строительство и архитектура, 2010. – С. 121-125.
7. Камалиева А.Р. Комплексная оценка качества алюмосодержащих и железосодержащих реагентов для очистки воды. Вестник Казанского технологического университета, 2013. – С. 35-42.

8. Витковская Р.Ф., Панов В.П., Петров С.В., Терещенко Л.Я., Уханова Е.И. Способ очистки сточных вод от сульфидов. Патент РФ № 2099292. МПК-8: CO2F1/74, 1997.
9. Русское горно-химическое общество. Первичная и вторичная водоочистка. [Эл. Ресурс] Режим доступа: <http://www.magminerals.ru/application-field/water-treatment-gas-treatment/acidic-waste/>
10. Назаров В.Д., Смирнов Ю.Ю., Назаров М.В. Способ нейтрализации кислых сульфатсодержащих сточных вод. Патент РФ № 2355647. МПК-8: CO2F1/66, 2009.
11. Фесенко Л.Н. Сравнительная экономическая оценка методов деаммонизации питьевой воды ионообменом и окислением гипохлоритом натрия. – Кисловодск, 2009 г. – С. 127-133.
12. Арцибашева М.С. Обеззараживание воды гипохлоритом натрия. Теория и технология металлургического производства, 2011. – С. 165-171.
13. Дягилева А.Б., Лоренцсон А.В., Чернобережский Ю.М. Промышленная экология. СПб: СПб ГТУ РП, 2012. – 109 с.
14. Серов В.А., Афанасьев Н.И., Бровка О.С., Засухина Л.В. Способ очистки сточных вод от хлорорганических и лигносульфонатных соединений. Патент РФ № 2129532. МПК-8: CO2F1/58, 1999.
15. Морева Ю.Л., Лоренцсон А.В.; Промышленная экология: методические указания для выполнения лабораторных. – СПб: СПбГТУРП, 2012. – 38 с.
16. Энциклопедия по машиностроению XXL. Фосфатирование котловой воды. [Эл. Ресурс] Режим доступа: <http://mash-xxl.info/info/201516/>

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ОЧИСТКИ ЧЁРНОГО ЩЁЛОКА СУЛЬФАТЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ СОЕДИНЕНИЙ

В.Е. Кусов, А.А. Мацухов

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: На основании анализа научно-технической литературы было выявлено, что на сульфатцеллюлозном производстве получили распространение биологические и химические методы очистки от серосодержащих соединений. Однако проблема разработки новых и оптимизации существующих способов утилизации серосодержащих отходов является на сегодняшний день актуальной. Основные недостатки имеющихся способов очистки стоков – высокая энергоёмкость, сложность технологического оформления, связанные с высокими концентрациями загрязняющих веществ. В данной работе был предложен ионообменный способ очистки черного щелока от серосодержащих соединений с помощью органического анионита АВ-17-8 для повышения эффективности.

Ключевые слова: анионит, методы очистки воды, серосодержащие соединения, сульфат-целлюлозное производство, фотоколориметрия.

Целлюлозно-бумажная промышленность относится к ведущим отраслям народного хозяйства, так как Россия располагает огромными лесосырьевыми ресурсами. Кроме того, велика потребность в продукции этой отрасли, как в России, так и за рубежом, и это определяет большой объём выпускаемой продукции. Одним из ведущих промышленных методов щелочной делигнификации древесины является сульфатный процесс получения целлюлозы. Достоинством данного метода является возможность использования в нём практически всех пород древесины, а регенерация химикатов делает процесс экономически очень эффективным [1].

Выработка целлюлозы коренным образом отличается от бумажного производства и представляет собой химический процесс с довольно сложной системой регенерации химикатов. В противоположность этому производство бумаги является в основном механическим процессом с сопутствующими ему физико-химическими, главным образом, сорбционными явлениями. Вследствие такого различия именно производство целлюлозы является

основным загрязнителем атмосферного воздуха и водоёмов. Производство бумаги и картона, за редким исключением, воздух не загрязняет, но загрязняет водоёмы стоками, содержащими преимущественно взвешенные вещества: волокно и наполнители. Кроме того, в состав целлюлозно-бумажного комбината входит теплоэлектростанция, сжигающая природное топливо и также загрязняющая атмосферу и водоёмы.

В процессе сульфатной варки, помимо собственно целлюлозы, образуется множество отработанных продуктов, некоторые из них представляют собой вещества, которые имеют стойкий и неприятный запах, например, в результате омыления метоксильных групп лигнина с образованием метанола и летучих метилсернистых соединений: метилмеркаптана (ММ), диметилсульфида (ДМДС), а также окисленный ММ до диметилдисульфида (ДМДС). В процессе варки небольшое количество метилсернистых соединений и сероводорода удаляются конденсированием, а остальное попадает в черный щелок в виде сульфида и меркаптида натрия, которые впоследствии направляются в сточные воды. Наличие серосодержащих соединений сильно сказывается на экологии и качестве жизни человека. Так, сероводород и ММ, являющиеся токсичными, вызывают вспухание активного ила, что негативно воздействует на его жизнедеятельность [3]. Повышение требований к значениям нормативно-допустимого сброса (НДС) сточных вод требует более эффективных и экологических способов их очистки.

Существующие механические, биологические, физико-химические и химические методы очистки недостаточно хорошо очищают сточную воду от серосодержащих веществ. Группа механических методов основана на процессах фильтрования, процеживания, инерционного разделения и отстаивания. В результате проведения данных процессов от очищаемой воды отделяют нерастворимые взвешенные вещества. Чаще всего данные методы являются вспомогательными.

Среди биологических методов существуют микробиологические методы очистки воды, основанные на способности микроорганизмов использовать для своего метаболизма сераорганические соединения в качестве единственного источника углерода и энергии. Также известен способ биологической очистки сточных вод, включающий биодegradацию сераорганических соединений с помощью штаммов бактерий *Pseudomonasa eruginosa*, *P.fluorescence*, *Achromobacter stutzeri*, актиномицетов *Streptomyces sioyagensis* [4].

Существующие способы очистки дорогостоящие и менее эффективны на сегодняшний день. В связи с этим в данной работе был выбран метод

ионного обмена. Проводили очистку черного щелока с ОАО «Сегежский ЦБК» от серосодержащих соединений с помощью органического анионита АВ-17-8. Анионит представляет собой небольшие гранулы (около 1 мм в диаметре) от светло-желтого до темно-желтого цвета. Это монофункциональная ионообменная смола с гелевой и макропористой структурой, представляющая собой высокомолекулярное полимерное вещество.

Очистка проводилась методом ионного обмена в динамических условиях. В связи с тем, что черный щелок является многокомпонентной структурой, изменение его концентрации определяли на спектрофотометре СФ-2000. Черный щелок пропускали через ионообменную колонку с анионитом со скоростью одна капля в секунду.

Было отмечено уменьшение оптической плотности, что свидетельствует об очистке черного щелока. Эффективность очистки составила 20 % [1].

$$\text{Э}\% = \frac{D_{\text{исх}} - D_{\text{кон}}}{D_{\text{исх}}} * 100\% = \frac{0,015 - 0,012}{0,015} * 100\% = 20 \%, \quad (1)$$

где $D_{\text{исх}}$ – оптическая плотность исходного черного щелока

$D_{\text{кон}}$ – оптическая плотность черного щелока после очистки

На основании полученных экспериментальных данных по очистке черного щелока в виде сульфатных комплексов показана возможность комплексной очистки от серосодержащих соединений с использованием органического анионита АВ-17-8 и предложенных ранее методов.

Список литературы

1. Григорай О.Б., Иванов Ю.С., Комиссаренков А.А. и др. Переработка черных щелоков сульфатного производства: учебное пособие / СПбГТУРП. – СПб., 2012. – 106 с.: ил. 29.
2. Губайдулин Ф.Р., Абрамов М.А., Сахабутдинов Р.З. и др. Способ очистки воды от сернистых соединений. Патентный поиск [Электронный ресурс] <http://www.findpatent.ru/patent/262/2626367.html>.
3. Непенин Ю.Н. Производство сульфатной целлюлозы // Технология целлюлозы. В 3-х томах. – 2-е изд. – М.: Лесная промышленность, 1990. – Т.1. – 600 с.
4. Сорокин Д.Ю. Окисление соединений серы гетеротрофными микроорганизмами // Изв. АН СССР. – Сер. биол. – 1991. №4 – С.560–562, 566–570.

УПРАВЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД НА БАССЕЙНОВОМ УРОВНЕ

А.И. Кушнеров

научный руководитель: А.И. Шишкин

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных
технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: В работе представлены результаты оценки химической нагрузки предприятий на водный бассейн Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Определены участки с высокой степенью нагрузки и показатели, по которым превышены экологические нормативы. Проведено сравнение разработанных индексов с существующими. Предложен подход по снижению фактической нагрузки на водные объекты и даны рекомендации по управлению водным бассейном.

Ключевые слова: интегральная оценка, фактическая и допустимая нагрузка, водный бассейн, загрязняющие вещества.

В соответствии с водохозяйственным районированием [1] территория Санкт-Петербурга находится на водосборной площади трех бассейнов:

1. Бассейн северной части Финского залива;
2. Бассейн р. Нева и рек Ладожского озера;
3. Бассейн р. Луга и рек южной части Финского залива.

Все перечисленные бассейны относятся к Балтийскому бассейновому округу (код б/о 01), каждый из которых находится на территории двух субъектов РФ: Санкт-Петербург и Ленинградская область.

Все исследуемые расчетные водохозяйственные подучастки (РВП) с индивидуальными номерами представлены на карте-схеме (рис. 1):

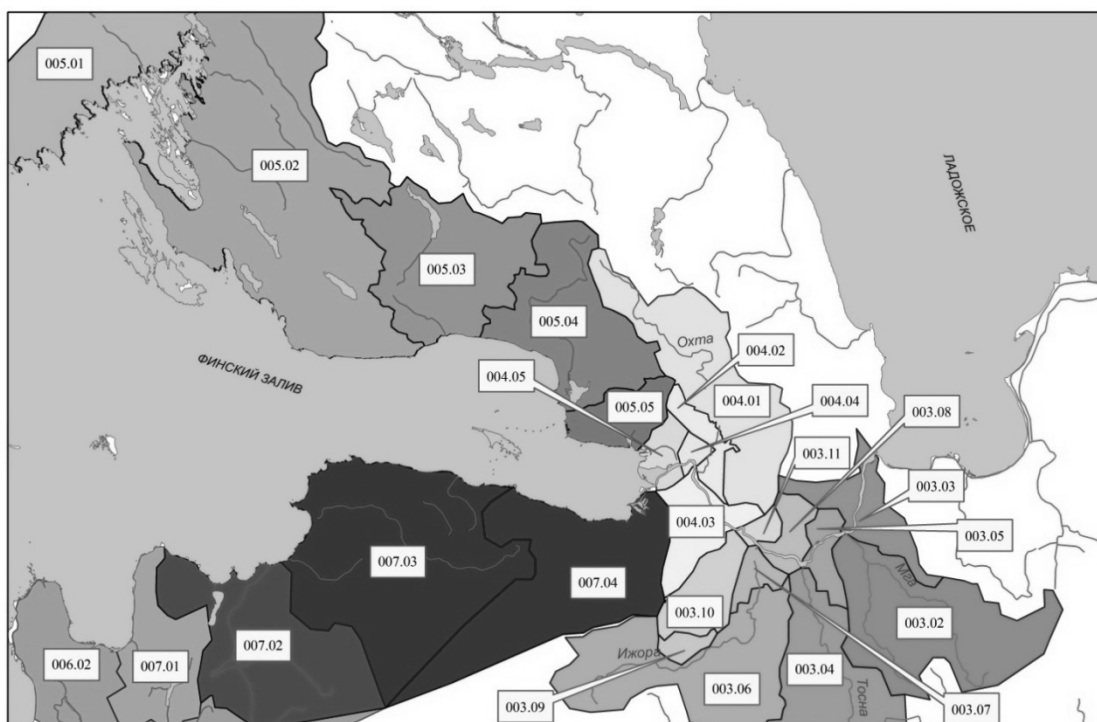


Рис. 1. Карта-схема РВП бассейна Финского залива и Ладожского озера

Картографирование было проведено на основе топографической карты в масштабе 1:200000 в программе ArcGisv.10. С помощью программы ArcGisv.10 были оцифрованы границы исследуемых РВП. Далее полученные результаты были занесены в среду ГИС и с помощью классификации определены степень и характеристика нагрузки для каждого расчетного участка.

В качестве основных слоев в ГИС исследуемого бассейна были использованы:

1. Слой зонирования РВП по степени нагрузки;
2. Слой границ РВП;
3. Слой административного деления Ленинградской области и Санкт-Петербурга;
4. Слой сети водных объектов.

На начальном этапе, по данным массам сброса загрязняющих веществ, за 4 года (2008 – 2012) из источника [2] по северной части бассейна Финского залива были рассчитаны, в соответствии с методикой [3-5] индекс интегральной нагрузки (ИИН) и удельный комбинаторный индекс интегральной нагрузки (УКИИН). В основе метода лежит осреднение отношений фактических масс сброса загрязняющих веществ к нормативным. Результаты представлены в виде диаграммы на рис. 2:

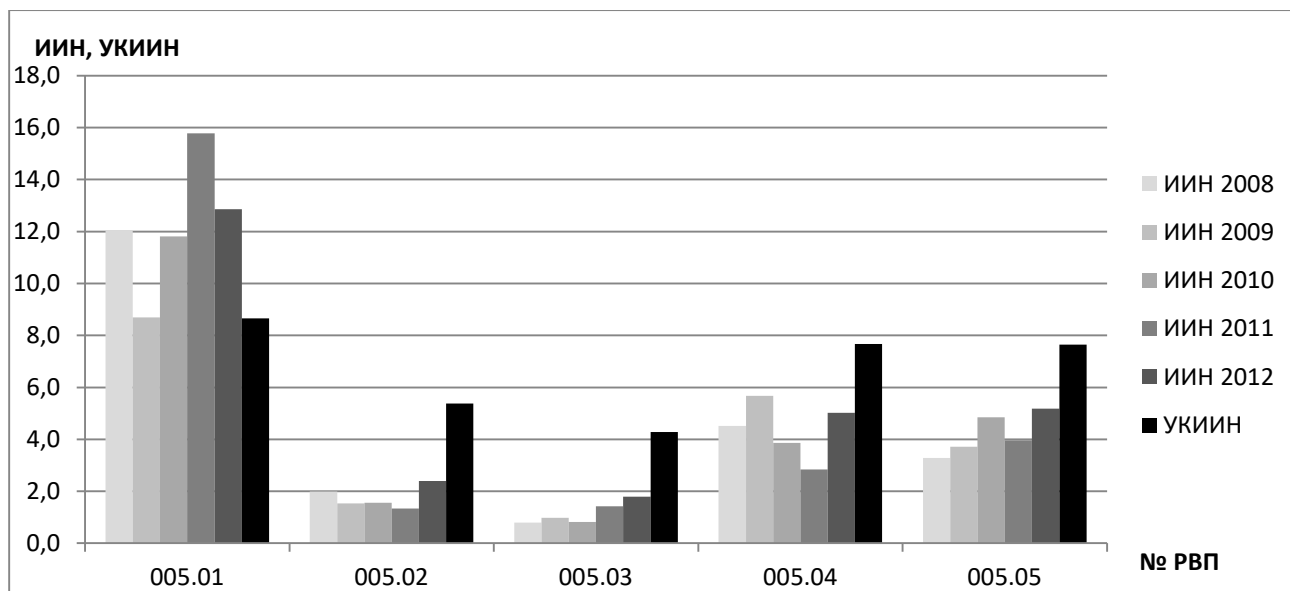


Рис. 2. Диаграмма значений индексов ИИН за период 2008–2012 и УКИИН

По полученным данным на рис. 2 наглядно видно, что наиболее нагруженный участок РВП №005.01, а наименее нагруженный – №005.03. При этом по ИИН разница между РВП составляет от 2 до 11 единиц индекса, а по УКИИН – от 1 до 4, что указывает на меньшую чувствительность индекса УКИИН.

Представленные результаты позволяют выделить территории с той или иной степенью нагрузки. Так, по ИИН особое внимание следует уделить РВП №005.01 (7 – чрезвычайно высокая нагрузка), а также РВП №005.04 и №005.05 (5 – высокая нагрузка). УКИИН подтверждает результаты по РВП №005.01, с учетом повторяемости превышений химической нагрузки. Получается, что имеющаяся нагрузка от водопользователей превышает установленные нормативы на всех РВП, но в большей степени внимание стоит уделить РВП №005.01, 005.04 и 005.05.

Лимитирующими показателями являются:

- для РВП №005.01: БПК_{полное}, ХПК, азот нитритный, фосфор общий, железо, нефтепродукты;
- для РВП №005.04: БПК_{полное}, фосфор общий, железо, нефтепродукты, марганец;
- для РВП №005.05: БПК_{полное}, фосфор общий, нефтепродукты, марганец, цинк.

Используя исходные данные из проектов НДВ и СКИОВО [2, 6, 7], а именно значения фактических и допустимых масс загрязняющих веществ, был рассчитан индекс интегральной нагрузки для всех исследуемых 25 РВП бассейнов Финского залива и Ладожского озера.

Особое внимание следует уделить РВП, где:

- 7 – чрезвычайно высокая нагрузка: №№ РВП: 005.01, 003.04, 003.07, 004.01, 004.02, 004.05, 007.04;
- 6 – очень высокая нагрузка: №№ РВП: 003.10;
- 5 – высокая нагрузка: №№ РВП: 005.04, 005.05, 003.05, 003.06, 003.11, 006.02.

На перечисленных участках фактическая масса сброса превышает допустимую нагрузку. Участки, на которых допустимая нагрузка (НДВ) не превышена, соответствуют степени нагрузки: 1 – очень низкая и 2 – пониженная. К ним относятся РВП с №№ 003.03, 003.09, 004.03, 004.04, 007.01 – 007.03.

Получается, что имеющаяся нагрузка от водопользователей превышает установленные нормативы на 18 РВП, а соответствует всего 7 РВП.

Количество РВП по степени нагрузки представлены в табл. 1:

Таблица 1 – Количество РВП по степени нагрузки

Степень и характеристика нагрузки	Величина ИИН	Количество РВП
1 – очень низкая	$\leq 0,3$	4
2 – пониженная	(0,3; 1]	3
3 – незначительная	(1; 2,5]	4
4 – повышенная	(2,5; 4]	0
5 – высокая	(4; 6]	6
6 – очень высокая	(6; 10]	1
7 – чрезвычайно высокая	>10	7
		Итого: 25

Непосредственно на территории Санкт-Петербурга расположено 10 РВП, из которых 2 участка (центральная часть города) с пониженной и очень низкой степенью нагрузки. На периферии города и в дельте р. Невы 4 участка имеют степень нагрузки «чрезвычайно высокая».

Лимитирующими показателями являются:

- для бассейна северной части Финского залива: БПК_{полное}, фосфор общий, железо, нефтепродукты, марганец;
- для бассейна р. Нева и реки бассейна Ладожского озера: ХПК, БПК, фосфор общий;
- для бассейна р. Луга и рек бассейна южной части Финского залива: БПК_{полное}, азот нитритный, фосфор общий, нефтепродукты.

Далее полученные значения по интегральному индексу нагрузки было предложено соотнести с данными экологического мониторинга, т.е. сравнить степень нагрузки по массе от водопользователей с качеством водных объектов. Для этого были скомпонованы и проанализированы рассчитанные значения удельного комбинаторного индекса загрязнения воды (УКИЗВ) за период 2009 – 2011 гг. (наиболее полные данные мониторинга) для РВП по бассейну северной части Финского залива из источника [2]. Сравнение индексов ИИН и УКИЗВ за период 2009–2011 г.г. по РВП №№ 005.01, 005.03 и 005.04 представлены на рис. 3–5.

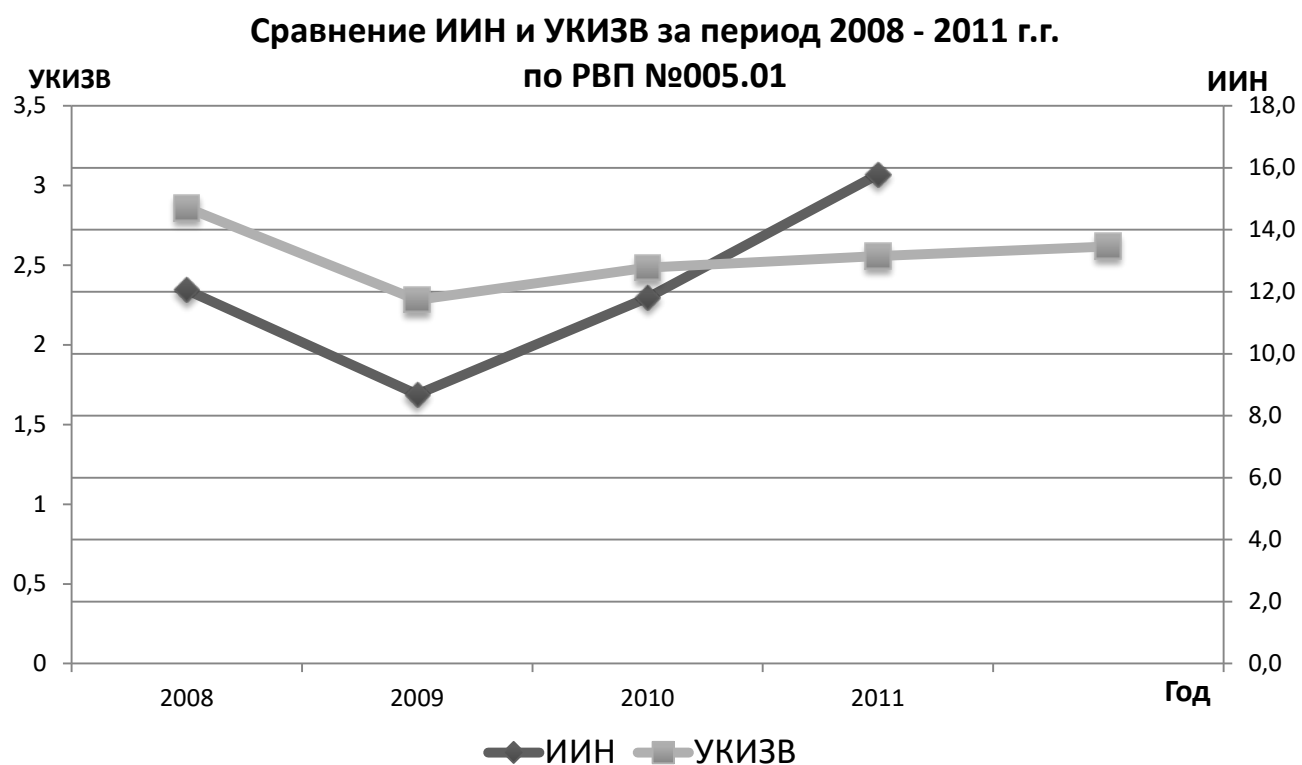


Рис. 3. Графики изменения ИИН и УКИЗВ за период 2008 – 2011 гг. по РВП №005.01

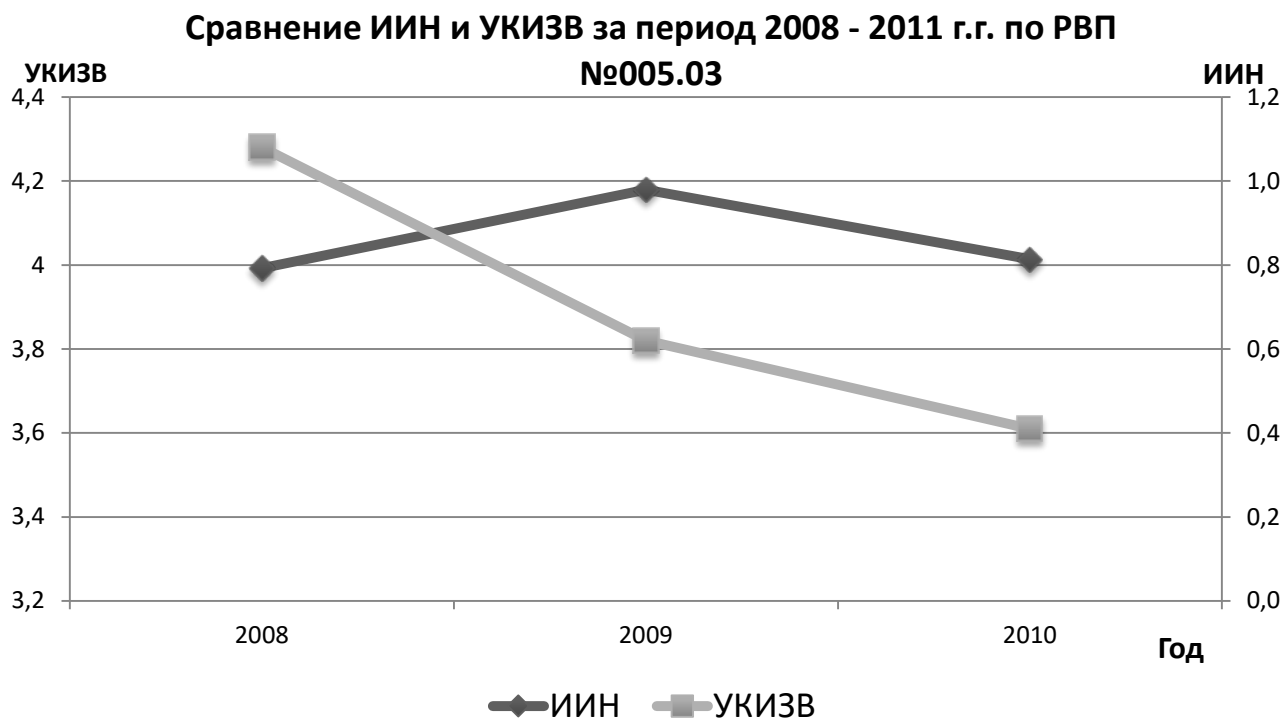


Рис. 4. Графики изменения ИИН и УКИЗВ за период 2008 – 2010 г.г. по РВП №005.03

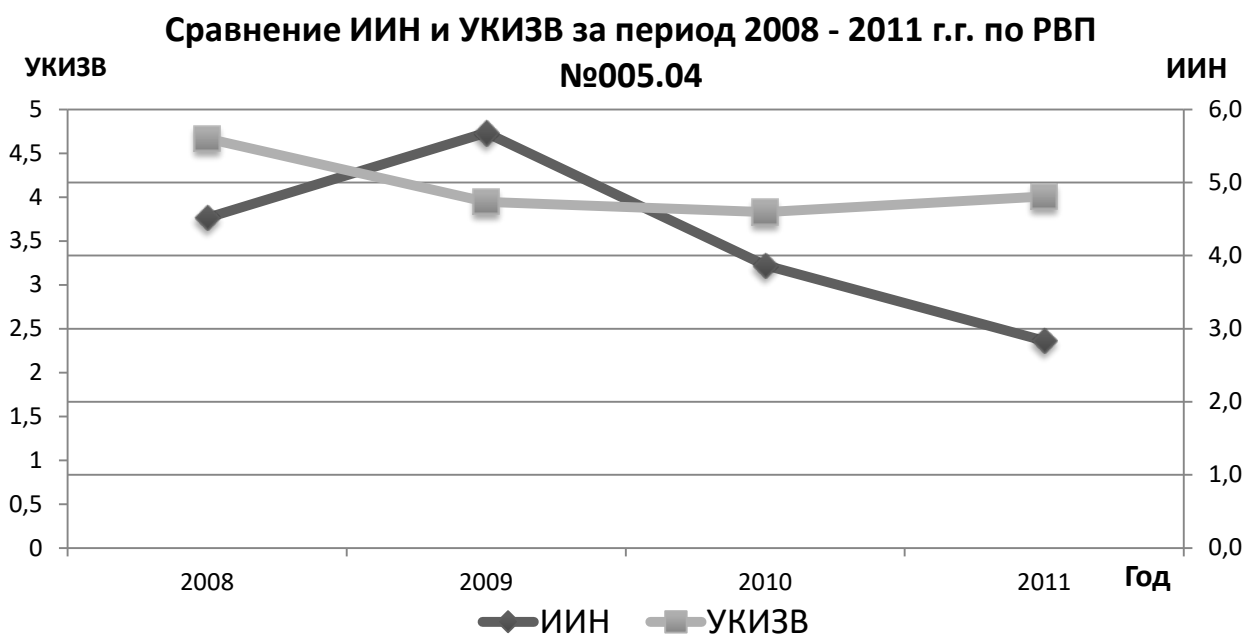


Рис. 5. Графики изменения ИИН и УКИЗВ за период 2008 – 2011 гг. по РВП №005.04

Анализ полученных графиков подтверждает связь индексов ИИН и УКИЗВ. При этом наибольшая связь наблюдается по тем РВП, которые обеспечены большими данными экологического мониторинга (УКИЗВ). Так, по РВП №005.01 – 7 постов наблюдения, по РВП №005.03 – 1 пост наблюдения, а по РВП №005.04 – 3 поста наблюдения. Все графики отражают изменение тенденций. Так, при повышении нагрузки наблюдается

ухудшение качества водных объектов. Таким образом, можно установить, что основными источниками, влияющими на качество водных объектов, являются стационарные выпуски сточных вод для рассмотренных РВП северной части бассейна Финского залива.

Для снижения степени нагрузки на исследуемые РВП необходимо уменьшить фактическую массу загрязняющих веществ от водопользователей. В основе методики, изложенной в [8-10], лежит расчет долей постепенного снижения от большей степени нагрузки к меньшей. Таким образом, задача сводится к ответу на следующий вопрос: насколько необходимо снизить фактическую массу по каждому веществу, чтобы добиться необходимой степени нагрузки? При этом, допустимыми по ИИН являются 1 и 2 степени нагрузки, когда фактическая масса меньше либо равна нормативной. Доли снижения рассчитываются индивидуальные или единые для всех ингредиентов.

Таким образом, для участка №005.01 сформируем итоговую таблицу долей по снижению фактических масс двумя способами (табл. 2).

Таблица 2 – Доли снижения фактической массы загрязняющих веществ (в %) по степени нагрузки для РВП №005.01 бассейна северной части Финского залива

Степень нагрузки	1	2	3	4	5	6	7
Способ	Доля снижения фактической массы загрязняющих веществ, %						
	РВП№ 01.04.03.005.01 (Бассейн северной части Финского залива)						
№1	=>98	[92; 98)	[81; 92)	[69; 81)	[53; 69)	[22; 53)	v
№4	=>98	[92; 98)	[83; 92)	[71; 83)	[58; 71)	[25; 58)	v

Наиболее точным способом снижения и дальнейшего определения индекса и степени интегральной нагрузки является четвертый, хотя по полученным значениям максимальная разница составляет 8 %. Сам процесс снижения нагрузки заключается в следующем: текущая степень нагрузки для РВП №005.01 – 7 чрезвычайно высокая, что отмечено в табл. 4 знаком «v»; чтобы снизить степень нагрузки до ближайшей наименьшей (6 – очень высокая), необходимо уменьшить массу от всех водопользователей на данном участке по всем ингредиентам от 25 до 58 %; для достижения допустимой степени нагрузки (2 – пониженная) необходимо уменьшить массу от всех водопользователей на данном участке по всем ингредиентам от 92 до 98 %.

Полученные результаты позволяют проводить управление сбросами сточных вод, что ведет к управлению качеством водных объектов.

Рассчитанные доли снижения позволяют обратить внимание на более загруженные участки. А на тех РВП, где есть дополнительный запас по нагрузке, дают возможность рекомендовать к увеличению мощностей предприятий или строительству новых.

Список литературы

1. Методика водохозяйственного районирования территории Российской Федерации (утверждена Приказом МПР РФ от 25 апреля 2007 г. № 111).
2. Проект «Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна Финского залива (от границы Российской Федерации с Финляндией до северной границы бассейна реки Нева)», разработанный ФГБУ «ГГИ», 2012.
3. Жильникова Н.А., Кушнеров А.И., Шишкин А.И. Информационно-алгоритмическое обеспечение экологического нормирования для предприятий радиоэлектронной промышленности // Вопросы радиоэлектроники, 2017. – № 5. – С. 25-31.
4. Кушнеров А.И., Антонов И.В., Шишкин А.И. Определение индекса интегральной нагрузки для бассейна Финского залива на основе геоинформационной системы // Сборник научных трудов молодых ученых, аспирантов, студентов и преподавателей VII Молодежного экологического конгресса «Северная Пальмира», 2016. – С. 86–89.
5. Кушнеров А.И., Шишкин А.И. Методика оценки химической нагрузки от водопользователей на речной бассейн // Сборник материалов XX Международного и Межрегионального Биос-форума, 2015. – С. 161–164.
6. Проект «Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Нева», разработанный ФГБУ «ГГИ», 2010.
7. Проект «Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Луга и рек бассейна Финского залива (от северной границы бассейна реки Луги до южной границы бассейна реки Невы)», разработанный ФГБУ «ГГИ», 2015.
8. Жильникова Н.А., Шишкин И.А., Шишкин А.И., Кушнеров А.И. Инновации в управлении природно-техническими комплексами с применением геоинформационных технологий // Вопросы радиоэлектроники, 2018. – № 10. – С. 103–108.
9. Кушнеров А.И., Шишкин А.И. Совершенствование методики нормирования нагрузки для водопользователей по комплексным индексам на основе типовых моделей // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – Серия 1: Естественные и технические науки, 2018. – № 1. – С. 96–101.

10. Кушнеров А.И., Шишкин А.И. Совершенствование региональной системы нормирования сбросов сточных вод на основе математического моделирования с учетом класса качества воды // XXII Международный Биос-форум и Молодежная Биос-олимпиада – 2017. – Сборник материалов. – В 2-х книгах. – С. 151-157.

УДК 676.088

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ЧЕРНОГО ПОТОКА СУЛЬФАТЦЕЛЛЮЛОЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ КОАГУЛЯЦИИ

Ю.П. Московская, К.С. Карпова

научный руководитель: О.В. Фёдорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: В статье рассматриваются вопросы, связанные с очисткой сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности методом коагуляции, оцениваются преимущества и недостатки данного метода и перспективы его использования. В работе отражены результаты экспериментального исследования коагуляции образцов сточных вод сульфатом алюминия, предполагавшего определение оптимального объема коагулянта. Внимание также уделяется способам интенсификации процесса коагуляции сточных вод. На материалах исследования показано, что коагуляция представляет собой недорогой и эффективный метод, характеризующийся высокой степенью очистки.

Ключевые слова: методы очистки сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности, коагуляция, реагентный метод очистки, коагулянты.

Важной задачей, стоящей в настоящее время перед человечеством, является разработка эффективных методов очистки выбросов промышленных предприятий от загрязняющих веществ. Эта проблема особенно актуальна для целлюлозно-бумажной промышленности, являющейся одним из наиболее водозатратных производств. Значительные объёмы сточных вод целлюлозно-бумажных предприятий требуют тщательной очистки перед сбросом в водоёмы.

Сточные воды целлюлозно-бумажных предприятий содержат взвешенное волокно, появляющееся в результате сортирования и многократного повторения процессов сгущения и разбавления. Особое место в стоках сульфат-целлюлозных производств занимают конденсаты варочного и выпарного цехов. В них практически отсутствуют минеральные и взвешенные вещества, но в их составе содержится большое количество сернистых соединений и фенолов, что делает их максимально токсичными и существенно увеличивает показатель биологического потребления кислорода. В этой связи именно очистке этих составляющих сточных вод необходимо уделить особое внимание.

Многообразие видов загрязнений и сложность удаления многих из них привели к необходимости разработки различных методов и созданию разнообразных систем очистки воды. Методы очистки сточных вод можно разделить на химические, механические, физико-химические, биологические и комбинированные [1]. В связи с увеличением использования оборотных систем водоснабжения существенно расширяется использование физико-химических методов очистки сточных вод.

Физико-химические методы предполагают удаление тонкодисперсных мутей и растворенных неорганических примесей и разрушение органических веществ, окисляемых не полностью. К этой группе методов относятся коагуляция, сорбция, центрифугирование, ионообменная и электрохимическая очистка, нейтрализация, экстракция, испарение, кристаллизация и ряд других.

В последние годы отмечено возрастающее применение методов коагуляции, обусловленное их простотой, низкой себестоимостью и высокой степенью очистки [2]. Эффективность и популярность методов коагуляции призывает рассмотреть их более подробно.

Коагуляцией (также флокуляцией) называют физико-химический процесс слипания мелких частиц дисперсных систем в более крупные, используемый в промышленности в качестве метода очистки растворов от дисперсных и мелкодисперсных мутей, применяющийся для более полной очистки стоков. Коагуляция ведёт к выпадению из коллоидного раствора осадка в виде хлопьев, который может быть легко удален механическими методами очистки [3].

Физико-химическая обработка с использованием флокулирующих и коагулирующих реагентов (т.е. реагентный способ) позволяет удалить из загрязненной воды ионогенные органические вещества, образуя комплексные соединения с многовалентными ионами коагулирующих реагентов.

Реагентный метод очистки достаточно эффективен и прост. Этот способ можно применять при неограниченных объемах сточных вод. Совместное использование коагулянтов и флокулянтов позволит расширить использование этих реагентов для очистки сточных вод [4].

В работах зарубежных исследователей показано, что эффективность реагентного метода коагуляции можно значительно повысить за счет оптимизации технологии очистки, которая предусматривает смешение реагентов с водой, а также благодаря подбору коагулянтов и флокулянтов, зависящему от природы загрязнений самих реагентов. Эффективность этого метода также увеличится, если применять механическое воздействие на обрабатываемую воду (например, перемешивание, электрические и магнитные поля, ультразвук, радиацию и другие способы).

Очистка сточных вод целлюлозно-бумажных производств реагентным способом включает несколько стадий, основными из которых являются приготовление и дозирование реагентов, смешение реагентов с водой, хлопьеобразование, отделение хлопьевидных примесей от воды. В качестве коагулянтов наиболее широкое распространение получили сульфат алюминия, гидроксид алюминия и хлорид железа (III).

Эффективность очистки с использованием коагулянтов в значительной мере зависит от поддержания определенных параметров, таких как pH, мутность и электропроводность. Кроме того, определение дозы коагулирующих веществ – не самая легкая задача, ведь на практике во время очистки воды возможно резкое одновременное изменение некоторых факторов, к примеру, состава и количества примесей, что тоже необходимо учитывать при проведении очистки [5].

Зависимость качества очистки от объема коагулянта и определение необходимого объема предполагалось установить экспериментально. В ходе практической работы был приготовлен раствор исходной воды в пропорции 1:10. В процессе подготовки раствора его оптическая плотность измерялась при помощи спектрофотометра. Анализируемый раствор был разлит в три цилиндра объемом 100 см³. В качестве коагулянта использовался сульфат алюминия. Коагулянт был добавлен в объемах 0,8 см³, 1,2 см³ и 1,6 см³. После тщательного перемешивания содержимое цилиндров было перелито в стаканы объемом 150 см³. Далее посредством добавления известкового молока было установлено значение pH в диапазоне 5,5 – 7,5 для повышения щелочного резерва воды. Выбор диапазона обусловлен тем, что в данных условиях гидролиз сульфата алюминия происходил с образованием труднорастворимых соединений, а после – коллоидного раствора. Для дальнейшего проведения работы исследуемая вода была перелита в

цилиндры, где и осуществлялся процесс коагуляции. Высота осадка измерялась каждые пятнадцать минут. Процесс считался завершённым, если в течение сорока пяти минут высота осадка не изменилась.

После завершения процесса коагуляции остаток был удалён при помощи фильтровальной бумаги. Далее была измерена оптическая плотность отфильтрованной воды.

Результаты исследования показывают, что оптическая плотность воды снизилась до значения, близкого к нулю, что позволяет говорить об успешной очистке методом коагуляции и удалении большей части загрязнений (табл. 1). Было установлено, что оптимальный объем коагулянта составляет 0,8 см³, т.к. очистка воды при таком объёме была осуществлена более качественно, чем в двух других случаях. Недостаточную степень очистки при больших объемах коагулянта можно объяснить его избытком, который привел к повышению мутности раствора и замедлению процесса коагуляции (рис. 1.1 – 1.4).

Таблица 1 – Результаты проведенного эксперимента

Длина волны, нм	Объем коагулянта, см ³	Оптическая плотность, А			
		Исх. вода, 0	0,8	1,2	1,6
260		2,415	0,059	0,105	0,063
720		2,857	0,000	0,007	0,029

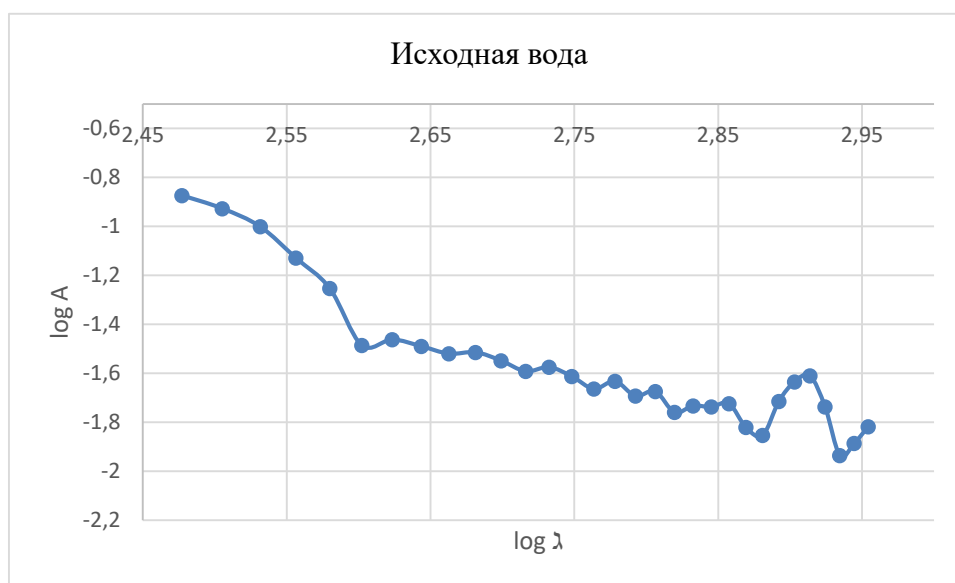


Рис. 1.1. Зависимость оптической плотности от длины волны, исходная вода

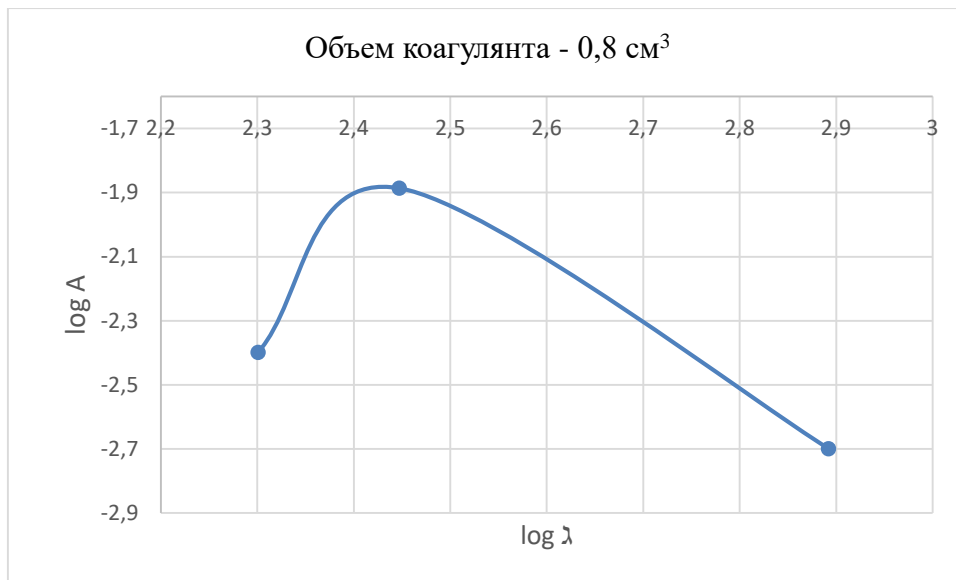


Рис.1.2. Зависимость оптической плотности от длины волны, 0,8 см³ коагулянта

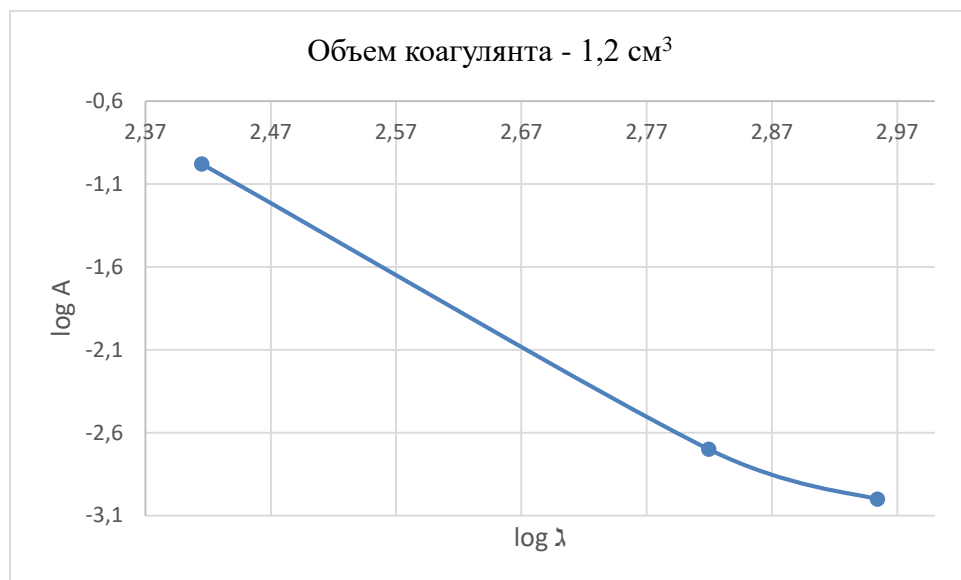


Рис.1.3. Зависимость оптической плотности от длины волны, 1,2 см³ коагулянта

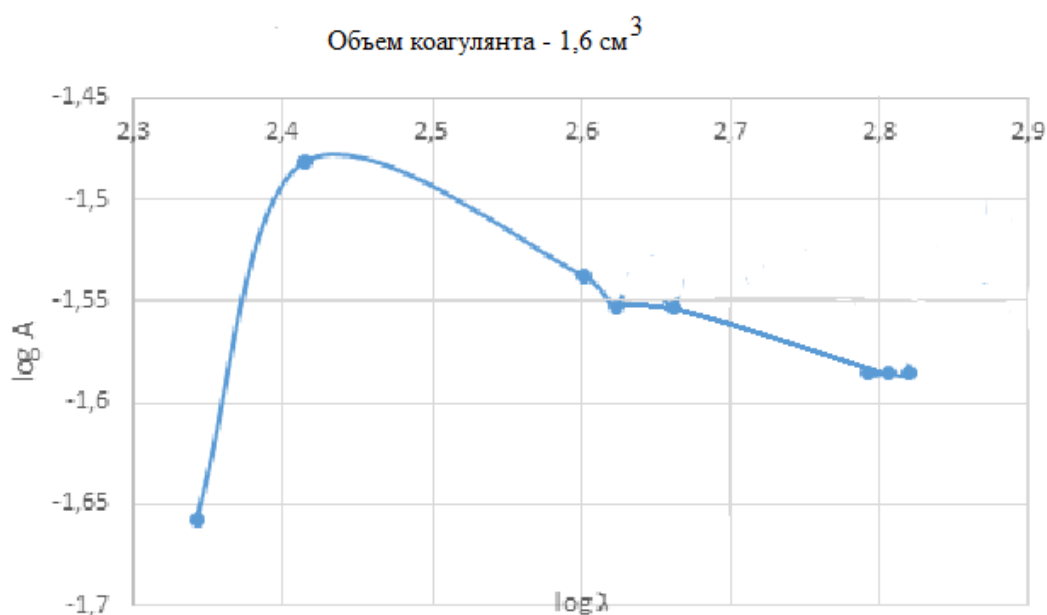


Рис 1.4. Зависимость оптической плотности от длины волны, 1,6 см³ коагулянта

В качестве недостатка рассматриваемого метода можно назвать то, что использования только коагуляции для полноценной очистки стоков недостаточно. Но в сочетании с другими методами коагуляция зарекомендовала себя как эффективный и недорогой способ очистки стоков целлюлозно-бумажного производства.

Список литературы

1. Очистка воды фильтрованием и коагуляцией [Электронный ресурс]. – URL: <https://web.archive.org> (15.12.2018)
2. Симонич М. Коагуляция и УФ обработка целлюлозы и бумаги [Электронный ресурс] / М. Симонич, Д. Внучек // Центральный Европейский журнал химии. – 2011. - № 10. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net>. – (Дата обращения: 16.12.2018)
3. Сумм Б.Д. Коллоидная химия. – М: Академия, 2013. – 240 с.
4. Шегельман И.Р. Лесная промышленность и лесное хозяйство / М-во образования Рос. Федерации, Петрозавод. гос. ун-т.– 2-е изд., перераб. и доп. – Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2004. – 174 с
5. Повторное использование сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности с использованием распространенных технологий / К. Садершен [и др.] // Прикладная наука о воде. – 2016. – № 6. – С. 3317 – 3322.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КИСЛОТ С ПОМОЩЬЮ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ И ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

Л.В. Нарыжная, П.К. Жустерова

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: В современном мире одной из актуальных экологических проблем является загрязнение сточных вод, в частности, от деятельности целлюлозно-бумажных предприятий. В данной работе рассмотрены методы очистки производственной воды от серной кислоты ионообменными смолами и активированным углём, а также проведена их сравнительная характеристика.

Ключевые слова: водоочистка, ионный обмен, ионообменные смолы, активированный уголь, кислые стоки.

В современном мире одной из актуальных экологических проблем является загрязнение природы сточными водами. Например, основным источником загрязнений в целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) является производство волокнистых полуфабрикатов и растворимой целлюлозы. Ежегодно ЦБП потребляет свыше 3 млрд. м³ свежей воды, сбрасывая значительное количество загрязнённых сточных вод. Очищать воду от вредных примесей необходимо в обязательном порядке, тем более необходимо очищать сточные воды перед их сбросом в водоемы. Первоначальным этапом водоочистных мероприятий является очистка воды от грубодисперсных и коллоидных примесей, в ходе которой из воды удаляются взвешенные частицы, большая часть органических веществ и часть неорганики [1,2]. Однако истинно растворимые примеси остаются в очищенной таким образом воде и удаляются на стадии доочистки. Также вода от кислых остатков может быть очищена следующими способами: смешиванием между собой кислых и щелочных сред в виде жидкости; добавлением химических реагентов в стоки; фильтрацией сточных вод с кислотным содержанием при использовании нейтрализующих реагентов. Доочистка чаще всего реализуется сорбционным методом. Наиболее распространёнными сорбентами являются ионообменные смолы и активированные угли [3].

Поскольку при производстве волокнистых полуфабрикатов по сульфатном методу образуются сточные воды, обогащённые различными сульфированными остатками [4], то в качестве модельной системы был выбран раствор серной кислоты, который пропускали через колонки, заполненные ионообменной смолой (анионитом АВ-17-8) и активированным углем. Была также проведена сравнительная оценка очищающего действия выбранных сорбентов.

В воде было определено содержание серной кислоты до и после её сорбционной очистки. После чего через каждую колонку была пропущена исходная вода порциями по 25 см³, в которых определялось остаточное содержание кислоты методом ацидиметрии.

При титровании пробы 25 см³ исходной воды 0,1 н раствором щелочи NaOH с добавлением индикатора метилового оранжевого, объем щелочи, ушедший на титрование, составил $V_{NaOH} = 40,82$ мл. Согласно закону эквивалентов, концентрация серной кислоты в исходной воде составила $0,1633 \frac{\text{моль}}{\text{л}}$.

Изменение концентрации серной кислоты в модельной системе при пропускании через сорбенты отражено на рис. 1.

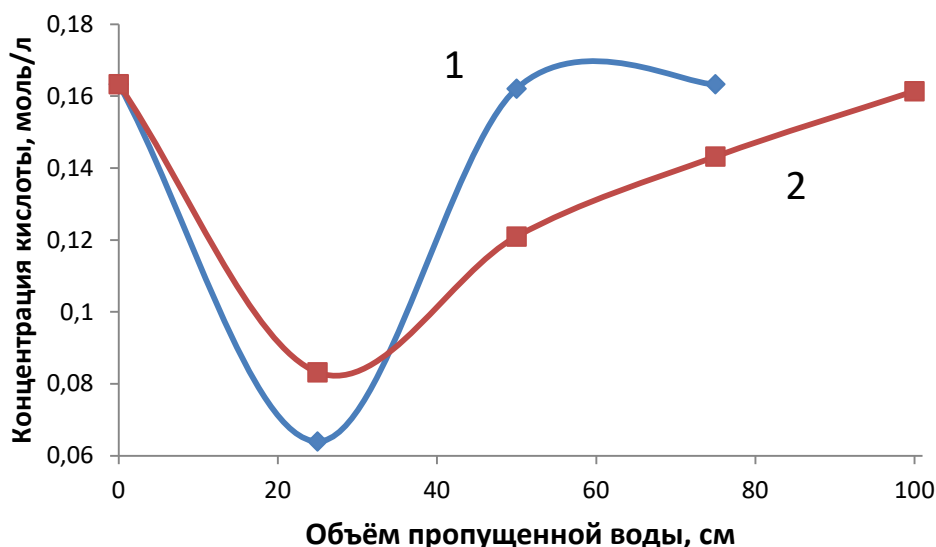


Рис. 1. Изменение содержания серной кислоты в фильтрате после пропускания через слой активированного угля (1) и анионита АВ-17-8 (2)

При анализе экспериментальных данных установлено, что активированный уголь более эффективно поглощает ионы кислоты при пропускании первой порции исходной воды, но при пропускании следующих порций его сорбционная способность ухудшается, в отличие от анионита АВ-17-8.

Список литературы

1. Стерман Л. С. Химические и термические методы обработки воды на ТЭС: учеб. пособие для вузов / Стерман Л.С., Покровский В.Н. – М.: Энергия, 1981. – 232 с.
2. Серпокрьлов Н.С. и др. Экология очистки сточных вод физико-химическими методами. – М.: АСВ, 2009. – 262 с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник. – изд.4-е, доп. и перераб. - М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. – 702 с.
4. Технология целлюлозы. – В 3 т. Т.II / Непенин Ю.Н. Производство сульфатной целлюлозы: учеб. пособие для вузов. –2-е изд., перераб. – М.: Лесная промышленность, 1990. – 600 с.

УДК 676.2

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ВОД

С.В. Рожкова, А.Л. Чаус

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: На все водные источники в окружающей среде оказывают влияние различные природные явления, транспорт, индустрия, коммунальное и промышленное строительство, хозяйственная и бытовая деятельность человека и т.д. В результате этих влияний в водную среду попадают не свойственные ей вещества-загрязнители, ухудшающие её качество. Их классифицируют в зависимости от подходов, критериев и задач. Обычно выделяют три: химические, биологические и физические загрязнения.

Ключевые слова: экология, природные воды, загрязнение, реки Санкт-Петербурга.

Любой водоём или водный источник связан с окружающей средой. Из-за влияний различных природных явлений, транспорта, индустрии, коммунальных и промышленных строителств, хозяйственной и бытовой деятельности человека в водную среду попадают не свойственные ей вещества-загрязнители, ухудшающие её качество. Их классифицируют в зависимости от подходов, критериев и задач. Обычно выделяют три: химическое, биологическое и физическое загрязнения [2].

1. Химическое загрязнение представляет собой изменение естественных химических свойств воды за счет увеличения содержания в ней вредных примесей как неорганической, так и органической природы.

Основными *неорганическими* (минеральными) загрязнителями пресных и морских вод являются разнообразные химические соединения, токсичные для обитателей водной среды. Это соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора, а также неорганические кислоты и основания, способные изменять рН водной среды.

Как пример, рассмотрим реку Нева (табл. 1, рис. 1). Превышение нормативов в створах Невы варьировалось от 6 до 10 показателей из 17 включенных в расчет, в целом по Неве превышение нормативов было отмечено по 10 показателям.

Таблица 1 – Классификация вод Невы в черте Санкт-Петербурга по кратности превышения ПДК в 2016 году

№ пункта (створа)	Характеристика уровня загрязнения воды			
	Низкий	Средний	Высокий	Экстремально высокий
161 (1)	ХПК, БПК ₅ , Zn, Cd	N _{NO2} , Fe _{общ} , Cu, Mn	–	–
161 (2)	ХПК, Fe _{общ} , Zn, Cd	БПК ₅ , N _{NH4} , Cu, Mn	–	–
161 (3)	ХПК, БПК ₅ , N _{NH4} , Zn, Pb, Cd	N _{NO2} , Fe _{общ} , Cu, Mn	–	–
161 (4)	ХПК, БПК ₅ , Zn	Fe _{общ} , Cu, Mn	–	–
161 (5)	ХПК, БПК ₅ , Fe _{общ} , Zn, Pb	Cu, Mn	–	–
161 (6)	ХПК, БПК ₅ , Fe _{общ} , Zn	Cu, Mn	–	–

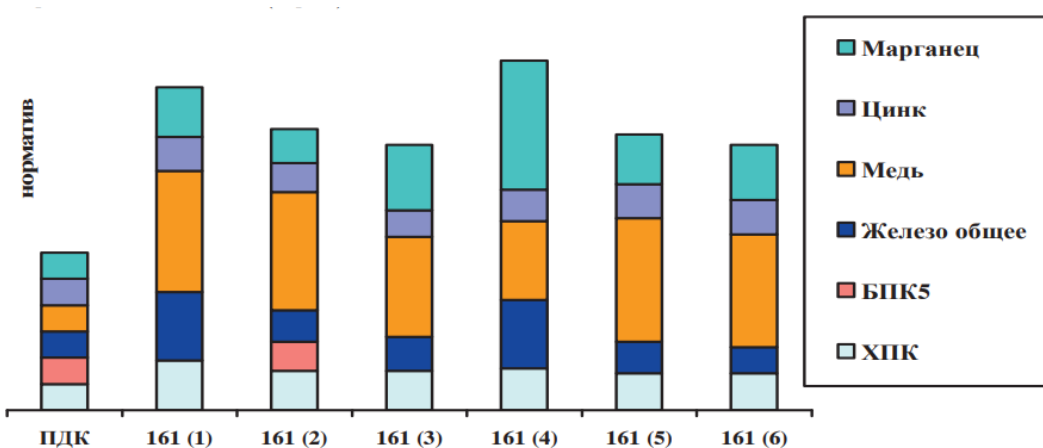


Рис. 1. Среднегодовые значения основных загрязняющих показателей в створах Невы в 2016 году

В 2016 году воды Невы во всех створах квалифицируются как загрязненные. Кислородный режим вод Невы в течение года был удовлетворительным [3].

Среди вносимых в океан с суши растворимых веществ большое значение для обитателей водной среды имеют не только минеральные, биогенные элементы, но и органические остатки. Вынос в океан органических веществ оценивается в 300-380 млн т /год.

Содержание легкоокисляемых органических соединений, определяемое величиной биохимического потребления кислорода в течение пяти суток (БПК₅) в Неве, было достаточно высоким: из 247 отобранных проб в 40 значения превысили нормативную величину (норма 2 мг О₂/дм³), составив 16 %. В южном курортном районе количество превышений составило 5 % (в 10 из 18 проб), в северном курортном районе – 67 % (в 4 из 6 проб). В центральной части Невской губы в 24 пробах из 206 также было зафиксировано превышение нормативной величины, что составило 12 %. Особо следует отметить, что высокие уровни загрязнения легкоокисляемыми органическими соединениями (по величинам БПК₅) южного курортного района Невской губы прослеживаются на протяжении многих лет, что характерно для прибрежных акваторий (рис. 2) [3].

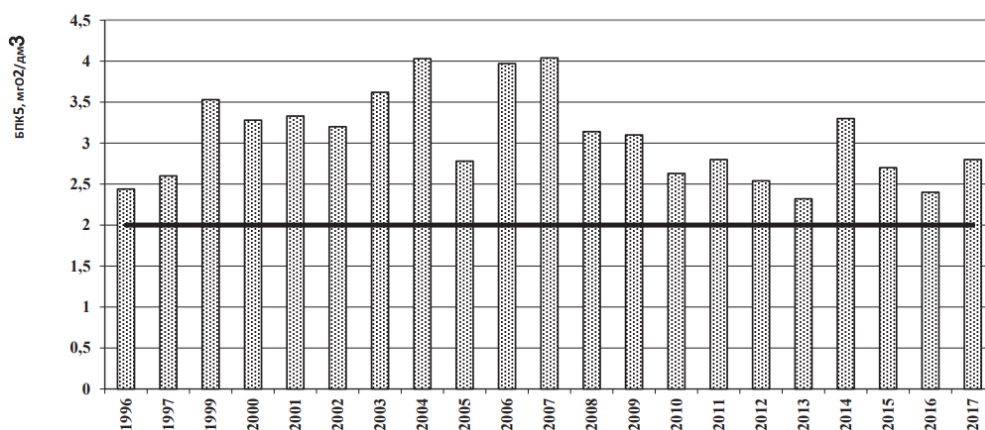


Рис. 2. Межгодовая динамика содержания легкоокисляемых органических соединений в водах южного курортного района Невской губы для столба воды поверхность – дно (прямая линия – нормативное значение БПК₅)

2. Биологическое загрязнение – загрязнение вод патогенными микроорганизмами, бактериями, вирусами, простейшими, грибами, мелкими водорослями и др.

Биотехнологические крупнотоннажные производства являются источником эмиссии биоаэрозолей, содержащих клетки непатогенных микроорганизмов, а также продукты их метаболизма. Основные источники

биоаэрозолей, содержащих живые клетки микроорганизмов, – стадии ферментации и сепарации, а инактивированных клеток – стадия сушки. При массивном выбросе микробная биомасса, попадая в почву или в водоем, изменяет распределение потоков энергии и вещества в трофических цепях питания и влияет на структуру и функцию биоценозов, снижает активность самоочищения и, следовательно, влияет на глобальную функцию биоты.

Результаты лабораторных исследований воды реки Нева свидетельствуют о высоком уровне бактериального загрязнения реки. Уровни микробного загрязнения в местах водозаборов имеют стабильно высокие показатели. В 2017 году отмечается незначительное снижение удельного веса неудовлетворительных проб воды поверхностных источников по микробиологическим показателям, который составил 86 % (в 2016 году – 90,1 %). Удельный вес неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям качества воды поверхностных водоемов в 2017 году составил 39 %. В 28 из 67 проб установлены превышения по показателю «Окраска» (источник – р. Нева).

За 2017 год 54 % исследованных проб на определение санитарно-химических показателей воды подземных водоемов не соответствовало требованиям гигиенических нормативов. По микробиологическим, паразитологическим и вирусологическим показателям превышений нормативов не обнаружено.

3. Физическое загрязнение создается сбросом тепла, радиоактивных веществ или механическими примесями.

При значительном тепловом загрязнении рыба задыхается и погибает, так как ее потребность в кислороде растет, а растворимость кислорода уменьшается.

Механическое загрязнение – загрязнение вод механическими примесями, относительно инертными в физико-химическом отношении бытовыми и производственными отходами (строительный и бытовой мусор, упаковочные материалы, пластмассы, твердые частицы: песок, ил, шлак и др.)

Радиоактивное загрязнение – загрязнение вод радионуклидами. Оно опасно даже при очень малых концентрациях радиоактивных веществ, особенно «долгоживущих» и подвижных в воде радиоактивных элементов (стронций – 90, уран, радий – 226, цезий и др.).

Качество питьевой воды по радиологическим показателям (включая содержание природных радионуклидов в воде подземных источников) в целом, за последние 5 лет остаётся стабильным. В табл. 2 приведена удельная активность радиоактивных веществ в воде открытых водоёмов.

Таблица 2 – Удельная активность радиоактивных веществ в воде открытых водоемов, Бк/л

Радионуклиды	Число проб	Среднее значение	Максимальное значение
^{137}Cs	24	0,012	0,03
^{90}Sr	24		<0,03
^{226}Ra	6		<0,03
Суммарная α -активность	27	0,05	0,16
Суммарная β -активность	27	0,2	0,8

При влиянии различных природных явлений, транспорта, индустрии, коммунальных и промышленных строителей, хозяйственной и бытовой деятельности человека в водную среду попадают несвойственные ей вещества-загрязнители, ухудшающие её качество. Анализы вод реки Невы в Санкт-Петербурге показывают, что превышение нормативов в створах Невы варьировалось от 6 до 10 показателей из 17 включенных в расчет, в целом по Неве превышение нормативов было отмечено по 10 показателям.

Список литературы

1. Береснев А.В., Котлярова В.В. Загрязнение природных вод и способы их очистки // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – Т. 39. – С. 776–780. – URL: <http://e-koncept.ru/2017/970482.htm>.
2. Ильинский В.Г., Аношин Е.А. Химическое загрязнение природных вод // Успехи современного естествознания. – 2011. – № 7. – С. 116-116; URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=27113> (дата обращения: 15.12.2018).
3. Доклад об экологической ситуации в Санкт-Петербурге в 2016 году / Под редакцией И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам-принт», 2017. – 158 с.

МЕМБРАННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВОД

Н.А. Родькина, В.П. Филимонов

научный руководитель: Р.А. Смит

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Мембранная система очистки воды – один из самых популярных современных методов фильтрации. Окружающая природная среда в настоящее время находится в таком состоянии, что никто не уверен, что на самом деле он пьет или использует в пищу. Уровень загрязненности природных и сточных вод постоянно растет. Традиционные технологии водоочистки не могут обеспечить необходимую эффективную очистку. Поэтому во всем мире активно занимаются разработкой и улучшением методов мембранной очистки воды.

Ключевые слова: мембранная очистка, обратный осмос, электродиализ, мембранные системы, методы.

Традиционные технологии водоочистки (коагуляция, отстаивание, ионный обмен, окисление) зачастую не столь эффективны при современных антропогенных воздействиях, необходимо учитывать ужесточение требований к качеству очистки питьевой и технической воды. Современные существующие методы водоподготовки сами загрязняют окружающую среду: необходимо решать задачи по утилизации осадков, рассолов. Использование мембранных систем в этой области является прорывом в науке и технике. Ни одна технология водоподготовки не развивается так стремительно, как мембранная. Мембранные системы очистки применяются в производстве продуктов питания, лекарственных средств, электронике и т.д. Современные разработки позволяют значительно уменьшать их стоимость, благодаря этому появилась возможность употреблять их в быту для фильтрации питьевой воды. Мембранная система очистки воды имеет ряд преимуществ: загрязнения не скапливаются, экологическая чистота, простота эксплуатации, малогабаритность и высокая степень автоматизации [1]. Мембранная система очистки воды является на сегодняшний день самой передовой технологией.

В зависимости от вида и свойств мембраны выделяют методы:

1. Микрофильтрация – процесс очищения под действием давления. Мембраны, применяемые при данном методе, должны иметь структуру в

виде множества пор и принцип действия, похожий на глубокие фильтры. Размеры пор микрофильтрационных мембран находятся в пределах от 10 до 0,05 мкм, что позволяет эффективно очищать воду от эмульсий и суспензий.

2. Ультрафильтрация – процесс очистки под действием давления, которое отличается по обе стороны мембраны. Могут применяться для доочистки питьевой водопроводной воды от коллоидных и высокомолекулярных примесей без корректировки солевого состава. Диаметр пор варьируется в пределах 1 – 0,05 мкм.

3. Обратный осмос – процесс очищения воды путём проникновения через полупроницаемую мембрану под действием давления, которое превышает её осмотическое давление. Мембрана имеет размер пор менее 10 нм и работает при давлениях до 100 бар, что позволяет проводить глубокое обессоливание. Применяют в основном для получения сверхчистой воды.

4. Нанофильтрационные элементы используют для умягчения воды с повышенной жесткостью, для удаления ионов тяжелых металлов и хлороорганики. Нанофильтрация совмещает полезные свойства ультрафильтрации и обратного осмоса [2].

5. Диализ – процесс очистки жидкости за счёт различия скоростей диффузии веществ через мембрану. Может применяться комплексный подход мембранного очищения.

Чаще остальных используют обратный осмос и электродиализ, поэтому стоит рассмотреть эти методы более подробно.

Осмоз – это один из мембранных методов разделения растворов и суспензий на компоненты, основанный на переходе через полупроницаемую мембрану молекул растворителя из объема с меньшей концентрацией растворенных веществ в сторону большей. При обратном осмосе вода под давлением проходит через мембрану из более концентрированного раствора в менее концентрированный, то есть в ходе обратного осмоса жидкость очищается от растворенных в ней веществ. Мембрана является проницаемой только для тех частиц, размер которых равен или меньше диаметра молекул воды (то есть для кислорода, хлора и ряда других примесей мембрана проницаема).

Достоинства метода: возможность очистки до требований ПДК; возврат очищенной воды до 60 % в оборотный цикл; возможность утилизации тяжелых металлов; возможность очистки в присутствии лигандов, образующих прочные комплексные соединения.

Недостатки метода: необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики, взвешенных веществ; дефицитность и дороговизна мембран; сложность эксплуатации, высокие

требования к герметичности установок; большие площади, высокие капитальные затраты; отсутствие селективности; чувствительность мембран к изменению параметров очищаемых стоков [3].

Электродиализ – это метод, основанный на избирательном переносе ионов через перегородки, изготовленные из ионитов (мембраны) под действием электрического тока. Ионообменные мембраны проницаемы только для ионов, имеющих заряд того же знака, что и у подвижных ионов.

Достоинства метода: возможность очистки до требований ПДК; возврат очищенной воды до 60 % в оборотный цикл; возможность утилизации ценных компонентов; отсутствие фазовых переходов при отделении примесей, что позволяет вести процесс при небольшом расходе энергии; возможность проведения при комнатных температурах без применения или с небольшими добавками химических реагентов; простота конструкций аппаратуры.

Недостатки метода: необходимость предварительной очистки стоков от масел, ПАВ, органики, растворителей, солей жесткости, взвешенных веществ; значительный расход электроэнергии; дефицитность и дороговизна мембран; сложность эксплуатации; отсутствие селективности; чувствительность к изменению параметров очищаемых вод [4].

Не обошло стороной и включение мембранных технологий в справочник по наилучшим доступным технологиям. Так, в работе [5] предлагается замена классической схемы предочистки воды на следующую: непрерывная предварительная ультрафильтрация или микрофильтрация в сочетании с обратным осмосом. Это позволит исключить использование химических реагентов, снизить капитальные и эксплуатационные затраты, автоматизировать процесс, повысить срок эксплуатации. Стоимость внедрения подобной схемы не мала, однако, в перспективе, процесс, организованный следующим образом, оправдан экономически. Получаемая таким образом вода соответствует всем требованиям по безопасности.

Помимо всего прочего, актуальной проблемой является разработка локальных систем очистки сточных вод и регенерации технологических жидкостей предприятий промышленности, в которых сочетаются традиционные и баромембранные процессы. Такие схемы обеспечивают не только охрану окружающей среды от отходов предприятий, но и рациональное использование природных ресурсов, возврат в производство очищенной воды и извлечение из отходов ценных компонентов, что позволяет успешно решать проблемы охраны окружающей среды на тех предприятиях, для которых ранее не могли найти способа очистки сточных вод [6].

При постоянно возрастающих мощностях предприятия целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП) остаются одним из главных потребителей свежей воды, а по количеству сточных вод они вместе с деревообрабатывающими предприятиями занимают первое место, сбрасывая почти 1,5 млрд м³ сточных вод ежегодно. Разнообразие видов загрязнений сточных вод ЦБП и их концентраций привело к необходимости создания сложных, многостадийных схем и разнообразных систем очистки воды. Предлагается применять углеграфитовые и керамические мембраны в процессах микро- и ультрафильтрации для удаления из сточных вод ЦБП лигнинов и органических веществ, а полимерные мембраны – использовать в процессе обратного осмоса для деминерализации стоков. Такая ступенчатая очистка сточных вод с использованием двух различных типов мембран позволяет получить на выходе воду с достаточной степенью очистки для возврата в технологический процесс или сброса в поверхностные воды [7].

Таким образом, задачами мембранной технологии применительно к сточным водам предприятий химии и нефтехимии являются:

- очистка стоков, содержащих нефтепродукты;
- очистка стоков, содержащих растворенные и эмульгированные органические загрязнения;
- вывод и утилизация нефтепродуктов, возврат очищенной воды на повторное использование или сброс в канализацию;
- концентрирование и очистка органических компонентов, возврат очищенной воды на повторное использование;
- доочистка воды после очистных сооружений (удаление остаточной биомассы, органических загрязнителей, снижение цветности и др.):
- удаление биологически стойких загрязнений.

Широкое использование мембранных методов во многих промышленных процессах возможно благодаря тому, что свойства мембран могут быть адаптированы к техническим требованиям, удовлетворение которых необходимо для успешного проведения этих процессов [8].

Список литературы

1. Милютин Т.Н. Мембранные технологии очистки воды // Вологодские чтения: матер. регион. науч.-техн. конф. – 22–26 ноября 2006 г./ Дальневост. гос. техн. ун-т. – Владивосток, 2006. – №56. – с. 11-12.
2. Гафуров Н.М., Кувшинов Н.Е. Общие сведения о мембранной технологии очистки воды // Международный научный журнал «Инновационная наука». – №4. – 2016. с. 65-66.

3. Тихонов И.А., Агеев М.А. Технология обратноосмотического обессоливания воды для паровых котлов низкого и среднего давления // Вестник Саратовского государственного технического университета. – №1 (54). – 2011. – С. 206-212.
4. Галимова А.Р., Габсалямов А.И. Использование электродиализа для очистки сточных вод гальванического производства // Новая наука: современное состояние и пути развития. – № 3. – 2015. с. 74-76.
5. Горбик П.А., Захаров С.Л. Подготовка технологии к включению в справочник наилучших доступных технологий. Очистка воды методом ультрафильтрации и микрофильтрации в сочетании с обратным осмосом // Успехи в химии и химической технологии. – №5. – 2017. с. 10–12.
6. Терпугов Г.В. Разработка процессов очистки сточных вод и технологических жидкостей с использованием мембранной технологии: дисс... докт. техн. наук 11.00.11 05.17.08. – М., 2000. – 426 с.
7. Труберг А.А., Силос О.В., Терпугов Г.В. Метод расчета мембранных установок для очистки сточных вод сульфатных целлюлозно-бумажных заводов // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. VIII междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК.– №8. – 2012. с. 111-116.
8. Баландина А.Г., Хангильдин Р.И., Ибрагимов И.Г., Мартяшева В.А. Развитие мембранных технологий и возможность их применения для очистки сточных вод предприятий химии и нефтехимии // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – №5. – 2015. с. 336-375.

УДК 628.316

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Д.М. Кокушкин

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Загрязнение сточных вод органическими веществами – это одна из глобальных экологических проблем современности. Изыскание доступных эффективных методов очистки позволит существенно снизить содержание органических поллютантов. При производстве смолы ЭД-20 образуются сточные воды, обогащённые рядом сложных загрязнителей. В работе методом определения химического потребления кислорода до и после

обработки сточных вод было установлено, что березовые активированные угли БАУ-1 и БАУ-2 эффективно сорбируют органические вещества.

Ключевые слова: очистка сточных вод, смола ЭД-20, химическое потребление кислорода, древесный уголь, адсорбция.

Одними из наиболее вредных загрязнителей сточных вод являются органические вещества. Они могут образовываться как в результате деятельности различных предприятий, так и присутствовать в хозяйственно-бытовых стоках. Поскольку большинство органических веществ в воде находятся в истинно растворенном состоянии или в коллоидной форме, очистка и доведение до санитарных норм представляет задачу особой трудности [1]. Необходимость очистки сточных вод на предприятиях помимо экологического фактора обусловлена и материальными затратами на оплату штрафов за превышение нормативов сброса.

Очистка воды от органических загрязнителей в основном осуществляется реагентными и сорбционными методами. Сорбционные методы остаются наиболее востребованными промышленностью в силу их простоты и возможности использования недорогих отечественных материалов [2]. Однако не всегда есть возможность ограничиться только сорбционной очисткой, поскольку наличие взвесей различной дисперсности ухудшает работу сорбентов. При высоком содержании органических контаминантов необходимо перед стадией сорбционной очистки воды прибегнуть к реагентной очистке, в частности, коагуляции и флокуляции.

Для окружающей среды существенную опасность представляют химические производства, в частности, производство низкомолекулярной эпоксидной смолы ЭД-20. Производство такой смолы может осуществляться моно- и диаппаратным способом методом непосредственной конденсации дифенилолпропана с эпихлоргидрином. Технологический процесс состоит из конденсации, промывки, фильтрования и сушки с периодической очисткой реактора и промывкой его водой с толуолом. В реактор загружают эпихлоргидрин и дифенилолпропан. После предварительного нагрева и перемешивания постепенно подают едкий натр в виде концентрированного водного раствора или в твердом виде. По окончании поликонденсации эпихлоргидрин отгоняют с водой, а конденсат разделяют во флорентийском сосуде. Затем водно-толуольной промывкой удаляют хлористый натрий и растворяют смолу. Нижний водный слой поступает на очистные сооружения, остаточная в реакторе вода отгоняется в виде азеотропной смеси с толуолом. Пары воды и толуола конденсируются в обратном холодильнике, и конденсат поступает во флорентийский сосуд, где разделяется на верхний слой –

толуол, возвращаемый в реактор, и нижний – воду, поступающую на очистные сооружения. Тoluольный раствор смолы фильтруют через фланель и перекачивают фильтрат в реактор для отгона толуола. Готовая смола через латунные сетки сливается в бидоны.

Предложен метод конденсации в присутствии изопропилового спирта или других растворителей, при котором избыток эпихлоргидрина не омыляется и может быть регенерирован для повторного использования и облегчается отделение водно-солевого слоя с повышением чистоты продукта. Также перспективен метод конденсации на границе раздела фаз. При этом эпихлоргидрин растворяют в бутаноле, а дифенилолпропан – в водной щёлочи, затем первый раствор добавляют ко второму при медленном перемешивании.

Такие низкомолекулярные смолы термопластичны и не могут применяться для ряда назначений. Поэтому добавкой отвердителей они переводятся в пространственные полимеры. Наиболее распространённым методом является отверждение аминами, кислотами и их ангидридами [3].

Вышеописанная технология подразумевает наличие в сточных водах достаточного количества токсичных органических веществ, которые при помощи существующих методов очистки [4-7] не всегда удаляются до требуемых нормативов. В настоящей работе объектом исследования были сточные воды производства смолы ЭД-20, которые очищали помощью активированного угля марок БАУ-1 и БАУ-2. В работах [8-10] было показано, что активированные угли успешно справляются с сорбцией органических веществ. Помимо этого, доступность, низкая стоимость, эффективность, высокие сорбентные свойства и износостойкость являются неоспоримым преимуществом сорбентов на основе активированных углей.

Эффективность очистки определяли по изменению параметра ХПК (химическое потребление кислорода) до и после обработки по стандартной методике, описанной в [11]. Поскольку отличительной чертой органических соединений является легкая окисляемость на воздухе, этот метод хорошо подходит для определения содержания органических веществ в воде. Степень очистки (СО, %) рассчитывали по следующей формуле:

$$CO = \frac{XPK_n - XPK_k}{XPK_n} \times 100,$$

где XPK_n – значение ХПК до очистки, мг $O_2/дм^3$;

XPK_k – значение ХПК после очистки, мг $O_2/дм^3$.

Результаты анализа приведены в таблице:

Таблица – Контроль очистки воды на БАУ-1 и БАУ-2 по показателю ХПК

№	Наименование образца	ХПК, мг/дм ³	Степень очистки, %
1	Исходная вода	79,16	—
2	После обработки на БАУ-1	2,22	97,19
3	После обработки на БАУ-2	2,26	97,14

Результат анализа показал, что активированные угли БАУ-1 и БАУ-2 обладают хорошей сорбционной способностью. Таким образом, березовые активные угли можно рекомендовать для очистки сточных вод различных предприятий химической промышленности от органических веществ.

Список литературы

1. Бабенко С.А., Попова О.И. К вопросу очистки сточных вод промышленных предприятия от органических веществ // Известия Томского политехнического университета. – Инжиниринг георесурсов. – Т. 302. – 1976. С. 53–54.
2. Юдаков А.А., Червонецкий Д.В., Перфильев А.В., Слесаренко В.В., Чириков А.Ю., Бадулин Ю.М. Особенности применения флокулянтов и сорбентов для очистки технологической воды и производственных стоков // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – №4. – 2014 – С. 126-135
3. Брацыхин Е.А. Технология пластических масс. – Изд. 2-е, пер. и доп.– Л.: Химия, 1974. – 352 с.
4. Пат. 2468999 РФ. Способ очистки сточных вод от метанола / В.В. Селезнев, Р.А. Саркаров, С.В. Коняев, М.И. Ахмедов, Д.И. Бариева, М.Ш. Абдуллаев// Бюл. – 2011. – №12.
5. Пат. 2359918 РФ. Способ очистки водно-этанольных смесей от изопропилового спирта / Усанов Д. А. // Бюл. – 2008. – №7.
6. Пат. 2073647 РФ. Способ очистки сточных вод от эпихлоргидрина и продуктов его превращения / Ефремова Л.М., Котусова И.Ю., Стороженко П.А. // Бюл. – 1993. – №1.
7. Очистка сточных вод от примесей толуола и ацетона электролизом под давлением кислорода /Алиева Д.С., Исаев А.Б., Алиев З.М. //Бюл. – 2006.
8. Ряховский М.С. Динамика сорбции нефтепродуктов и фенолов из водных растворов на комплексной загрузке из активированных углей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2–3.

9. Албогачиева М.Х., Султыгова З.Х. Применение терморасширенного графита в технологии очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов // Нефть и газ: сборник трудов 72-й Международной молодежной научной конференции. –2018. – С. 3-12.
10. Рахимьянова Л.Р., Дряхлов В.О., Шайхиев И.Г., Свергузова С.В. Комбинированная очистка водомасляной эмульсии с использованием мембран и адсорбционным методом // Вестник Технологического университета. – Т. 21. – № 5. – 2018. – С.90-93.
11. ПНД Ф 14. 1:2.100-97. Методика измерений химического потребления кислорода в пробах природных и сточных вод титриметрическим методом. – М. – 16

УДК 628.1-034.12

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЛЕЙ ЖЕЛЕЗА

Д.А. Скотникова, М.С. Дулин

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация. В настоящей работе исследована эффективность очистки железосодержащих сточных вод методом ионного обмена с помощью комплексообразующих реагентов. Для очистки от ионов железа (III) анионит АВ-17 модифицировали гексацианоферрат ионом, который впоследствии связывал в комплекс Fe^{3+} из очищаемой воды. Было показано, что данная методика применима только для небольших объёмов сильно загрязнённых вод.

Ключевые слова: обезжелезивание воды, сточные воды, соли железа, анионит АВ-17, анионирование, комплексообразование.

Вода является основным источником минеральных элементов, от неё напрямую зависит существование всех живых организмов на планете. Человеческая деятельность не может обойтись без колоссального водопотребления. Результат такой деятельности – образование и сброс сточных вод. Основную часть сточных вод образуют жилищно-коммунальное хозяйство (55 %) и промышленность (31 %). Значительное

количество загрязненных сточных вод поступает с предприятий целлюлозно-бумажной, металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности, с сельскохозяйственными и бытовыми стоками. Около 40 % таких вод загрязнены вредными веществами.

В городских поселениях повышенное содержание железа в воде может быть вблизи не только различных предприятий, но и в районе свалок, ТЭЦ. Так, за последнее десятилетие было обнаружено, что среднее содержание общего железа в грунтовых водах Санкт-Петербурга составило $6,4 \text{ мг/дм}^3$, в то время как максимальное значение поднялось до уровня $83,1 \text{ мг/дм}^3$ (при ПДК для питьевой воды – $0,3 \text{ мг/дм}^3$) [1]. В работе [2] также указывается на то, что в 2016-2017 гг. основными загрязняющими веществами, превышающими допустимые уровни, в водах Невской губы являются тяжелые металлы 73,4 – 74 %, из них железо 74,8 – 89 %.

Очистка сточных вод является одной из главных экологических задач. Под действием химических веществ вода может стать непригодной для деятельности человека и поддержания жизнедеятельности флоры и фауны [3]. Употребление высокожелезистых вод может нанести вред здоровью. При избытке железа в организме наблюдается слабость, потеря веса, угнетение иммунной функции. При длительном употреблении воды с содержанием железа более $1,0 \text{ мг/дм}^3$ возможно появление сухости, шелушения и раздражения кожи. Потребление воды с концентрацией данного элемента более 30 мг/дм^3 в течение 15–20 лет приводит к заболеваниям крови и сидерозу [4].

Наиболее распространенными вариантами очистки сточных вод от железа являются коагуляция и ионный обмен [5]. Для повышения избирательности ионитов могут применяться разные методики, в том числе модифицирование комплексообразующими реагентами [6].

Для извлечения из воды ионов железа в настоящей работе была опробована методика осаждения гексацианоферрат-ионов на анионите АВ-17 с последующим связыванием в комплекс ионов железа (III) из фильтруемого раствора. Подготовку анионита осуществляли предварительным вымачиванием в 1н растворе хлористого натрия. Затем через подготовленный анионит пропускали 1н раствор $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ и затем очищаемую воду с концентрацией FeCl_3 1 моль/дм³. Концентрацию железа в каждом 10 см³ элюата определяли по стандартной методике с сульфосалициловой кислотой. Результат представлен на рис.

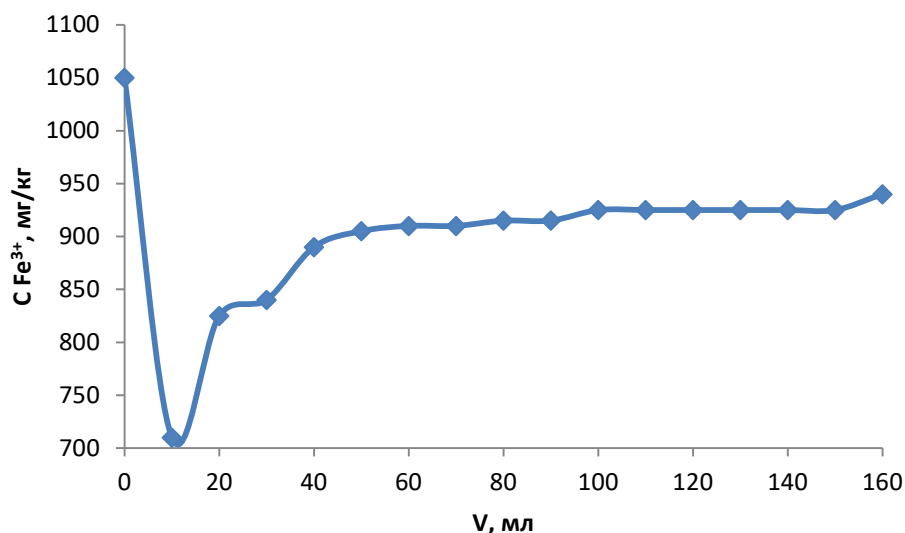


Рис. Зависимость концентрации ионов Fe³⁺ (мг/кг) от объема воды, пропущенной через анионит

Как видно из графика, при пропускании первых 10 см³ вода очистилась на 32 %. При дальнейшем пропускании загрязненной воды через колонку степень очистки заметно снизилась.

Результаты эксперимента показали, что модифицированный анионит может очистить только небольшие объемы сточной воды с содержанием большого количества солей железа (III). Таким образом, использование анионита АВ-17 для больших объемов сильно загрязненной воды является нецелесообразным.

Список литературы

1. Румянцев И.А. Загрязнение подземных вод в прибрежной территории Санкт-Петербурга // Вестник СПбГУ. – Серия 7. – Геология. География, 2016. – Вып. 3. – С. 177–185.
2. Дорошенко Н.И. Качество вод береговой зоны Финского залива в 2016–2017 гг. / Н.И. Дорошенко, Д.М. Белов, В.Е. Крийт // Вестник гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2018. – Т. 10. – № 2. – С. 331–337.
3. Канализация населенных мест и промышленных К 19 предприятий / Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин и др.; Под общ. ред. В. Н. Самохина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с., ил.– (Справочник проектировщика).
4. Бондарева Д.Г. Избыточное содержание железа в питьевых водах ЕАО как результат воздействия природных и антропогенных факторов / Д.Г.

Бондарева // Вестн. Приамур. гос. ун-та им. Шолом-Алейхема. – 2012. – № 2. – с. 5–11.

5. Дорошенко Н.И. Повышение эффективности седиментационной очистки ливневых сточных вод от железа / Н.И. Дорошенко // Вестник гос. ун-та морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. – 2015. – №3(31). – С. 69–74.

6. Мясоедова Г.В., Никашина В.А. Сорбционные материалы для извлечения радионуклидов из водных сред // Рос. хим. ж. – 2006. – т. L. – № 5. – с. 55-61.

УДК 66.069.856.022.3

СНИЖЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРОМЫВНЫХ ВОД В ЛПК

Е.Ю. Кулакова, А.А. Губин

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация. Некоторые производственные процессы сопровождаются пенообразованием, которое может вызвать ряд технологических и экономических затруднений. С этой целью в систему вводят пеногасители, которые, обладая высокой поверхностной активностью, не дают пене образоваться. В данной работе представлены общие сведения по пенообразованию производственных вод и приведены результаты исследования снижения пенообразования с применением метилсиликоната натрия и производственного силиконового пеногасителя на черном щёлоке сульфатцеллюлозного производства. Было выявлено, что оба вещества успешно справляются с поставленной задачей.

Ключевые слова: пеногасители, пена, пенообразование, целлюлозно-бумажное производство.

Многие технологические процессы связаны с интенсивным перемешиванием и перекачиванием склонных к пенообразованию жидкостей, в частности, при производстве целлюлозных полуфабрикатов. При этом возникает интенсивное вспенивание, что сильно затрудняет работу оборудования, а во многих случаях делает ее невозможной. При транспортировке и перекачивании жидкостей пенообразование затрудняет

работу насосов. При металлообработке вспенивание смазочно-охлаждающих жидкостей нарушает отвод тепла. [1].

Целлюлозно-бумажное производство является источником повышенного водопотребления. Вода расходуется на каждом технологическом этапе: на приготовление реактивов, при варке, промывке, отбелке, выпарке черных щелоков и т.д. Пенообразование сточных вод на предприятиях по производству целлюлозы вызвано наличием в них щелочного лигнина, солей смоляных и жирных кислот, волокон древесины. Вспенивание производственных и сточных вод на предприятиях бумажной промышленности связано с применением синтетических ПАВ, красителей, казеина, клея, экстрагированных из древесины соединений и др [2]. Явление пенообразования из черных сульфатных щелоков обусловлено наличием большого количества канифольных и жирных мыл. Воздух является основной причиной пенообразования в мокрой части БДМ. Бумажная масса обычно содержит 5–10 % как механически удерживаемого, так и растворенного в воде воздуха. Все химикаты, применяемые в бумажном производстве (клей, наполнители, красители и др.), а также остатки в массе отбеливающих растворов усиливают пенообразование [3].

С целью разрушения пены или предупреждения её образования в систему вводят такие вещества, которые, обладая высокой поверхностной активностью, не дают пене образоваться – пеногасители [2].

Полное или частичное подавление пены можно осуществить следующими способами:

1. Непосредственным разрушением пены с применением различных специальных устройств; введением в пенящуюся среду химических веществ.
2. Извлечением из растворов веществ-пенообразователей (стабилизаторов пены) или их деструкцией.
3. Разрабатывают способы ведения процесса, ограничивающие или исключают образование пены.

Химический способ борьбы с пеной, несмотря на ряд присущих ему недостатков, получил широкое распространение. Данный метод пеногашения в большинстве случаев весьма эффективен, а иногда является единственно приемлемым. Основным недостатком использования химических пеногасителей является возможность загрязнения полуфабрикатов, готового продукта, а также технологической линии [2].

Методы борьбы с пенообразованием на сетке БДМ и КДМ делят на пассивные и активные. К пассивным относятся методы, использующие антивспенивающие и деаэрирующие добавки химикатов или глушение пены на сетке водяными или паровыми sprays [3].

Существует обильное многообразие пеногасителей, характеризующихся по классам веществ: жиры, алифатические кислоты эфиры, высшие спирты, азотсодержащие органические соединения, кремнийорганические соединения (силиконовые).

В патентах [4,5] для снижения пенообразования в бумажной промышленности рекомендовано применение разнообразных соединений кремния, которые достаточно эффективно способствуют разрушению пены, а также удалению воздуха и воды из целлюлозы при изготовлении бумаги.

Силиконовые пеногасители эффективны при малых концентрациях (0,001-0,1 %), химически инертны, нетоксичны, пожаро-взрывобезопасны, обладают продолжительным пеногасящим действием в широком диапазоне температур и рН. В чистом виде силиконы применяются редко, наиболее часто перед введением в рабочую среду их диспергируют в каком-либо веществе-носителе, что позволяет добиться значительного снижения расхода активного компонента и быстрого распределения пеногасителя в среде пеногашения. Обычно используют водные силиконовые эмульсии с концентрацией 10-50 % по основе, причем эффективность эмульсии зависит как от природы активного компонента, его химического строения, так и от рецептуры и технологии изготовления эмульсии. Во многих случаях перед использованием товарную форму эмульсии можно разбавлять водой [6].

В данной работе было оценено уменьшение пенообразования черного сульфатного щёлока с применением кремнийорганических пеногасителей.

В качестве объектов исследования взяли черный щёлок с АО «Сегежский ЦБК», метилсиликонат натрия и производственный силиконовый пеногаситель. Экспериментальные исследования проводили в три этапа с использованием в каждом конкретном случае 200 см³ черного щёлока и 10 см³ пеногасителя.

Первый этап включал в себя механическое перемешивание исходного щелока в течение 10 минут без добавления пеногасителя. Образовавшаяся пена имела высоту 21 мм и полностью исчезла только через 50 минут.

На втором этапе после перемешивания раствора щелока в течение 10 минут добавляли в него по 10 см³ имеющихся пеногасителей. При добавлении метилсиликоната натрия пена имела высоту 34 мм и полностью исчезла через 40 минут. Пена при добавлении второго силиконового пеногасителя имела высоту 9 мм и исчезла через 5 минут. Однако важной особенностью является то, что второй силиконовый пеногаситель плохо растворился в рабочем растворе из-за большой вязкости и превратился в дисперсную фазу с диаметром капель до 2 мм. Образовавшаяся эмульсия не

отвечает требованию к пеногасителю, согласно которому он не должен изменять состав исходного раствора.

Результат анализа показал, что пеногасители следует добавлять до перемешивания исходного раствора, чтобы произошло максимальное его растворение без образования эмульсии, что было опробовано на третьем этапе исследования.

Пеногасители добавляли в исходные растворы щёлока до их перемешивания. Перемешивали в течение 10 минут и после этого измеряли высоту пены. При добавке метилсиликоната натрия пены вовсе не образовалось. При введении силиконового производственного пеногасителя образовалась незначительная высота пены около 1мм, которая исчезла за считанные минуты.

Из проведенного исследования по уменьшению пенообразования можно сделать вывод, что добавление пеногасителя в самом начале перемешивания жидкости будет более рационально и оптимально, для лучшего растворения и взаимодействия компонентов черного щелока с молекулами пеногасителя. Концентрация реагента, достаточная для уменьшения пенообразования, составляет 5 %. Оба пеногасителя хорошо справились с поставленной задачей.

Список литературы

1. Информационный сайт компании ООО «ПФ Техносилоксаны». О силиконовых пеногасителях. URL: <http://www.ts-silicone.ru/spg.html> (дата обращения: 19.12.2018).
2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. –М.: Химия, 1975. – 264 с.
3. Хованский В.В., Дубовый В.К., Кейзер П.М. Применение химических вспомогательных веществ в производстве бумаги и картона. Учебное пособие. Санкт-Петербург: СПб ГТУ РП, 2013. – 153 с.
4. Пат.291467 Российская Федерация, МПК⁷ D21C 3/28. Способ получения пеногасителя / Бакмен С.Д., Бакмен Д.Д., Пера Д.Д. (США); заявитель Иностранная фирма «Бакмен Лабораториз, Инк»; – № 1243712/23-4; заявл. 24.05.1967; опубл. 06.01.1971, Бюл. № 3; (США). – 3 с.
5. А. с. 521373 СССР, МКл² D 21 C 3/28; D 21 D 3/00; В 01 D 19/04. Устройство для захвата неориентированных деталей типа валов / Я.Е. Диклер, Н.А. Смирнягина, Т.А. Зеркалина (СССР). – № 1981992/12; заявл. 29.12.73; опубл. 15,07,76, Бюл. № 26. – 2 с.
6. Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. Изд. 2-е, перераб. и доп. –М. Химия, 1975. – 512 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

А.С. Брагина, Ю.О. Кирпищикова

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация. Качеству поверхностных водоисточников предъявляются особые требования. Такие воды являются источником жизнеобеспечения флоры и фауны, а также важным объектом народного хозяйства. Наряду с традиционными методами очистки и подготовки воды применяются и новые методики. Хотя они и не нашли пока широкого применения, но в конечном итоге глубокие исследования в данной области приведут к разработке инновационных комплексных методов водоподготовки.

Ключевые слова: водоочистка, природные воды, мембранные технологии, гидроволновой метод, обеззараживание, портативные очистители.

Среди многих отраслей современного производства, направленных на повышение уровня жизни людей и развития промышленности, водоснабжение занимает весомую часть. Вода – это неотъемлемая часть жизнеобеспечения всех организмов.

В России для организации водоснабжения преимущественно используются поверхностные водоисточники, на долю которых приходится до 70 % от общего водозабора [1]. Основными источниками поступления загрязняющих веществ в поверхностные воды являются: бытовые, промышленные и сельскохозяйственные сточные воды.

Отечественные технологии подготовки питьевой воды основаны на классических методах коагуляции, отстаивании, фильтрации и сорбции. Обеззараживание воды осуществляется с применением гипохлорита натрия и газообразного хлора. Из-за постоянно возрастающей степени загрязнения водоисточников традиционно применяемые технологии обработки воды стали в большинстве случаев недостаточно эффективными [2]. Но традиционные технологии очистки воды недостаточно эффективны в отношении ряда антропогенных загрязнений. Так, например, при исходной концентрации нефтепродуктов 1–5 мг/л эффект очистки составляет 20–40 %; анионактивные ПАВ удаляются на 25–50 % при содержании их в исходной воде 1,5–2,5 мг/л;

фенолы на традиционных сооружениях при начальной концентрации 0,05–0,2 мг/л практически не удаляются, эффект очистки редко превышает 5 % [3].

Мембранная очистка воды, обратный осмос известны еще со второй половины прошлого столетия. Поэтому к инновационным их можно отнести с большим трудом. Однако материалы и техническая составляющая постоянно совершенствуются в сторону использования новых и экологичных материалов. Мембранные технологии возможно применять и при биологической очистке, так называемый мембранный биореактор. Разделение фаз активного ила и очищенной воды осуществляется на ультрафильтрационных полимерных мембранах (мембранный модуль, аппарат ультрафильтрационный). Концентрация активного ила при этом может быть увеличена в биореакторе до 8–12 г/л. При этом блоки доочистки не требуется, так как вынос взвешенных веществ из биореактора, как правило, не превышает нижней границы измерений (менее 3 мг/л) [4].

Гидроволновой метод – это отечественный метод водоочистки, не имеющей аналогов в мировой практике. Его главное отличие – в отказе от традиционных способов нагрева жидкости и использовании вместо них механических и частотных воздействий (термодинамических циклов). Применение привычных теплообменных систем сопровождается образованием различных отложений – «накипи», новая технология лишена этого недостатка [5]. Суть метода заключается в следующем: при прохождении жидкого потока через гидродинамический теплогенератор возникает эффект обтекания «плохо обтекаемого тела». В результате в жидкости образуются содержащие вакуум пустоты, внутри которых идет процесс парообразования. Причем идет он при температуре гораздо ниже 100°C (например, при 30°C), за счет этого экономится значительное количество энергии. Дополнительное высокочастотное воздействие вызывает эффективную термоокислительную реакцию, которая приводит к разрушению молекул загрязняющих веществ, в том числе сложных органических соединений и тяжелых металлов. Посредством контактных теплообменных процессов идет интенсивное парообразование с последующей конденсацией. В результате образуются чистая дистиллированная вода и влажный иловый осадок, имеющий по российской классификации IV класс опасности. Установки, использующие этот принцип, могут использоваться в автономных модульных системах жизнеобеспечения для опреснения и очистки воды от различных химикатов и тяжелых металлов в водопроводно-канализационном хозяйстве, для уничтожения полихлорбифенилов и пестицидов. Кроме того, они станут идеальным решением для очистки промышленных стоков и удаления нежелательных примесей из сырой нефти и жидкого топлива в

нефтегазоперерабатывающей промышленности, для очистки различных емкостей и трубопроводов, для обезвреживания токсичных веществ и жидких радиоактивных отходов, утилизации отработанных ГСМ. Наконец, с их помощью можно готовить модифицированную водотопливную эмульсию. Она может использоваться как топливо для автономных электрогенераторов очистных установок, также мини-ТЭЦ контейнерного типа [5].

К инновационным методам также можно отнести и различные вариации походных водоочистных приспособлений. Например, водоочиститель GoSun Flow (рис. 1) является многофункциональным оборудованием для кемпинга. GoSun Flow достаточно мал, чтобы поместиться в рюкзак, использует солнечную энергию для фильтрации 99,99 % патогенов воды, может функционировать как портативная станция для мытья рук, горячий душ, источник чистой питьевой воды и т.д. [6]



Рис. 1. Водоочиститель GoSun Flow

Особую роль в водоочистке играет обеззараживание. Раньше традиционно для этого использовали жидкий хлор. Его применение не лишено очевидных недостатков, главный из которых – опасность. В последние десятилетия жидкий хлор стали заменять на гипохлорит натрия. Технология применения NaClO основана на его способности распадаться в воде с образованием диоксида хлора. Применение концентрированного гипохлорита натрия на треть снижает вторичное загрязнение, в сравнении с использованием газообразного хлора. Кроме того, транспортировка и хранение концентрированного раствора NaClO достаточно просты и не требуют повышенных мер безопасности. Также получение гипохлорита натрия возможно и непосредственно на месте, путем электролиза. Электролитический метод характеризуют малые затраты и безопасность; реагент легко дозируется, что позволяет автоматизировать процесс обеззараживания воды.

Альтернативным хлорированию способом в водоподготовке является обработка воды озоном. Озон применяется в очистке и доочистке питьевой воды, подготовке воды для производства пива и безалкогольных напитков, стерилизации стеклянных и пластиковых бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ), озонирования воды в бассейнах, дезинфекционной обработке сточных вод, производственных, бытовых помещений и мест общего пользования и др. Важным преимуществом является неспособность озона, в отличие от хлора, к реакциям замещения с органическими соединениями, приводящими к образованию побочных токсичных хлорорганических соединений [7].

Таким образом, защита водных ресурсов от истощения и загрязнения и их рациональное использование для нужд народного хозяйства – одна из наиболее важных проблем, требующих безотлагательного решения. Инновационные методы очистки воды в разы улучшают качество жизни живых организмов.

Список литературы

1. Федотов Р.В. Современные технологии очистки природных вод от антропогенных загрязнений / Р.В. Федотов, С.А. Щукин, А.О. Степаносьянц, Н.И. Чепкасова // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 9 (часть 3) – С. 452-456 URL: <http://top-technologies.ru/ru/article/view?id=36249>
2. Линевиц С.Н., Гетманцев С.В. Коагуляционный метод водообработки: теоретические основы и практическое использование. – М.: Наука, 2007. – С. 230.
3. Журба М.Г., Соколов Л.И., Говорова Ж.М. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: издание второе, переработанное и дополненное: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – С. 496.
4. Миклашевский Н.В. Ультрафильтрация и обратный осмос. Очистка природных и сточных вод / Н.В. Миклашевский, Т.С. Муравьева // Водные ресурсы и водопользование. – №8 (127). – 2014. – С. 14–25.
5. Инновационные технологии очистки воды. Гидроволновой метод. Редакция «ЮНИДО в России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.unido-russia.ru/archive/num1/art14/>, свободный доступ. – Загл. с экрана. – (01.12.2018).
6. GoSun Flow очищает воду для питья где угодно, даже в походе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.o8ode.ru/article/dwater/purewater/GoSun-Flow-clears-the-water-to-drink-anywhere-even-in-the-campaig>, свободный доступ. – Загл. с экрана. – (01.12.2018).
7. Мосин О.В. Использование озона в водоподготовке // Сантехника, 2011. № 4, с. 47-49.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ БЕНЗОЛА РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ

А.С. Терехин

научный руководитель: О.В. Федорова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Бензол является токсичным канцерогеном и опасным контаминантом, поэтому особое внимание мировой общественности в вопросах водоочистки направлено на его эффективное удаление. Одним из способов очистки является его сорбция на различных сорбентах, что и послужило предметом настоящего исследования. Было установлено, что сорбция на активированных углях является неэффективным способом очистки воды от нефтепродуктов, в частности от бензола.

Ключевые слова: очистка сточных вод, бензол, активированный уголь, сорбция.

Современные тенденции развития промышленности повышают требования к качеству воды и вынуждают искать более эффективные способы очистки сточных вод. Сорбционная очистка является одним из наиболее эффективных методов для решения поставленной задачи. К преимуществам сорбционной очистки относится возможность удаления загрязнений широкой природы практически до любой остаточной концентрации независимо от их химической устойчивости, отсутствие вторичных загрязнений и управляемость процессом [1]. Нефтепродукты являются широко распространенными и органическими загрязнителями поверхностных вод. Понятие «нефтепродукты» в гидрохимии условно ограничивается только углеводородной фракцией (алифатические, ароматические, алициклические углеводороды) [2].

Попадая в гидросферу, содержащиеся нефтепродукты в сточных водах ухудшают её экологическое состояние и ставят под угрозу жизнеобеспечение ряда организмов, в том числе и человека. Доли основных источников поступления нефтепродуктов в океан представлены на рис. 1 [3].



Рис. 1. Основные антропогенные источники загрязнения океана нефтепродуктами

Бензол входит в состав бензина (до 5 % по объёму), широко применяется в промышленности, является исходным сырьём для производства лекарств, различных пластмасс, синтетической резины, красителей. Хотя бензол входит в состав сырой нефти, в промышленных масштабах он синтезируется из других её компонентов [4]. Его ежегодное производство превышает 40 миллионов тонн в год. Бензол относят к раздражающим и сильно ядовитым веществам. Его высокие концентрации (более 3200 мг/м^3) вызывают нейротоксические симптомы. Хроническое отравление бензолом проявляется в нарушениях работы нервной системы и органов кроветворения [5]. В поверхностные воды бензол поступает с предприятий и производств основного органического синтеза, нефтехимической, химико-фармацевтической промышленности, производства пластмасс, взрывчатых веществ, ионообменных смол, лаков и красок, искусственных кож, а также со сточными водами мебельных фабрик. В стоках коксохимических заводов бензол содержится в концентрациях $100\text{--}160 \text{ мг/дм}^3$, в сточных водах производства капролактама – 100 мг/дм^3 , производства изопропилбензола – до 20000 мг/дм^3 . Источником загрязнения акваторий может быть транспортный флот (применяется в моторном топливе для повышения октанового числа). Бензол используется также в качестве ПАВ [3].

Очистку от нефтепродуктов (в частности, бензола) можно проводить биохимическими методами, флотацией, отстаиванием и фильтрованием, коагуляцией, флокуляцией [6-9], электрокоагуляцией и пр. Широкое распространение получили мембранные и сорбционные методы [10]. Самая высокая степень доочистки сточных вод обеспечивается адсорбционным методом при остаточной концентрации нефтепродуктов $0,1\text{--}0,3 \text{ мг/дм}^3$ [11].

В работе [12] описывается эффективный способ, при котором происходит очистка водной среды, загрязнённой бензолом, на осиновом активированном древесном угле. Было показано, что такая обработка не занимает много времени, имеет низкий расход сорбента при высокой степени очистки воды от бензола.

В настоящей работе был опробован способ очистки бензол содержащих вод с применением березовых активированных углей марок БАУ-М и БАУ-А. Данные сорбенты соответствуют стандарту [13]. Две колонки с предварительно помещённой в них ватой заполняли сорбентами в количестве 5 г. После приготовления колонок было пропущено через каждую по 60 см³ модельной воды. Отбор элюата производили каждые 3 см³, где определяли показатель преломления n . Показатель преломления исходной воды составил 1,35363. Зависимость кинетики сорбции приведена на рис. 2.

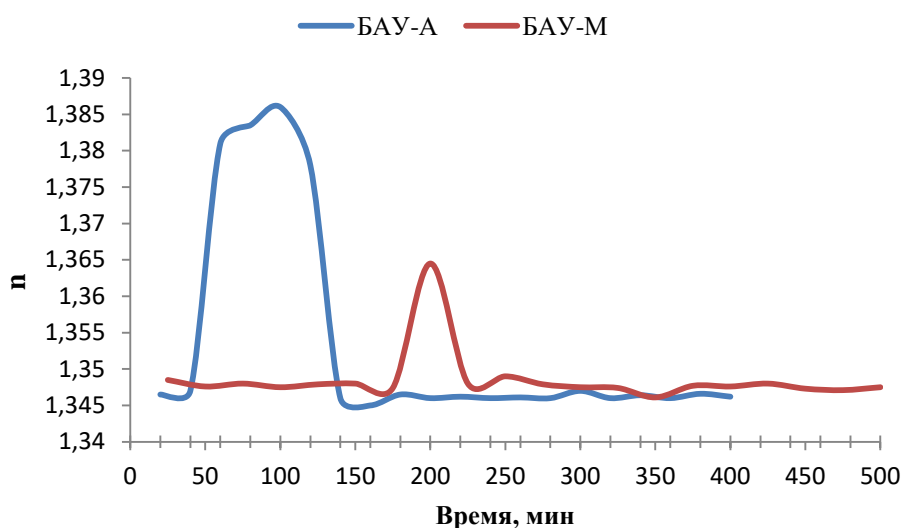


Рис. 2. Кинетика сорбции бензола березовыми активированными углями

Результаты опытов показали, что очистка воды от бензола двумя видами активированных углей, несмотря на то, что уголь – хороший адсорбент, является неэффективным способом очистки воды от нефтепродуктов, в частности, бензола.

Список литературы

1. Марченко Л.А. Исследование возможности сорбционной очистки при ликвидации нефтяных загрязнений / Л.А. Марченко, Е.А. Белоголов, А.А. Марченко, О.Н. Бугаец, Т.Н. Боковикова // Журнал КубГАУ. – 2012. – №10(84). – С. 1–10.
2. ГОСТ 31953-2012 Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии. Межгосударственный стандарт. – М.: Стандартинформ. – 19 с.

3. Логинова Е.В., Лопух П.С. Гидроэкология: курс лекций. – Минск: БГУ, 2011. – 300 с.
4. Технология основного органического синтеза. Промышленные процессы синтеза органических веществ. Часть 2. [Электронный ресурс] TEST Разработка курсов. Томский политехнический университет. URL: <https://designtest.lms.tpu.ru/mod/book/view.php?id=11888&chapterid=4109>
5. Прокопенко Ю.И. Отравление длиною в жизнь [Текст] / Ю.И. Прокопенко // Наука и жизнь. – 2015. – № 1. – С. 30–34
6. Поруцкий Г.В. Биохимическая очистка сточных вод органических производств. М: Химия, 1975. – 256 с.
7. Казарян Т.С., Седых А.Д., Гайнуллин Ф.Г., Шевченко А.И. Мембранная технология в решении экологических проблем газовой промышленности. – М.: Недра, 1997. – 227 с.
8. Давыдова С.Л., Тагасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: Учеб. пособие. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с
9. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков / Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин. – М.: Высшая школа, 2003. – 344с
10. Ульянов В.М., Рыбкин Э.П., Гуткович А.Д., Пишин Г.А. Поливинилхлорид. – М.: Химия, 1992. –288 с.
11. Ластовкин Г.А., Радченко Е.Д., Рудин М.Г. Справочник нефтепереработчика. – Л.: Химия, 1986. – 648 с.
12. Пат. 2367612 Российская Федерация, МПК С 02 F 01/28. Способ очистки загрязненной водной среды от бензола. [Текст]/ Спицын А.А., Пильщиков Ю.Н., Пятакин В.И. Бирман А.Р., Белоногова Н.А., Теппоев А.В. – № 20081264127/15 заявл. 01.07.2008 Оpubл. 20.09.2009 Бюл. № 26 – 2 с.
13. ГОСТ 6217-74 Уголь активный древесный дробленый. Технические условия (с изменениями № 1, 2, 3, 4). М.: Изд-во стандартов, 2003. – 7с.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Е.А. Чердакова, П.П. Корнев

научный руководитель: О.С. Андранович

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Очистка воды от поверхностно-активных веществ является важной задачей современности, поскольку практически никакая деятельность человека не обходится без моющих композиций. Единственным наиболее эффективным ныне способом очистки является флотация. В работе была предпринята попытка очистки воды от катионного и анионного поверхностно-активных веществ. Было установлено, что двухступенчатая очистка является наиболее оптимальной.

Ключевые слова: очистка сточных вод, поверхностно-активные вещества, катионит КУ-28, анионит АВ-17.

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – вещества, способные накапливаться на поверхности раздела фаз и вызывающие снижение поверхностного натяжения веществ, образующих эти фазы [1].

Попадая в водоемы, ПАВ нарушают их санитарный режим: истощается запас растворенного в воде кислорода, повышается концентрация нефтепродуктов за счет эмульгирования последних в поверхностных пленках мицелл [2,3]. ПАВ оказывает токсическое действие на животных и обитателей водоемов [2]. Существует несколько путей попадания данных веществ в организм: употребление питьевой воды, санитарно-гигиенические обработки жилья (стирка одежды, уборка жилища, мытьё посуды), хранение средств вместе с продуктами. Органы, наиболее подверженные действию ПАВ, – иммунная система, почки, печень, желудочно-кишечный тракт, мозг.

В основу предельно-допустимых концентраций (ПДК) для детергентов положен не только токсический эффект, а также пенообразующая способность, изменяющая санитарный режим водоема. Величины ПДК колеблются в очень широком диапазоне от тысячных долей мг/л до нескольких мг/л в зависимости от вида ПАВ и категории водопользования [2].

К сожалению, в современном мире человек и окружающая среда постоянно подвергаются действию ПАВ, поэтому важно, чтобы производители указывали на продукции процентное содержание всех классов ПАВ, входящих в состав, так как чем выше концентрация анионных и катионных ПАВ в средстве, тем большее токсическое и накопительное действие оказывается на организм и окружающую среду. Но если в состав включены неионогенные ПАВ, токсичность средства может быть снижена.

Однако все эти композиции ПАВ попадают в сточные воды, загрязняют нашу окружающую среду. В настоящее время удаление данных веществ из сточных вод можно производить механическими, физико-химическими, химическими, тепловыми, электрохимическими и биохимическими обработками способами. Полностью очистить сточные воды от амфифильных соединений невозможно каким-нибудь одним способом, поэтому используются комбинированные методы.

Для удаления этих соединений из сточных вод широкое распространение получили сорбционные методы. В данной работе методом ионного обмена очищали сточную воду, содержащую анионоактивный (лаурилсульфат натрия) и катионоактивный (катамин АБ – алкилбензилдиметиламмоний хлорид) поверхностно-активные вещества.

Были построены калибровочные зависимости оптической плотности D от массовой концентрации (C , масс.%) катамина АБ и лаурилсульфата натрия с использованием спектрофотометра СФ-2000 при длине волны 250,1 нм.

Для очистки воды от ПАВ были использованы ионообменные колонки, заполненные катионитом КУ-2-8 и анионитом АВ-17. Через колонку с катионитом порционно пропускали раствор 1 % лаурилсульфата натрия и измеряли оптическую плотность фильтратов и по калибровочным зависимостям определяли содержание поверхностно-активного вещества. Таким же образом через ионообменную колонку, заполненную анионитом, пропускали 1 % раствор катамина АБ. Эффективность очистки от индивидуальных поверхностно-активных веществ составила не более 26 %.

Наиболее эффективной очисткой является двухступенчатая. Поэтому сточную воду с неизвестным соотношением двух ПАВ пропускали сначала через колонку, заполненную катионитом, а затем через колонку с анионитом.

Таким образом, в ходе данной работе была проведена очистка воды от ПАВ с неизвестными концентрациями в ней катамина АБ и лаурилсульфата натрия через ионообменные колонки, заполненные катионитом КУ-28 и анионитом АВ-17. Полученные и обработанные нами результаты экспериментальных данных показывают, что наиболее эффективной очисткой является двухступенчатая.

Список литературы

1. Холмберг К., Йенсон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах / Холмберг К., Йенсон Б., Кронберг Б., Линдман Б. / Пер. с англ. Ямпольской Г.П. – М.: Бином/Лаб. Знаний, 2007. – 528 с.
2. Комарова Л.Ф., Кормина Л.А. Инженерные методы защиты окружающей среды. Техника защиты атмосферы и гидросферы от промышленных загрязнений: Учебное пособие. – Барнаул, 2000. – 395 с.
3. Комарова Л.Ф., Полетаева М.А. Использование воды на предприятиях и очистка сточных вод в различных отраслях промышленности/ Л.Ф. Комарова, М. А. Полетаева. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2010. – 174 с.

УДК 628.349.08

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ КИСЛОТ С ПОМОЩЬЮ РАЗЛИЧНЫХ МАРОК АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ

К.А. Пушкина, Р.Д. Голосов

научный руководитель: О.С. Андранович

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики, Санкт-Петербург

Аннотация: Сброс кислых сточных вод является проблемой многих предприятий. Существующие методы обработки таких стоков подразумевают в основном нейтрализацию, что является реагентным методом и несёт в себе некоторые недостатки, присущие таким водоочистным мероприятиям. В работе была предпринята попытка использования гранулированных и порошковых активированных углей марки БАУ для очистки вод, содержащих азотную кислоту. Было установлено, что использование БАУ не целесообразно для достижения поставленной цели.

Ключевые слова: активированные угли, азотная кислота, очистка сточных вод.

Азотная кислота в чистом виде – бесцветная, дымящаяся на воздухе жидкость, обладающая резким характерным запахом. Однако в обычных условиях она чаще окрашена в желтый цвет, что объясняется почти постоянной примесью двуокиси азота, являющейся продуктом разложения

кислоты под воздействием света, пыли [1]. Причиной необходимости удаления азотной кислоты из воды является ее высокая токсичность.

Жидкая кислота и особенно ее пары действуют на организм человека негативно: вызывают раздражение дыхательных путей, отек легких, головную боль. Вдыхание паров азотной кислоты в течение непродолжительного времени может привести к отравлению со смертельным исходом. При попадании на кожу азотная кислота производит сильные, долго не заживающие ожоги [2, 3].

Учитывая высокую токсичность кислот, современная промышленность повышает требования к качеству сточных вод и вынуждает искать более эффективные способы очистки сточных вод [4]. Одним из таких способов очистки является сорбционная очистка. Под сорбционной очисткой воды обычно понимают сорбцию (концентрирование) веществ на поверхности или в объеме пор твердого материала [5].

В связи с этим в данной работе была проведена очистка сточных вод от азотной кислоты сорбционным методом на активированных углях (БАУ). Для этого в динамических условиях определяли сорбцию азотной кислоты. Ее количество в фильтрате определяли титрованием 0,1 н NaOH.

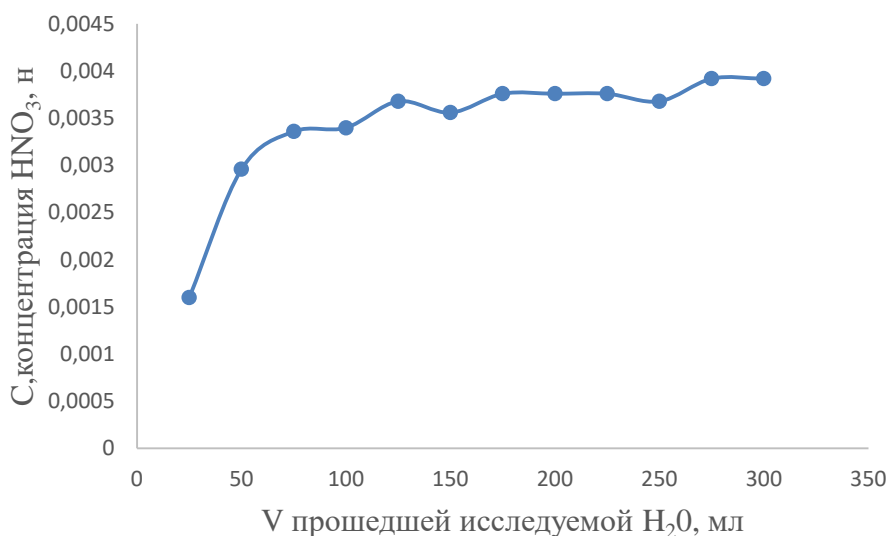


Рис. 1. Зависимость концентрации азотной кислоты от объема пропущенной очищаемой воды через гранулированный уголь марки БАУ-А

На рис. 1 представлена зависимость концентрации азотной кислоты от объема пропущенной очищаемой воды через *гранулированный* уголь марки БАУ-А. В первой пробе 25 мл концентрация кислоты уменьшилась с $3,92 \cdot 10^{-3}$ н до $1,6 \cdot 10^{-3}$ н. При дальнейшем пропуске воды наблюдается резкий скачок,

свидетельствующий о засорении пор сорбента и уменьшении адсорбционной способности угля.

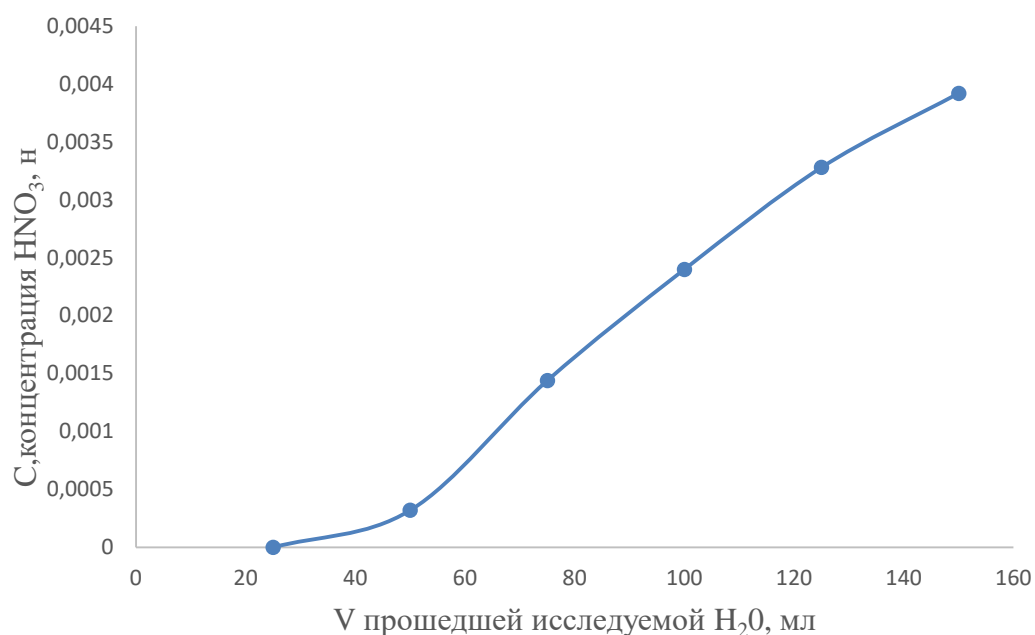


Рис. 2. Зависимость концентрации азотной кислоты от объема пропущенной очищаемой воды через порошок угля марки БАУ-А

На рис. 2 представлено поглощение азотной кислоты *порошковым* углём марки БАУ-А. При прохождении первой порции в 25мл концентрация азотной кислоты была равна нулю, в последующих пробах наблюдали резкий рост концентрации кислоты.

Таким образом, использование как гранулированных, так и порошковых углей марки БАУ-А, для очистки сточных вод от азотной кислоты нецелесообразно.

Список литературы

1. Некрасов Б.В. Основы общей химии. – М.: Химия, 1973. – 656 с.
2. Общая токсикология / Под ред. Б.А. Курляндского, В.А. Филова. – М., 2002. – С.276-375.
3. Ершов Ю.А., Плетнева Т.В. Механизмы токсического действия неорганических соединений. – М., 1989. – С.207-211.
4. Смирнов А. Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.
5. Хохрякова Е.А., Резник Я.Е. Водоподготовка: Справочник. /Под ред. Д.т.н., действительного члена Академии промышленной экологии С.Е. Беликова. М.: Аква-Терм, 2007. – 240 с.

ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОКОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Р.П. Беломоев

научный руководитель: А.Б. Дягилева

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна Высшая школа технологии и энергетики,
Санкт-Петербург

Аннотация: Рассмотрена принципиальная схема водообеспечения производства печатных плат, которое остается достаточно опасным как для персонала, так и для окружающей среды. При производстве используется травление и гальваническое осаждение меди, что требует разработки мероприятий по локализации опасного воздействия в зоне их образования.

Технология производства печатных плат для целевого использования в большинстве случаев относится к информации для служебного пользования и ее часто относят к гальваническим производствам. Из доступных данных производства ASUS известно, что в технологии используются линии с операциями со свинцовосодержащими компонентами без галогенов, свинцовосодержащими с галогенами, без свинцовосодержащих с галогенами и без свинцовосодержащих без галогенов [1-9].

Стеклотекстолит проходит через ряд технологических процессов: сверление отверстий для крепления и проведения информации между слоями; нанесения слоя меди; нанесения маркировка и осаждения олова [3, 6].

Данное производство потребляет регламентированное договором на нужды производства и потребление персонала определенное количество воды, которое оценивается балансовыми расчетами, на основе которых определяется количество загрязняющих веществ, которые потенциально могут быть выведены из технологического процесса в виде загрязнителей в стоках. Благодаря современным способам регенерации электролита из сточных вод с травления меди часть вод можно возвращать обратно в процесс производства.

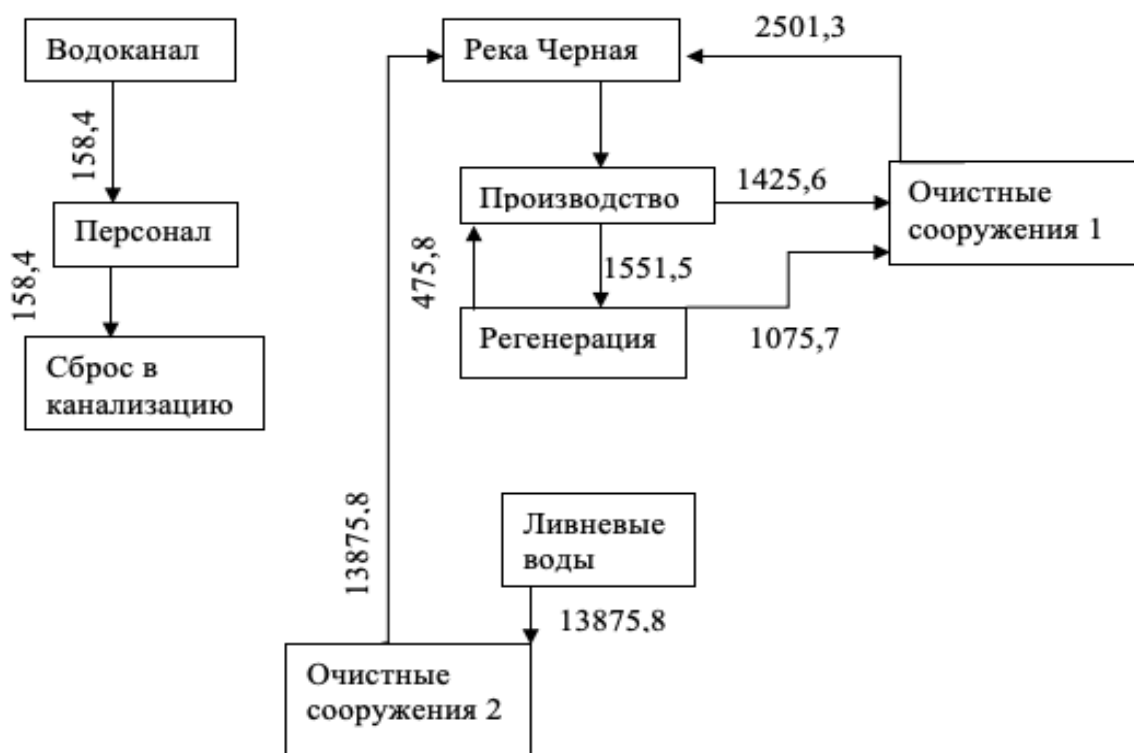


Рис. 1. Схема водного баланса производства печатных плат (данные в м³/год)

Существуют 3 метода очистки таких сточных вод: реагентный, электрохимический и ионообменный.

1. Реагентный способ простой и доступный при любых концентрациях, но он не позволяет реализовать оборотное водоснабжение в производстве, причем он является самым распространенным в практике.
2. Электрохимический метод позволяет обеспечить норматив ПДС с минимальными расходами на реагенты, но эти технологии имеют ограничения по расходу сточных вод, высока вероятность пассивации электродов, высокий расход на обеспечение безопасности конструкции.
3. Ионообменный вариант очистки в данном случае является наиболее экологически ориентированным, так как позволяет возвращать воду и электролиты после очистки обратно в производство, обеспечивать высокую степень очистки и надежности, но здесь нужно предусмотреть рациональную очистку от взвешенных веществ и органики, например, с помощью современного сепарационного оборудования с высокой степенью разделения, которое требует для адаптации к технологии специально подготовленного квалифицированного персонала [10].

Список литературы

1. ГОСТ 21552-84 Средства вычислительной техники. Общие технические требования, приемка, методы испытаний, маркировка, упаковка, транспортирование и хранение (с изменениями № 1, 2, 3)
2. ГОСТ Р 55693-2013 Платы печатные жесткие. Технические требования.
3. ГОСТ Р 55490-2013 Платы печатные. Общие технические требования к изготовлению и приемке.
4. ГОСТ Р 53386-2009 Платы печатные. Термины и определения.
5. Сайт компании ASUS URL: [https:// www.asus.com/ru/Pages/Investor/#Corporate-Information](https://www.asus.com/ru/Pages/Investor/#Corporate-Information). – дата посещения 4.11.18.
6. Иностранный стандарт IPC-4101.
7. Иностранный стандарт IPC-6011.
8. Иностранный стандарт IPC-6015.
9. Иностранный стандарт IPC-6016.
10. Дягилева А.Б., Лоренцон А.В., Чернобережский Ю.М. Промышленная экология: учебное пособие, ч. 2. – СПб: СПб ГТУ РП, 2012. – 109 с.

МАТЕРИАЛЫ
Региональной научно-технической конференции
«ВОДОПОДГОТОВКА И ВОДООЧИСТКА В
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ»

2018

Редактор и корректор Е.О. Тарновская
Технический редактор Е.О. Тарновская

Научное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
для воспроизведения файлов формата PDF

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 22.07.2021 г. Рег.№ 53/21

Высшая школа технологии и энергетики СПбГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.