

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

**студенческих научно-практических конференций
(Санкт-Петербург, 2015 год)**



**Санкт-Петербург
2016**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

студенческих научно-практических конференций

(Санкт-Петербург, 2015 год)



Санкт-Петербург
2016

УДК 001

ББК 72

Д 549

Сборник материалов студенческих научно-практических конференций/
сост. Ю.Л. Морева, Г.Ф. Пругло ; ВШТЭ СПбГУПТД. СПб., 2016. –136 с.

В сборник вошли материалы студенческих научно-практических конференций: «Дни науки – 2015», «Аналитическая химия», «Мой вклад в науку – 2015». Участники конференции – студенты, магистранты и аспиранты высших учебных заведений Санкт-Петербурга.

Представлены работы, посвященные проблемам и перспективам развития в энергетике и машиностроении; в химии и химической технологии органических соединений, полимеров; в области инженерной защиты окружающей среды; проблемам автоматизированных систем управления.

Предназначен для студентов, магистрантов и аспирантов.

Тезисы печатаются в авторской редакции.

Рекомендован к публикации Редакционно-издательским советом
Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД.

**Материалы региональной
студенческой научно-практической конференции**

«ДНИ НАУКИ – 2015»

(Санкт-Петербург, 21-22 апреля 2015 года)



СОЗДАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ

В настоящее время одним из основных способов решения проблемы дефицита энергетических ресурсов является повышение эффективности использования энергии. Для решения задачи повышения энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве и промышленности обычно необходимо применение целого ряда энергосберегающих мероприятий.

Энергоэффективные мероприятия направлены на снижение затрат на энергопотребление. Перечень энергоэффективных мероприятий в зависимости от вида деятельности предприятия очень разнообразен. Однако правильное применение мероприятий по повышению энергоэффективности в жилищно-коммунальном хозяйстве и промышленности в ряде случаев вызывает затруднение из-за отсутствия перечня такого рода решений с примерами их использования. Таким образом, возникает задача создания базы данных, содержащей полный перечень энергоэффективных мероприятий, их описания, характеристик, возможности подсчета эффекта от их применения и ссылки на объекты, их использующие (если таковые имеются).

Основным вопросом заинтересованных лиц во внедрении энергосберегающих мероприятий является их энергоэффективность, стоимость и срок окупаемости. Каждое мероприятие будет иметь различные энергоэффективность и срок окупаемости в каждом конкретном случае, но некоторую предварительную информацию можно будет получить, используя разрабатываемую информационную систему, построенную на создаваемой базе данных энергоэффективных мероприятий для жилищно-коммунального хозяйства и промышленности.

В настоящее время выполнена следующая работа:

1. Проведен анализ существующей нормативно-правовой базы энергосбережения и выявлены основные элементы государственного регулирования потребления энергетических ресурсов.

2. Проведен анализ и разработана классификация энергосберегающих мероприятий по видам энергоресурсов.

3. Проведен анализ существующих информационных систем подобного рода и разработана структура информационной системы для хранения и распространения энергосберегающих мероприятий.

Курашов С.В., магистрант II курса СПбГТУРП

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ БЛОКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Блок биологической очистки сточных вод является частью системы канализационных очистных сооружений.

Станция по очистке сточных вод имеет полный набор очистных сооружений: механическую и биологическую очистку воды; доочистку воды; обеззараживание воды; комплексы обработки, обезвоживания и обеззараживания осадка.

Технологический процесс очистки сточных вод осуществляется в аэротенках. Каждая линия аэротенка состоит из трех последовательно расположенных емкостей, образующих следующие ступени биологической очистки: денитрификацию; минерализацию; нитрификацию. Разделение процесса на три стадии обуславливает полное окисление органических загрязнений.

Скорость биологической очистки зависит от концентрации органических загрязнений и доли органического вещества, способного окисляться в данном процессе.

Управление технологическим процессом очистки в аэротенках преследует как экологические, так и экономические цели: во-первых, обеспечить заданную глубину или степень биохимической очистки сточных вод по концентрации или количеству снимаемых загрязнений; во-вторых, минимизировать отклонения в качестве очищенной сточной воды, вызванные колебаниями технологической нагрузки на входе в сооружения.

Для организации эффективного управления процессом биологической очистки необходимо получать оперативную информацию о ключевых параметрах процесса, таких как расход сточных вод, состав и концентрация загрязнений, интенсивность аэрации, концентрация растворенного кислорода и др. Немаловажной остается проблема выбора режима очистки и управления им.

Поскольку на всех ступенях процесса биологической очистки работают живые организмы, важна диагностика состояния технологического процесса в реальном времени.

Из-за отсутствия для процесса биологической очистки сточных вод математических моделей, обеспечивающих хорошую степень адекватности и удобных для использования в системах реального времени, возникла необходимость создания экспертно-диагностической системы, используемой для решения задачи управления процессом биологической очистки.

Прохоров Д.А., бакалавр IV курса СПбГТУРП

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ БУМАГО- И КАРТОНОДЕЛАТЕЛЬНЫХ МАШИН ПУТЁМ МОДЕРНИЗАЦИИ ПАРОКОНДЕНСАТНЫХ СИСТЕМ

Часть материалов, опубликованных в данной статье, является результатом научно-исследовательской работы (НИР), часть которой осуществляется при поддержке фонда содействия развитию малых форм предприятий в

научно-технической сфере, на основании победы в конкурсе УМНИК (участник молодёжного научно-инновационного конкурса) – 2014.

В настоящее время совершенствование пароконденсатных систем (ПКС) сушильных установок (СУ) бумаго- и картоноделательных машин имеет важное значение как для рентабельности работы отдельного предприятия на современном этапе его развития, так и для перспективного и динамичного развития отрасли в целом.

Сушка целлюлозы, бумаги и картона неразрывно связана с тепловыми процессами, интенсивность которых во многих случаях определяет производительность СУБКДМ. При контактно-конвективной сушке влажного тонколистового материала происходят сложные процессы тепло- и массообмена, протекающие в нестационарных условиях и с фазовыми превращениями.

Известно [1-5], что перемещение влаги в материале происходит в виде жидкости и пара при наличии насыщенного и ненасыщенного слоя пористой структуры у греющей поверхности. Соответственно, на разных стадиях сушки полотна будут и разные процессы тепломассопереноса. Интенсивность контактно-конвективной сушки картона и бумаги определяется внешними и внутренними условиями процессов, в зависимости от которых в материале протекают следующие механизмы тепломассопереноса: диффузионный, фильтрационный и фильтрационно-диффузионный. На каждой стадии сушки действует свой специфический механизм переноса теплоты и массы, который описывается соответствующими дифференциальными уравнениями [3].

В результате проведения работ по исследованию тепломассопереноса в капиллярно-пористых телах при интенсивном парообразовании с учётом движения фронта испарения было установлено, что повышение начальной сухости полотна перед сушкой на каждый 1 % способствует снижению расхода пара и теплоты на сушку на 4,5 %, а также сопровождается повышением производительности сушильной установки на 4,66 %.

Интенсификация сушильного процесса и сокращение расхода теплоты на сушку достигаются также за счёт подогрева полотна в сеточной или пресовой части машины перед поступлением полотна в СУ.

Температурный режим сушильной части оказывает важное влияние на производительность сушильных установок, расход теплоты на сушку материала и качественные показатели выпускаемой продукции. Температурный режим сушильной части машины складывается из температурного графика сушильных цилиндров и температурного графика сушильного воздуха, подаваемого под машину.

В результате проведённых нами расчётов было установлено, что необходимо обеспечить неравномерное поступление расхода пара по цилиндрам, что не соблюдается на работающих СУ. Наибольший расход пара следует подавать на цилиндры, работающие в периоде прогрева, и цилиндры в начале второго периода сушки. Незначительный расход пара надо подавать на цилиндры в конце сушки полотна. Однако сюда следует подавать пар более высокого потенциала, т.е. с более высокой температурой. В противном случае сушильные установки будут работать с пониженной производительностью и большим количеством пролётного пара.

Чтобы получить максимальную производительность машины и минимальные удельные затраты теплоты на сушку продукции, необходимо произвести перераспределение цилиндров по паровым группам в соответствии с периодами сушки полотна и обеспечить перераспределение расхода пара по цилиндрам в соответствии с требуемым расходом.

На основе анализа современного состояния сушильной техники намечены мероприятия, позволяющие на действующих БКДМ добиться дальнейшего повышения производительности и снижения затрат теплоты на сушку. К таким мероприятиям относятся:

- повышение эффективности работы сушильных установок за счёт реконструкции пароконденсатных систем и усовершенствования систем вентиляции БКДМ;

- сокращение расхода пролётного пара путём последовательного перепуска пара по паровым группам сушильных цилиндров;
- оптимизация конструкции сушильных установок и повышение влагосъёма путём частичного или полного отключения по пару и конденсату цилиндров нижнего яруса;
- изучение кинетики и механизма контактно-конвективной цилиндровой сушки. Научное обоснование более совершенного механизма сушки полотна с односторонним подводом теплоты, который успешно апробирован в производственных условиях;
- перераспределение расхода пара по цилиндрам с помощью подпорных дроссельных шайб фиксированного проходного сечения;
- перераспределение сушильных цилиндров по паровым группам в соответствии с кинетикой, особенностями, закономерностями сушки и формами связи влаги с материалом;
- стабилизация теплового и гидравлического режимов работы машин. Разработана и апробирована в промышленных условиях система стабилизации теплового и гидравлического режимов работы БКДМ путём установки на конденсатопроводах каждой группы цилиндров подпорных дроссельных шайб.

Библиографический список

1. Жучков П.А. Исследование эффективности различных методов интенсификации тепловых процессов в сушильных установках для сушки тонких и дисперсных материалов в целлюлозно-бумажном производстве: автореф. дис. докт. техн. наук. - М., 1970. 62 с.
2. Бельский А.П. Теоретические основы процессов контактно-конвективной сушки бумаги: автореф. дис. докт. техн. наук.- Л., 1991. 30 с.
3. Бойков Л.М. Совершенствование процессов контактно-конвективной сушки картона и бумаги: автореф. дис. докт. техн. наук.- СПб., 2001. 32 с.
4. Жучков П.А. Тепловые процессы в целлюлозно-бумажном производстве. М.: Лесная промышленность, 1978. 407 с.

5. Жучков П.А., Саунин В.И. Тепловой и гидравлический режимы бумагоделательных и картоноделательных машин. М.: Лесная промышленность, 1972. 152 с.

Ионин Е.Н., бакалавр IV курса СПбГТУРП

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЦБП

Повышение эффективности работы бумагоделательной машины во многом зависит от совершенствования системы вентиляции сушильной установки. При модернизации сушильных установок повышается их производительность и количество испаряемой влаги из материала. Поэтому необходимо провести модернизацию существующей системы вентиляции, которая сводится к замене теплорекуперационных аппаратов, калориферов и вентиляторов. При этом меняются параметры и процессы изменения состояния влажного воздуха в сушильной установке.

Результаты обследования вентиляционных систем БДМ и КДМ малой и средней производительности свидетельствуют, что существующие системы технологической вентиляции, как правило, работают с малой эффективностью, так как фактическая степень утилизации теплоты составляет около 4%. Поэтому все обследованные системы вентиляции машин нуждаются в усовершенствовании. Более эффективная работа системы вентиляции может быть достигнута за счет проведения следующих мероприятий:

- обеспечение неравномерной подачи нагретого воздуха (по зонам) по длине сушильной части машины в соответствии с кинетикой сушки полотна;
- активная продувка межцилиндровых карманов, в которых скапливается влажный воздух с высокой концентрацией водяных паров;
- очистка от волокнистых отложений поверхностей нагрева теплоуловителей первой и второй ступени;

- более полное использование теплоты удаляемой паровоздушной смеси в теплорекуперационных аппаратах за счет применения пластинчатых теплообменников;
- использование регенерации теплоты отработавшего воздуха в конце сушки для подогрева приточного воздуха;
- очистка поверхностей нагрева калориферов;
- закрытие сушильной установки вентиляционным колпаком;
- подогрев воздуха, поступающего на сушку, до температуры 80–110 °С;
- использование синтетических сеток для усиления прижима полотна к нагретым цилиндрам;
- для продувки сеток использовать сеткопродувные камеры, которые позволяют удалять влагу из сетки и регулировать расход воздуха по ширине машины;
- для повышения надежности и экономичности работы технологической вентиляции рекомендуется применение промежуточного незамерзающего теплоносителя (этиленгликоля).

В настоящее время на современных быстроходных бумагоделательных машинах утилизация низкопотенциальной теплоты осуществляется в три ступени: первая ступень – в теплоуловителе № 1 (ТУ-1), вторая – в теплоуловителе № 2 (ТУ-2), третья – в скруббере [1,2]. Степень утилизации теплоты составляет: 5, 5 и 11 %, соответственно.

При эксплуатации тихоходных и среднеходных машин, вследствие загрязнения паровоздушной смеси (ПВС) и нагреваемой воды волокном, скрубберы на большинстве машин или отсутствуют, или не работают. В теплоуловителе второй ступени ПВС, содержащая водяные пары, зимой превращается в лед. В результате вторая ступень утилизации также оказывается в нерабочем состоянии. Остается в работе первая ступень утилизации теплоты в теплоуловителе ТУ-1 с КПД менее 5 %.

Таким образом, существующая система утилизации теплоты отработанного воздуха работает неэффективно и нуждается в совершенствовании. Тем более оно необходимо после проведения модернизации ПВС БДМ и КДМ, производительность которых существенно увеличивается.

Наиболее надежным и эффективным способом утилизации теплоты является использование промежуточного теплоносителя – антифриза [3]. Антифриз – незамерзающая жидкость, представляющая собой водный раствор этиленгликоля $C_2H_6O_2$ (58 %).

Схемы с промежуточным теплоносителем применяются на быстроходных бумагоделательных машинах ЗАО «Интернешнл Пейпер», ОАО «Выборгская целлюлоза», ОАО «МондиСыктывкарский ЛПК». Однако для тихоходных и среднеходных машин таких схем нет. Поэтому разработана схема утилизации теплоты отработанного воздуха с применением промежуточного теплоносителя для машин малой и средней производительности.

Предложенная схема особенно эффективна в зимний период года, так как степень утилизации теплоты можно довести до 29,5 %, а при дополнительной установке жидкостного калорифера – до 39,1 %.

Первая ступень утилизации теплоты ПВС выполнена в виде рекуперативного теплообменника ТУ-1 со стальными трубками, имеющими продольные ребра. Продольные плавниковые ребра значительно увеличивают передачу теплоты от ПВС к антифризу и не оказывают существенного аэродинамического сопротивления движению теплоносителя. При этом утилизация теплоты в первой ступени составляет 10,7 %.

Вторая ступень утилизации теплоты (до 3,7 %) связана с дополнительным подогревом антифриза (с 35 до 45 °С), который осуществляется в водяном теплообменнике типа «труба в трубе». Теплоносителем здесь служит обратная сетевая вода. Передача теплоты от антифриза к наружному воздуху происходит в пластинчатом жидкостном калорифере, в котором атмосферный воздух нагревается с – 25 до + 20 °С.

Третья ступень утилизации низкопотенциальной теплоты (до 15 %) осуществляется за счет рециркуляции ПВС при ее смешении с холодным наружным воздухом. На выходе из камеры смешения сушильный воздух имеет температуру +25,5 °С.

Дополнительный подогрев сушильного воздуха до 60–80 °С производится либо в паровом калорифере типа КВБ-П-12, либо в жидкостном калорифере. Поверхность нагрева парового калорифера выполнена из стальных труб со спирально-навивными ребрами и составляет 143,5 м², а расход пара – порядка 850 кг/ч.

Четвертая ступень утилизации теплоты (до 9,6 %) включает в себя подогрев сушильного воздуха в жидкостном калорифере (вместо парового), в котором греющим теплоносителем является конденсат после сепаратора последней паровой группы сушильных цилиндров БДМ.

В летний период года степень утилизации теплоты при использовании трех ступеней может составить 22 %, а четырех – до 30 %.

Предложенная схема вентиляции с промежуточным теплоносителем для машин малой и средней производительности не зависит от влияния низких температур окружающей среды в зимний период года и поэтому является надежной и экономичной при эксплуатации БДМ и КДМ.

Библиографический список

1. Жучков П.А. Исследование эффективности различных методов интенсификации тепловых процессов в сушильных установках для сушки тонких и дисперсных материалов в целлюлозно-бумажном производстве: автореф. дис. докт. техн. наук. - М., 1970. 62 с.
2. Бойков Л.М. Совершенствование процессов контактно-конвективной сушки картона и бумаги: автореф. дис. докт. техн. наук.- СПб., 2001. 32 с.
3. Пат. 2182941 РФ, МКИ Д 21F5/20, F28D20/00. Устройство утилизации тепла паровоздушной смеси бумагоделательной машины / Д.А. Романов, Л.М. Бойков, Н.С. Нечаев; заявл. 20.09.2001; опубл. 27.05.2002. Бюл. № 2001125805/12.

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА РАДИУСА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ЗОН ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОИСТОЧНИКОВ

Задача определения максимальной дальности передачи тепловой энергии от крупных теплоисточников ставилась с момента появления систем централизованного теплоснабжения. Интерес к решению данной задачи в 2010 г. был подкреплён принятием Федерального закона от 27.07.2010 №190-ФЗ «О теплоснабжении». Согласно закону, задача определения максимальной дальности передачи тепловой энергии должна решаться при помощи критерия «радиус эффективного теплоснабжения». Однако методика его определения не утверждена законодательными органами власти.

Разработка и утверждение на законодательном уровне методики расчета критерия принесли бы существенную пользу, прежде всего, теплоснабжающим и теплосетевым организациям, так как при его использовании можно решать различные задачи инженерного планирования. Однако при решении подобных задач следует четко формировать целевую установку и алгоритмы её достижения. Бытует мнение, что данный универсальный критерий позволил бы решать любую задачу, касающуюся оптимизации зон действия источников централизованного теплоснабжения. Данное утверждение не совсем корректно, так как каждому типу задач соответствует свой путь решения.

Статья [1] повествует о практических задачах изменения зон действия теплоисточников. Исходя из анализа статьи и опыта решения практических задач при разработке схем теплоснабжения муниципальных образований, следует выделить некоторые типовые задачи по оптимизации зон действия теплоисточников:

- 1) расчет радиуса эффективного теплоснабжения для каждой тепловой камеры в существующей системе теплоснабжения. По результатам расчета дается ответ на следующий типовой вопрос: «Как поступить: подключиться к существующей системе централизованного теплоснабжения или стоит построить собственную котельную?»;
- 2) расчет радиуса эффективного теплоснабжения при объединении 2 или более систем теплоснабжения (например, объединение системы теплоснабжения от ТЭЦ и от котельной). Результаты расчета должны демонстрировать, входит ли присоединяемая зона в границы эффективного теплоснабжения и давать ответ на вопрос: «Целесообразно ли производить объединение зон действия?»;
- 3) расчет радиуса эффективного теплоснабжения для каждой тепловой камеры в существующей системе теплоснабжения с целью определения целесообразности сокращения (разукрупнения) зоны теплоснабжения. По результатам дается ответ на вопрос: «Следует ли построить альтернативный источник тепловой энергии с целью повышения эффективности функционирования системы теплоснабжения?». Как правило, данная задача возникает в случае значительной удаленности потребителя (группы потребителей) от теплоисточника либо при низкой плотности подключенной нагрузки.

В статье [2] представлены подходы к решению задачи №1 при помощи показателей себестоимости тепловой энергии и капитальных затрат при модернизации систем теплоснабжения. По аналогии можно использовать данную методику для решения задач №2 и 3, однако сравнение необходимо производить по показателям согласно таблице.

Ключевые показатели для решения инженерных задач

№ задачи	ТЭЦ (или другой сохраняемый теплоисточник)		Альтернативный теплоисточник	
	себестоимость	капитальные затраты	себестоимость	капитальные затраты
1	существующая система теплоснабжения		альтернативная котельная	
	значения с учетом возможного изменения полезного отпуска и предполагаемых темпов инфляции	затраты на реконструкцию теплоисточника, строительство новых, реконструкцию существующих участков тепловой сети, строительство насосных станций	значения по новой системе теплоснабжения с учетом предполагаемых темпов инфляции	затраты на строительство котельной
2	существующая система теплоснабжения		система теплоснабжения на базе предлагаемой к закрытию котельной	
	значения с учетом возможного изменения полезного отпуска и предполагаемых темпов инфляции	затраты на реконструкцию теплоисточника, строительство нового магистрального теплопровода, реконструкцию существующих участков тепловой сети, строительство насосных станций	значения по существующей системе теплоснабжения с учетом предполагаемых темпов инфляции	-
3	существующая система теплоснабжения		альтернативная котельная	
	значения с учетом возможного изменения полезного отпуска и предполагаемых темпов инфляции	затраты на демонтаж существующих трубопроводов	значения по новой системе теплоснабжения с учетом предполагаемых темпов инфляции	затраты на строительство котельной

Библиографический список

1. Папушкин В.Н., Григорьев А.С., Щербаков А.П. Задачи перспективных схем теплоснабжения. Изменение зон действия источников тепловой энергии (систем теплоснабжения) [Электронный ресурс]. Код доступа: www.rosteplo.ru/soc/blog/ekonomik/129.html.
2. Плахута А.Д. Энергосбережение и экономия средств при обоснованном выборе перспективного источника теплоснабжения // Энергобезопасность и энергосбережение. — 2015. — №1. — С. 25-29.

Карнов И.А., бакалавр IV курса СПбГТУРП

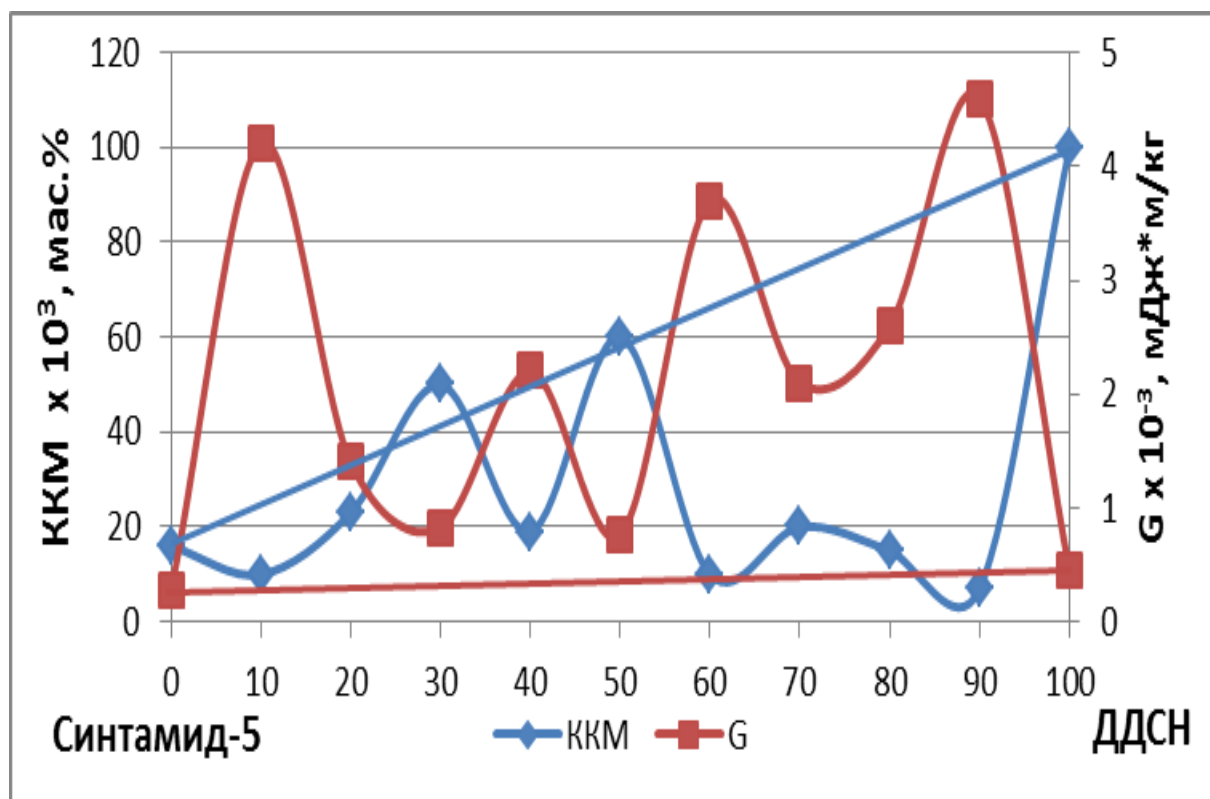
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ БИНАРНОЙ СМЕСИ АМФИФИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Амфифильные соединения (поверхностно-активные вещества, ПАВ) нашли широкое применение в различных отраслях промышленности, таких как фармацевтика, косметика, бытовая химия, нефтехимия, строительство, сельское хозяйство, в качестве моющих, чистящих, диспергирующих добавок, эмульгаторов и пр.

Для исследования смешанного мицеллообразования были выбраны следующие ПАВ: анионогенный додецилсульфат натрия (ДДСН) и неионогенный синтаמיד-5. ДДСН является одним из самых широко применяемых ПАВ вследствие дешевизны и хороших физико-химических показателей. Однако он обладает раздражающим действием на кожу. Этого можно избежать, используя додецилсульфат натрия совместно с «мягкими» неионогенными ПАВ для применения в косметике [2].

Одними из основных критериев подбора ПАВ служит их критическая концентрация мицеллообразования (ККМ) и поверхностная активность (G). ККМ определялась методом отрыва кольца на приборе Дю-Нуи. Зависимости

ККМ и G смесей ДДСН-синтамид-5 различного состава приведены на рисунке.



Зависимость ККМ и G от состава смеси ПАВ

На рисунке наблюдается полиэкстремальная зависимость, отличная от рассчитанных аддитивных значений, что обуславливается наличием синергетического и антагонистического эффекта смесей.

Одним из современных подходов к количественной оценке взаимодействия в смешанных мицеллах ПАВ является термодинамический подход, развитый Д.Н. Рубином на основе теории регулярных растворов [1, 3].

Синергизм между двумя амфифильными соединениями оценивался при помощи параметра взаимодействия β [4].

Поведение амфифилов в смешанных мицеллах существенно отличается от адсорбционного монослоя. Большим синергетическим эффектом обладает смесь ДДСН-синтамид-5 в соотношении 90:10 ($\alpha_1=0,94$) (см. рис.) что подтверждается меньшим значением $\beta^m=-9,88$ и ККМ по сравнению с индивидуальными компонентами, что позволит снизить расход ПАВ для различ-

ных технологических нужд. С ростом мольной доли ДДСН в смесях абсолютные значения $|\beta^m|$ растут. Возможная природа взаимодействия имеет ион - дипольный механизм или координацию полиоксиэтиленовой цепи вокруг аниона. Расчётные данные показывают, что при $\alpha_1=0,66$ и $0,45$ мицеллы обогащены в основном только синтамидом-5 и, вероятно, вследствие образования «свободных агрегатов» с большей плотностью поверхностного заряда из-за наличия в растворе полярных молекул ДДСН, наблюдается антагонистический эффект. Также значения коэффициентов активности компонентов смеси меньше единицы указывают на отклонение от идеального поведения молекул ПАВ в смешанных мицеллах.

Библиографический список

1. Плетнёв М.Ю. Косметико - гигиенические моющие средства. – М.: Химия, 1990. – 272 с.
2. Поверхностно-активные вещества и композиции: справочник / под ред. М.Ю. Плетнёва. – М.: ООО «Фирма Кламель», 2006.-768 с.
3. Rubingh D.N. Nonideal multicomponent mixed micelle model / D.N. Rubingh, P.M. Holland // J. Phys. Chem. -1983. – Vol. 87. - P. 1984-1990.
4. Xue-Fan Gu. Synergism in mixed zwitterionic surface activity ionic liquid and anionic surfactant solution: analysis of interfacial and micellar behavior / Gu Xue-Fan, Huo Jing, Wang Rui-Tao, Wu Dao-Cheng, Yan Yong-Li // J. Dispersion Sci. Technol. – 2015. – Vol. 36. – P. 334-342.

*Дорошенкова И.Р., бакалавр II курса СПбГТУРП,
Малянова К.С., бакалавр II курса СПбГТУРП,
Неронова С.В., бакалавр II курса СПбГТУРП,
Слюта М.О., бакалавр II курса СПбГТУРП*

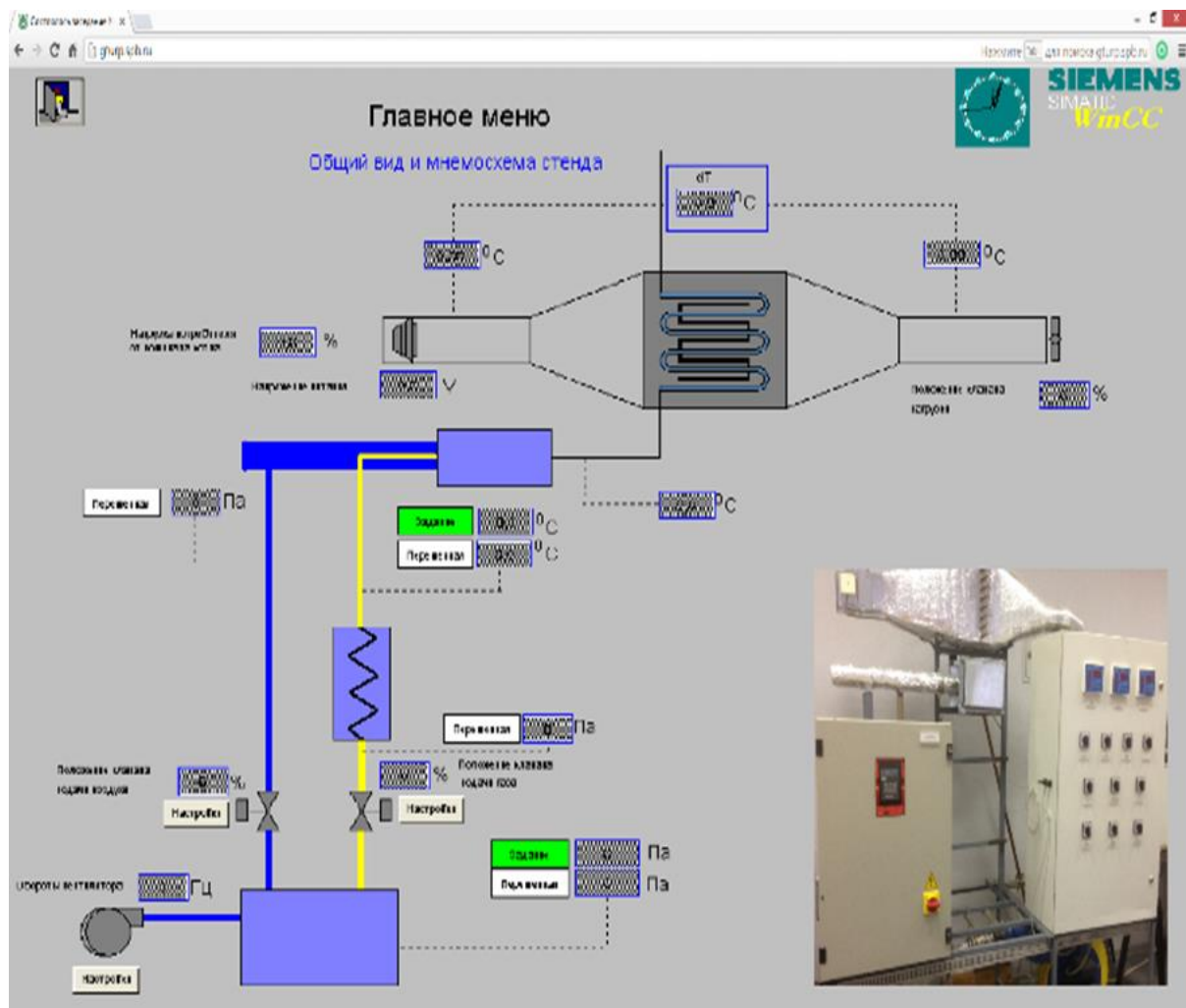
ПРОГРАММА УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Одним из перспективных направлений в области автоматизации технологических процессов и производств является применение в современных АСУ промышленных предприятий web – технологий, которые позволяют в режиме реального времени передавать на расстояние данные производства (текущие значения выхода готовой продукции, параметров производственных процессов, состояния оборудования и т.п.) для дистанционного управления предприятием.

Кафедра автоматизации технологических процессов и производств университета разработала web – технологию, позволяющую передавать информацию с мониторов компьютеров АСУ и других служб предприятия через специальный компьютер – сервер на удаленные РС и планшетные компьютеры пользователей (компьютеры – клиенты), а также позволяет передавать с них команды и сообщения на мониторы компьютеров АСУ. На основе данной технологии была разработана и программа, реализующая данную технологию. Внешний вид работы программы представлен на рисунке.

Разработанная технология может использоваться руководством предприятий для оперативного контроля и управления производством продукции на предприятиях.

Данная технология может работать с распределенными АСУ, в составе которых имеются различные SCADA – системы, она не требует установки на компьютере – клиенте никакого дополнительного программного обеспечения и работает в обычном интернет – браузере.



Внешний вид программы

Имеется также мобильная версия программы, работающая на данной технологии с использованием смартфонов или планшетных компьютеров.

Пользователю достаточно просто зайти на специальный сайт и ввести свой личный пароль.

Иванова В.В., бакалавр III курса СПбГТУРП
Антонов И.В., ст. преподаватель СПбГТУРП
Шишкин А.И., профессор СПбГТУРП

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТОКСИЧНОСТИ ВОДЫ ИССЛЕДУЕМЫХ РЕК И ОЗЕР
САНКТ- ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ
МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИМ И ХЕМОТАКСИЧЕСКИМ
МЕТОДАМИ**

Целью работы является исследовать токсичность вод в реках и озерах Санкт-Петербурга и Ленинградской области хемотаксическим и морфофизиологическим методами.

Для достижения этой цели поставлены следующие задачи: подготовить культуру и поливиниловый спирт (ПВС) к анализу проб; сравнить изменения степени токсичности исследуемых объектов за летний и весенний периоды; выявить водные объекты, которые значительно изменили свое токсикологическое состояние, а также дать возможное объяснение таких изменений.

В соответствии с картой-схемой отбор проб (см. рис. 1) проводился на следующих объектах: Реки: Малая Сестра (61,62,63,64), Гладышевка (8), Рощинка (10), Чёрная (12); Озера: Серебряное (3), Придорожное (5), Щучье (91) [1].

В основу методики положен следующий алгоритм действий: Хемотаксический метод - в кювету вносят 2 мл взвеси инфузорий, 0,4 мл ПВС и 2 мл исследуемой пробы, оставляем на 20 мин и вносим кювету в биотестер, снимаем показания и рассчитываем по формуле степень токсичности [2]. Морфофизиологический метод - проводим смешение взвеси инфузорий и исследуемой пробы по каплям в чашках Петри. Проводим подсчет инфузорий

через 15-20 мин., через 5-6 ч. и через 24 ч. Расчет токсичности по процентному соотношению погибших клеток к общему числу клеток [3].

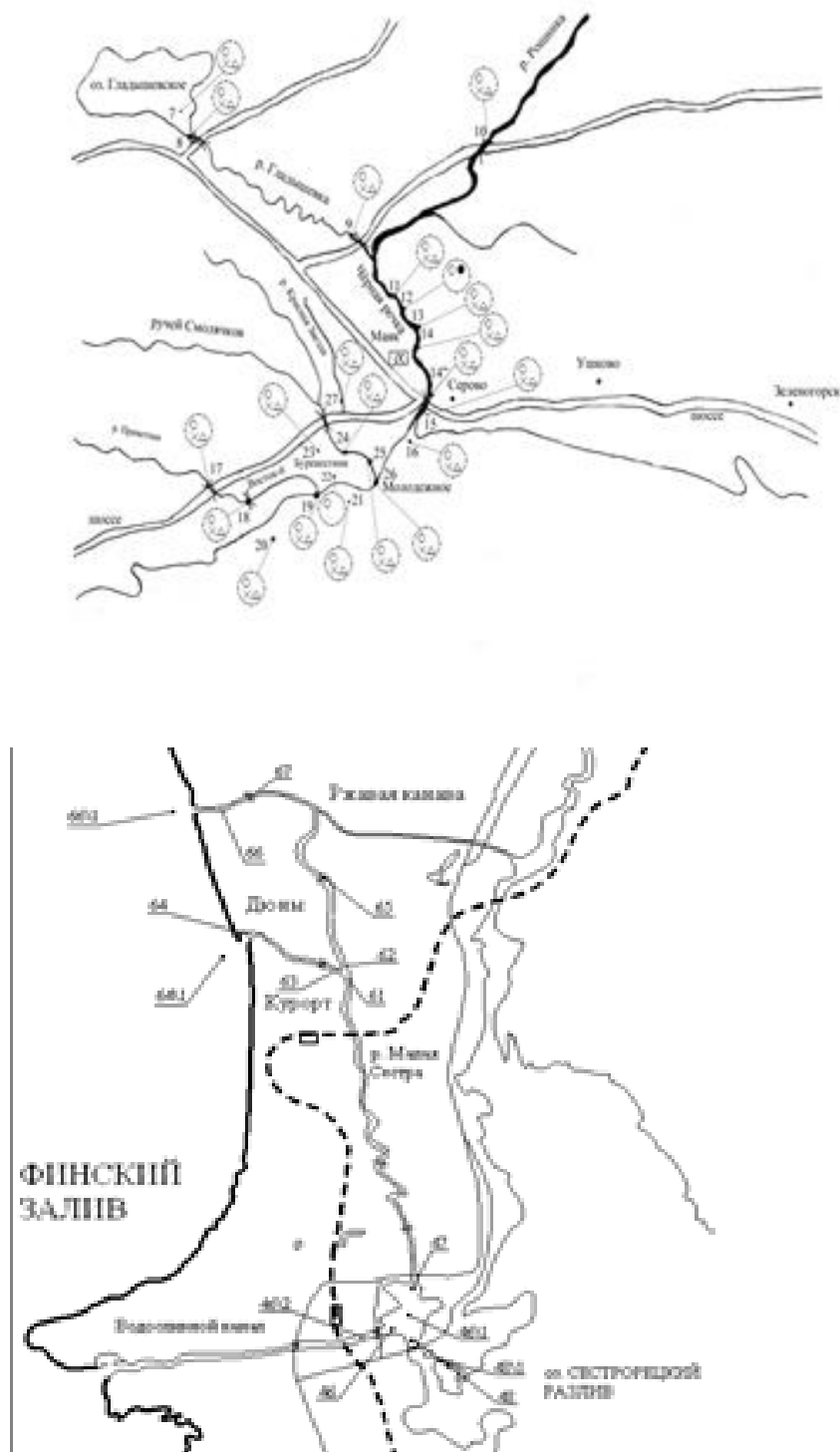


Рис. 1. Карты-схемы отбора проб

На рис.2 и 3 приведены диаграммы оценки токсичности по морфофизиологическому и хемотаксическому методам.

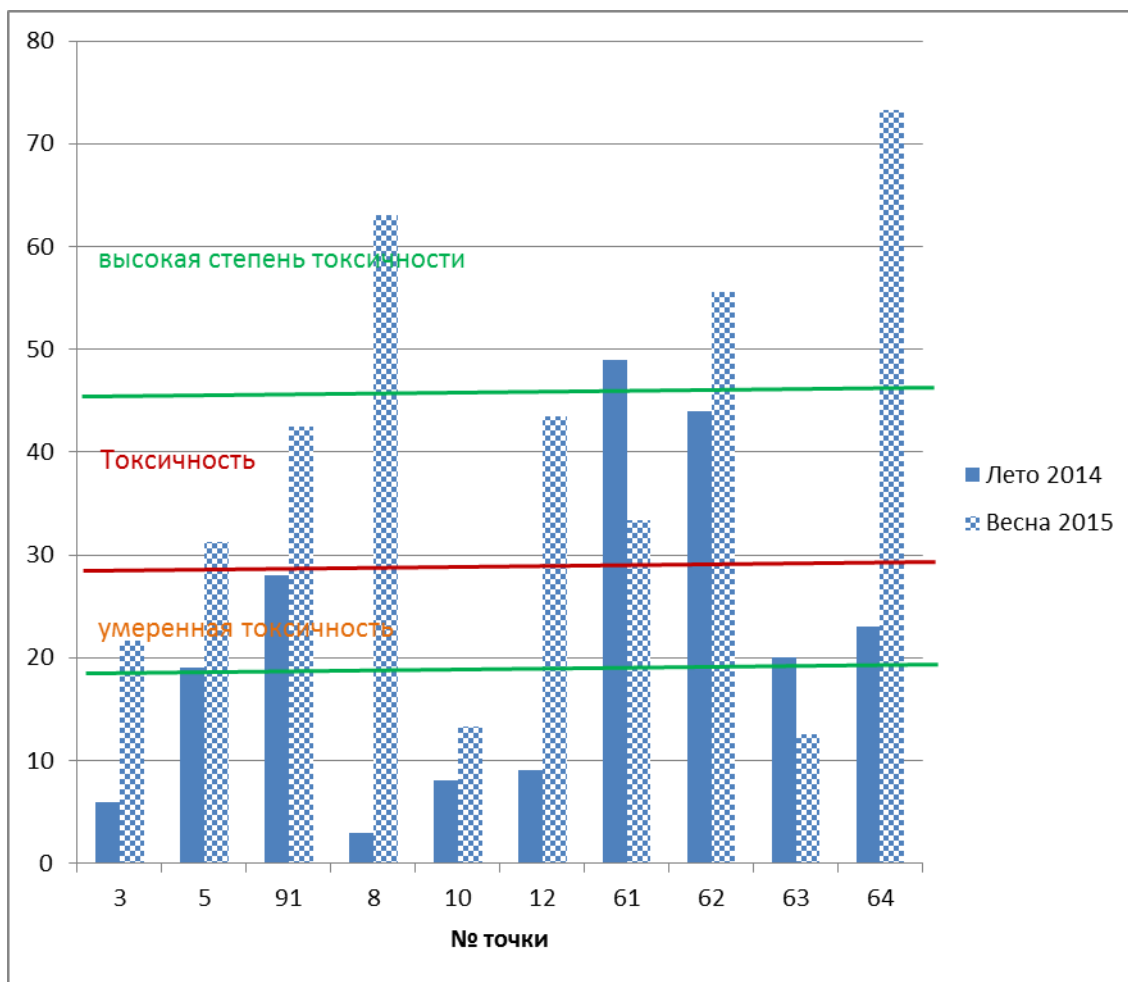


Рис. 2. Диаграммы оценки токсичности по морфофизиологическому методу

Анализ результатов определения степени токсичности воды по двум сезонам показал, что практически все водные объекты изменили свою степень токсичности до уровня 0,96 по хемотаксическому и 72 по морфофизиологическому методу. Наиболее сильные изменения произошли в реке Гладышевке в створе у моста (8), она изменилась со слабой до сильной токсичности; р. Черная после выпуска сточных вод створ (12) со слабой до сильной токсичности; водосливной канал перед устьем, створ (64), с умеренной до сильной токсичности.

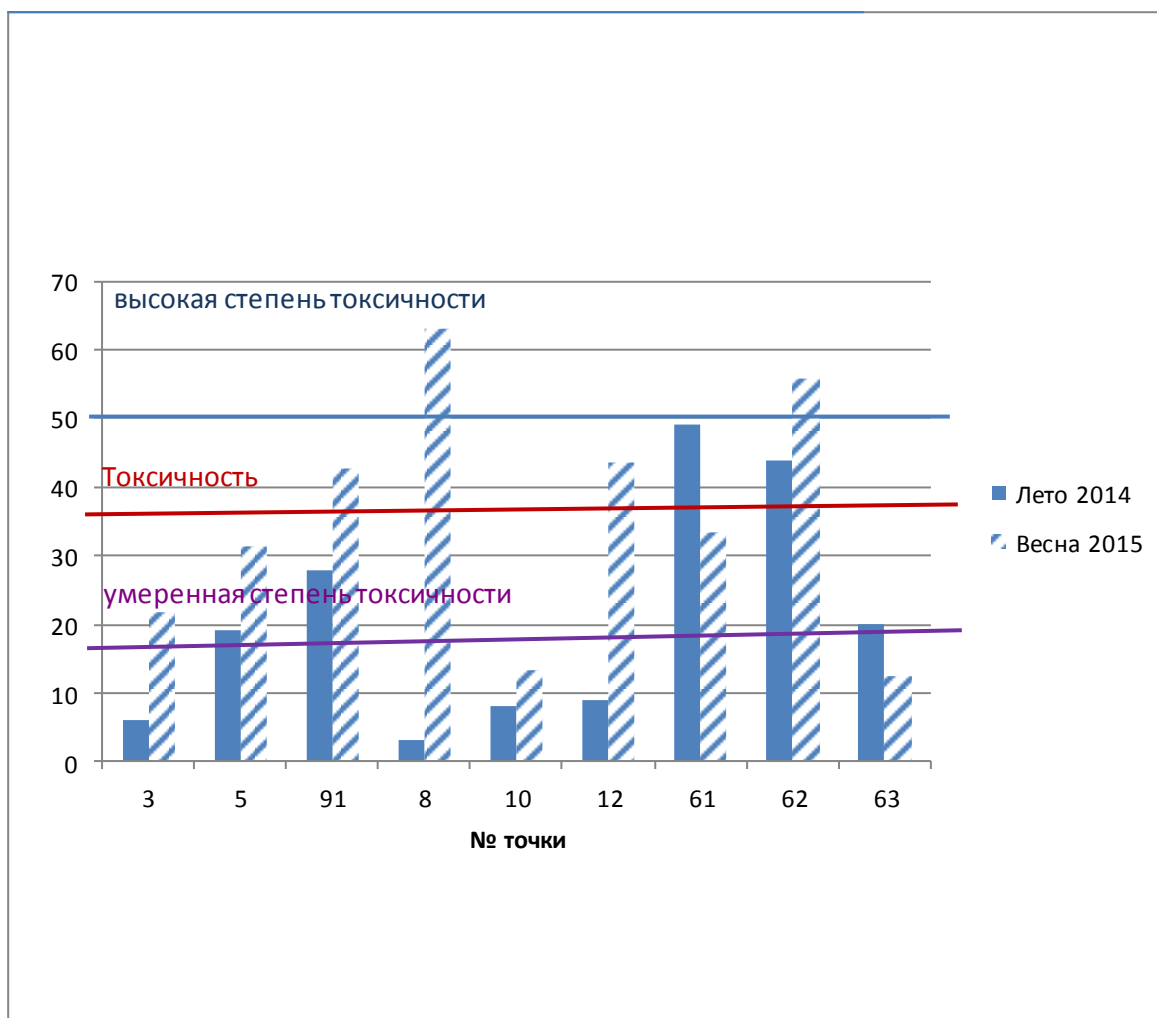


Рис. 3. Диаграммы оценки токсичности по хемотаксическому методу

Основные выводы:

Произведено сравнение результатов по двум методам биотестирования. Наиболее затоксованными оказались: р. Черная (8), р. Гладышевка (12), водосливной канал (64), р. Малая Сестра после разветвления (62).

Не изменили свою токсичность: оз. Щучье (91), р. Малая Сестра до разветвления (61), водосливной канал от Малой Сестры (63).

Такие результаты могут быть объяснены тем, что пробы отбирались после того, как сошел лед, и повышенный объем сточных вод так сильно изменил результаты.

Библиографический список

1. Иванова В.В., Антонов И.В. Оценка токсичности рек и озер Санкт-Петербурга и Ленинградской области морфофизиологическим и хемотаксическим методами за летний период 2014 г.: сборник материалов Международного и Межрегионального Биос-форума и XIX Молодежной Биос-олимпиады.- СПб.: Любавич, 2014 г.
2. РД-118-02-90, «Методическое руководство по биотестированию воды» .
3. ГОСТ Р 51592 - 2000 "Вода. Общие требования к отбору проб".

Иванова И.А., бакалавр III курса СПбГТУРП

Антонов И.В., ст.преподаватель СПбГТУРП

Потанин Г.Ю., инженер НИЧ СПбГТУРП

БИОИНДИКАЦИЯ ВОДОЕМОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА ФИНСКОГО ЗАЛИВА ПО ЗООПЛАНКТОНУ И ЗООБЕНТОСУ

Вода – самый ценный природный объект, который необходим для нормальной жизнедеятельности всех живых организмов на Земле. Именно поэтому необходимо весьма тщательно следить за экологическим состоянием водных объектов. При этом большая роль отводится гидробиологическим исследованиям, посредством которых мы можем определить способность гидробионтов выдерживать поступление загрязняющих веществ и оценить состояние водной экосистемы. Посредством изучения зоопланктонных сообществ можно определить относительное количество загрязняющих органических веществ в воде, а с помощью наблюдения за состоянием зообентоса – оценить общее загрязнение водного объекта. Поэтому изучение животных

организмов бентоса и планктона всегда является необходимым звеном при комплексном исследовании водных объектов.

В работе представлены результаты исследований зоопланктона и зообентоса отдельных водных объектов северо-восточной части бассейна Финского залива для оценки их экологического состояния.

Исследования проходили в рамках экологических БИОС-школ в марте 2013 и 2015 гг. Мониторинг осуществлялся на следующих водных объектах: оз. Серебряном, оз. Придорожном и р. Рошинке.

Всего было отобрано и проанализировано 13 проб воды и донных отложений (по зоопланктону и зообентосу соответственно). Оценка качества воды осуществлялась по четырем индексам: видового разнообразия Шеннона, сапробности по методу Пантле-Букка, Гуднайта-Уотлея (олигохетному) и Вудивисса.

Результаты исследования Голубых озер (оз. Придорожное, оз. Серебряное)

По результатам гидробиологических исследований за 2013 г. в озерах Серебряном и Придорожном обнаружено превышение по всем четырем индексам, что свидетельствует о высокой концентрации органических веществ. В 2015 г. ситуация в оз. Серебряном не изменилась, за исключением олигохетного индекса, который показывает отсутствие загрязнения. В оз. Придорожном все индексы, кроме индекса Вудивисса показали улучшение ситуации и снижение содержания органики.

Результаты исследования реки Рошинки

Исследование р. Рошинки в 2013 г. показало спорные результаты. Так, например, в точках отбора после сточных вод ДОЛ «МАЯК» и под мостом у берега олигохетный индекс показывает отсутствие загрязнения, индекс Шеннона – умеренное загрязнение, а индексы Вудивисса и сапробности превышены. До и после сточных вод ДОЛ «ОКЕАН» олигохетный индекс и индекс

сапробности показывают загрязнение, а индексы Шеннона и Вудивисса – его отсутствие.

Какимов М.Г., бакалавр IV курса СПбГТУРП

Волкова Е. Н., профессор СПбГТУРП

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Следствием антропогенной деятельности является ухудшение состояния компонентов окружающей среды, их деградация, совокупный результат которых выражается в причинении вреда окружающей среде [2].

Многолетняя деятельность промышленных предприятий в той или иной степени наносит вред всем компонентам окружающей среды: атмосферному воздуху, водным объектам, почвам, недрам, животному и растительному миру. Однако вред почвам, не всегда очевидный на первый взгляд, сохраняется длительный период и является наиболее масштабным (ввиду биогеохимических процессов и депонирующих свойств почвы). Поэтому особенно важны оценка и возмещение вреда именно почвам [2]. Почва - основной источник продовольствия, обеспечивающий 91-98 % продовольственных ресурсов населения. Также почвенный покров является местом деятельности человека, на котором размещается промышленное и сельскохозяйственное производство.

Одной из существенных экологических проблем современности являются отходы производства и потребления (далее - отходы). Решение этой проблемы с течением времени становится всё более значимым. Отходы – вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые удаляются, предназначены для удаления или подлежат удалению [1].

Твёрдые промышленные и бытовые отходы (ТП и БО) засоряют и захламляют окружающий нас природный ландшафт. Кроме того, они могут являться источником поступления вредных химических, биологических, биохимических препаратов в окружающую природную среду (ОПС). Это создаёт определённую угрозу здоровью и жизни населения, а также будущим поколениям. ТП и БО нарушают экологическое равновесие, выводя часть химических элементов из геохимических круговоротов веществ, тем самым нарушая их цикличность. С другой стороны, их следует рассматривать как техногенные образования, содержащие ряд ценных практически бесплатных компонентов чёрных, цветных металлов и других материалов, пригодных для использования в металлургии, стройиндустрии, машиностроении, химической промышленности, энергетике. Также некоторые из них можно использовать в сельском и лесном хозяйстве в качестве мелиорантов. Это будет экономически и экологически выгодно, если промышленные отходы обладают нужными свойствами. Например, мелиорантами кислых почв могут быть золошлаковые отходы металлургии, бумажной промышленности и др. Химическая мелиорация – важнейшее условие интенсификации сельскохозяйственного производства на кислых почвах, повышения их плодородия и эффективности минеральных удобрений.

В нашей стране почвы с повышенной кислотностью (рН ниже 5,5) занимают более 60 млн. га, в том числе около 50 млн. га приходится на пашню [3]. В Северо – Западном регионе России также преобладают дерново – подзолистые почвы с повышенной кислотностью. Для улучшения свойств таких почв целесообразно использовать известкование. Известно, что при известковании происходит уменьшение почвенной кислотности за счёт замещения ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе на ионы магния и кальция. Также уменьшается токсичность тяжёлых металлов вследствие их перехода из подвижных форм в малорастворимые соединения. На большинство сельскохозяйственных культур повышенная кислотность почвы оказывает отрицательное воздействие, и они положительно отзываются на

известкование. Неблагоприятное влияние кислой реакции на растения весьма многосторонне, прямое вредное воздействие повышенной концентрации ионов водорода сочетается с косвенным влиянием ряда сопутствующих кислой реакции факторов. При повышенной кислотности почвенного раствора ухудшается рост и ветвление корней, проницаемость клеток корня, поэтому ухудшается использование растениями воды и питательных веществ почвы и внесённых удобрений. При кислой реакции нарушается обмен веществ в растениях, ослабляется синтез белков, подавляются процессы превращения простых углеводов в сложные органические соединения. Коллоидная часть кислых почв бедна необходимым растениям кальцием и другими основаниями [3]. Деятельность полезных почвенных свободно живущих микроорганизмов и клубеньковых бактерий в кислых почвах сильно подавляется, образование доступных для растений форм азота, фосфора и других питательных веществ, вследствие ослабления минерализации органического вещества, протекает слабо. В то же самое время в кислых почвах развиваются патогенные грибы, среди которых много паразитов и возбудителей различных болезней растений. Отрицательное действие повышенной кислотности также в значительной степени связано с увеличением подвижности алюминия и марганца в почве [3].

Объектами нашего изучения явились промышленные отходы, содержащие кальций и магний (золошлаковые отходы, золы, цементная пыль). Золошлаки – продукты высокотемпературной обработки минеральной части сжигаемого топлива, которая включает в свой состав алюмосиликаты, сульфиды и окислы железа, сульфаты и карбонаты кальция, соли органических кислот, фосфаты, хлориды. Золошлаковые отходы (ЗОШО) разделяются на 4 группы:

1) шлаки чёрной металлургии – доменные, мартеновские, ваграночные, бессемеровские, шлаки металлургии ферросплавов и алюмотермических процессов;

2) шлаки цветной металлургии – шлаки никелевого и медеплавильного производства, а также полиметаллические;

3) топливные шлаки – угольные, торфяные и сланцевые;

4) шлаки фосфорного производства.

Основными критериями использования зольного и шлакового сырья как нетрадиционных мелиорантов является наличие кальция, карбонатов, нормируемое количество вредных примесей (тяжелых металлов), благоприятные физические свойства.

В наших модельных опытах с металлургическими шлаками отмечено, что нейтрализуются свободные органические и минеральные кислоты в почвенном растворе, а также ионы водорода в почвенном поглощающем комплексе (ППК), т.е. устраняется актуальная и обменная кислотность, значительно снижается гидролитическая кислотность, повышается насыщенность почвы основаниями. Замена поглощённого водорода кальцием сопровождается коагуляцией почвенных коллоидов, в результате чего уменьшается их разрушение и вымывание, улучшаются физические свойства почвы - структурность, водопроницаемость, аэрация. Также нами изучалась скорость нейтрализации избыточной кислотности почвы в зависимости от тонины помола ЗОШО.

С эколого-экономической точки зрения также важно уточнение класса опасности ЗОШО. Мы это делали расчетным методом и по методике «Фитотест» с овсом.

По нашему мнению, применение вышеупомянутых промышленных отходов может быть перспективно для улучшения свойств кислых дерново-подзолистых почв, а именно повышения их плодородия. Вместе с тем решается проблема утилизации этих отходов.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред.от 29.12.2004) «Об отходах производства и потребления» (с изм. и доп. от 01.02.2015).

2. Горленко А. С., Гучок М.В. Возмещение вреда почвам: теория и практика// Экология производства – 2014. - №1. – С. 40.
3. Смирнов П. М., Муравин Э. А. Агрохимия. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Колос, 1984. – С. 81-83.

)

Иванов Д.С., бакалавр IV курса СПбГТУРП

Кушнеров А.И., аспирант СПбГТУРП

Шишкин А.И., профессор СПбГТУРП

ОЦЕНКА НАГРУЗКИ СБРОСА СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ РЕК БАССЕЙНА БЕЛОГО МОРЯ В ГРАНИЦАХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

Рассматриваемый водный бассейн входит в Северо-Западный Федеральный округ Российской Федерации и расположен в пределах одного субъекта РФ - Архангельской области. На территории бассейна расположены: часть г. Архангельска (Маймаксанский округ и часть Октябрьского округа), расположенная на островах дельты, г. Северодвинск, а также частично территории Приморского (65 % площади) и Мезенского (15 %) районов.

Площадь бассейна согласно водохозяйственному районированию РФ составляет 21,05 тыс. км². Всего в пределах бассейна насчитывается около тысяч рек. Преобладают малые реки и ручьи длиной менее 10 км (более 90% общего количества рек). Рек длиной более 100 км всего 7, более 50 км - 16. Главные реки: Сюзьма, Солза, Лая, Лодьма, Мудьюга, Золотица. Подавляющее большинство водоемов – мелкие, с площадью зеркала менее 0,5 км².

Карта-схема района с нанесением основных водопользователей приведена на рис. 1.

Используя данные и картографическую информацию [1], была построена линейная схема водных объектов с водопользователями по исследуемому бассейну.

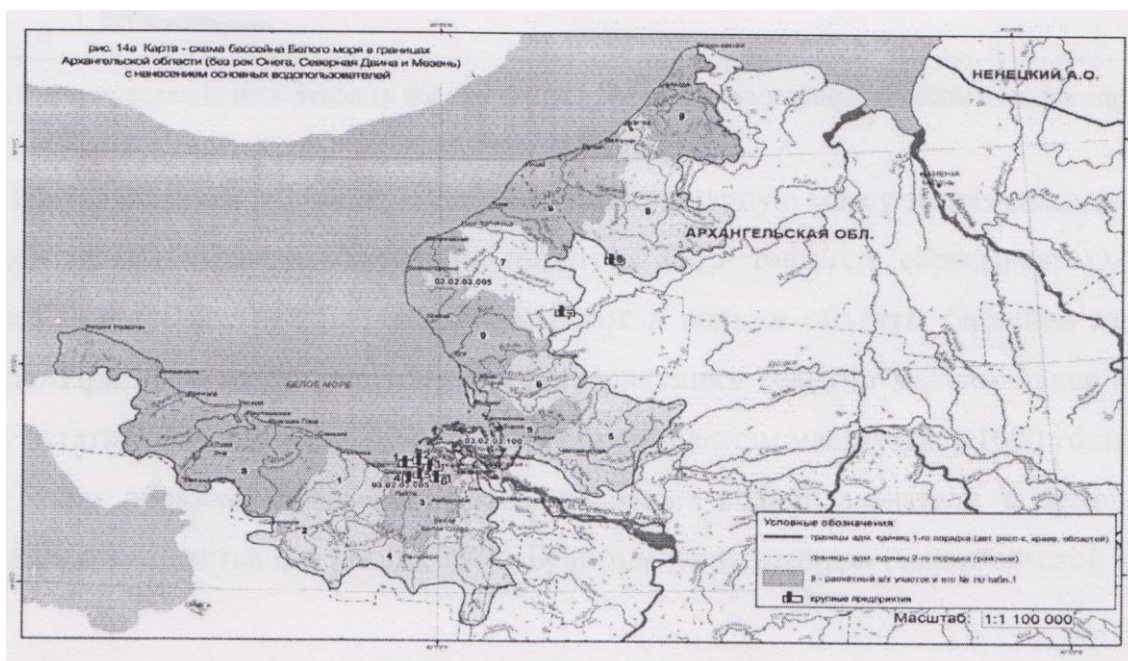


Рис. 1. Карта – схема бассейна Белого моря в границах Архангельской области (без рек Онега, Северная Двина и Мезень) с нанесением основных водопользователей

Для оценки нагрузки сброса сточных вод для рек бассейна Белого моря в границах Архангельской области были рассчитаны суммарные массы (т/год) загрязняющих веществ, сбрасываемых основными водопользователями, и проведено их ранжирование (рис. 2). Кроме этого, были рассчитаны массы для каждого загрязняющего вещества от всех основных водопользователей и проведено ранжирование (рис. 3). Данные для расчетов массы загрязняющих веществ были взяты из проектной документации [1].

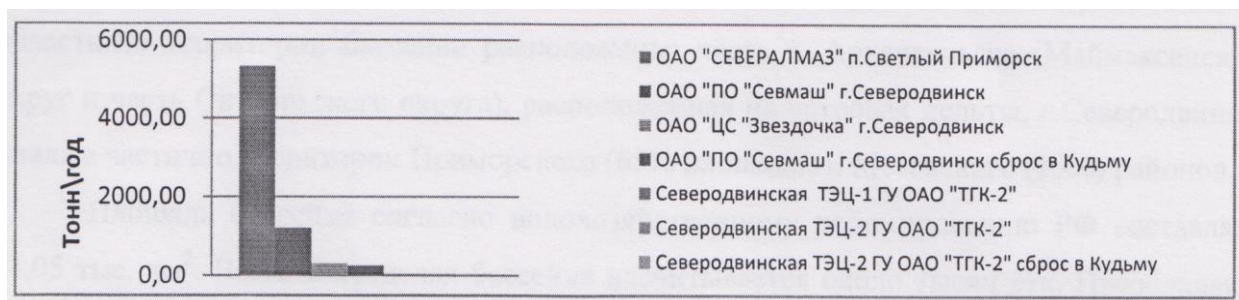


Рис. 2. Ранжирование масс сброса загрязняющих веществ предприятиями данного бассейна

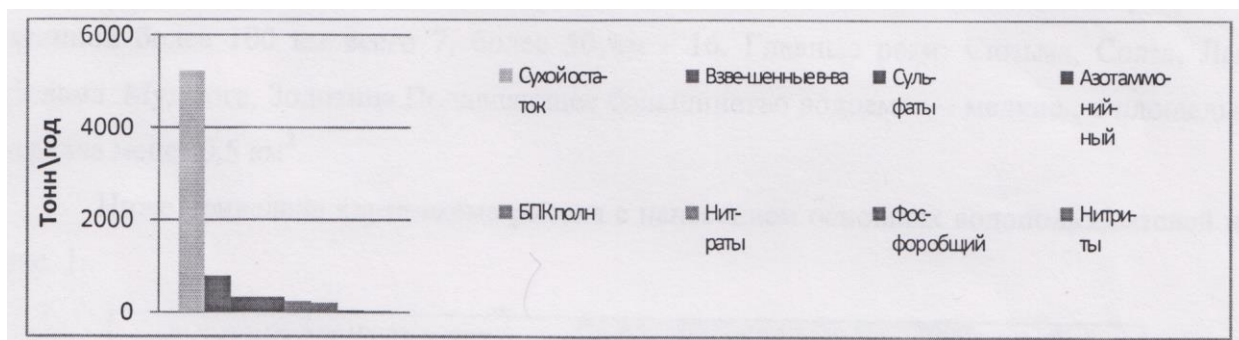


Рис. 3. Ранжирование масс веществ, поступающих в бассейн с суммарным сбросом всех предприятий данного бассейна

По результатам расчетов, максимальную суммарную массу загрязняющих веществ привносит ОАО «Севералмаз» - 5330 т/год, 1213 т/год сбрасывает ОАО "ПО "Севмаш", остальные предприятия сбрасывают в водные объекты бассейна менее 300 т/год. При этом из 21 учитываемых загрязняющих веществ максимальная масса по сухому остатку 5230 т/год, по остальным ингредиентам масса менее 1000 т/год.

Таким образом были определены основные водопользователи и загрязняющие вещества для рек бассейна Белого моря в границах Архангельской области.

Библиографический список

1. Проектная документация «Схема комплексного использования и охраны водных объектов, включая НДВ, рек бассейна Белого моря в границах Архангельской области (без рек Онега, Северная Двина и Мезень)». 2014 г.

Ремизова А.А., бакалавр III курса СПбГТУРП

Антонов И.В., ст. преподаватель СПбГТУРП

Шишкин А.И., профессор СПбГТУРП

СОПОСТАВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ И ГИДРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования, при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды. В системе мониторинга качество воды может оцениваться по гидрохимическим и гидробиологическим показателям и индексам.

Гидрохимические показатели качества воды характеризуют физические свойства и химический состав. Изменение гидрохимического режима водных объектов в результате поступления загрязняющих веществ определяет функционирование сообществ водных организмов. Анализ качества вод по гидробиологическим показателям позволяет оценить ответную реакцию биоты на весь комплекс антропогенного воздействия. Гидробиологические методы контроля предполагают использование гидробиологических показателей, которые характеризуют качество воды как среды обитания живых организмов, населяющих водоемы.

Одним из гидрохимических показателей является биохимическое потребление кислорода (БПК). БПК характеризует количество кислорода, расходуемое на аэробное биохимическое окисление под действием микроорганизмов нестойких органических соединений, содержащихся в воде. При анализе определяется количество кислорода, ушедшее за установленное время (обычно 5 сут - БПК₅) без доступа света при 20 °С на окисление загрязняющих веществ, содержащихся в единице объема воды. Вычисляется разница

между концентрациями растворённого кислорода в пробе воды непосредственно после отбора и после инкубации пробы [1]. БПК₅ рассчитывается по формуле:

$$\text{БПК}_5 = \text{РК} - \text{РК}_5,$$

где РК- концентрация растворенного кислорода в первоначальной пробе, мг/л;

РК₅ - концентрация растворенного кислорода по истечении 5 сут, мг/л.

Одним из основных гидробиологических индексов является индекс Шеннона (H), который дает оценку трофического статуса водного объекта и качества среды обитания организмов по видовому разнообразию сообществ организмов. Индекс Шеннона рассчитывается по формуле:

$$H = - \sum \frac{n_i}{N * \log\left(\frac{n_i}{N}\right)},$$

где n_i – число особей i-го вида в пробах;

N – общая численность особей всех видов в пробах.

В данной работе представлен сравнительный анализ результатов расчета физико-химического показателя качества воды, характеризующего биохимическое потребление кислорода (БПК₅), и гидробиологического индекса видового разнообразия Шеннона, а также определение зависимости этих показателей.

В анализе использовались данные исследований, проведённых в марте 2013 и 2015 гг. на водных объектах Выборгского района Ленинградской области, Курортного и Выборгского районов г. Санкт-Петербурга. В перечень исследуемых водных объектов входили (по точкам): река Приветная (17, 18), Смолячков ручей (24, 25), река Чёрная (15), озеро Щучье (91) и Суздальские озера (озеро Верхнее Суздальское (29), озеро Нижнее Суздальское (38)), река Каменка (42) [2]. По результатам проведённых исследований на перечисленных выше водных объектах была проведена интегральная оценка качества воды. На рис. 1 и 2 представлены результаты анализа отобранных проб по БПК₅ и индексу Шеннона за март 2013 и 2015 гг.

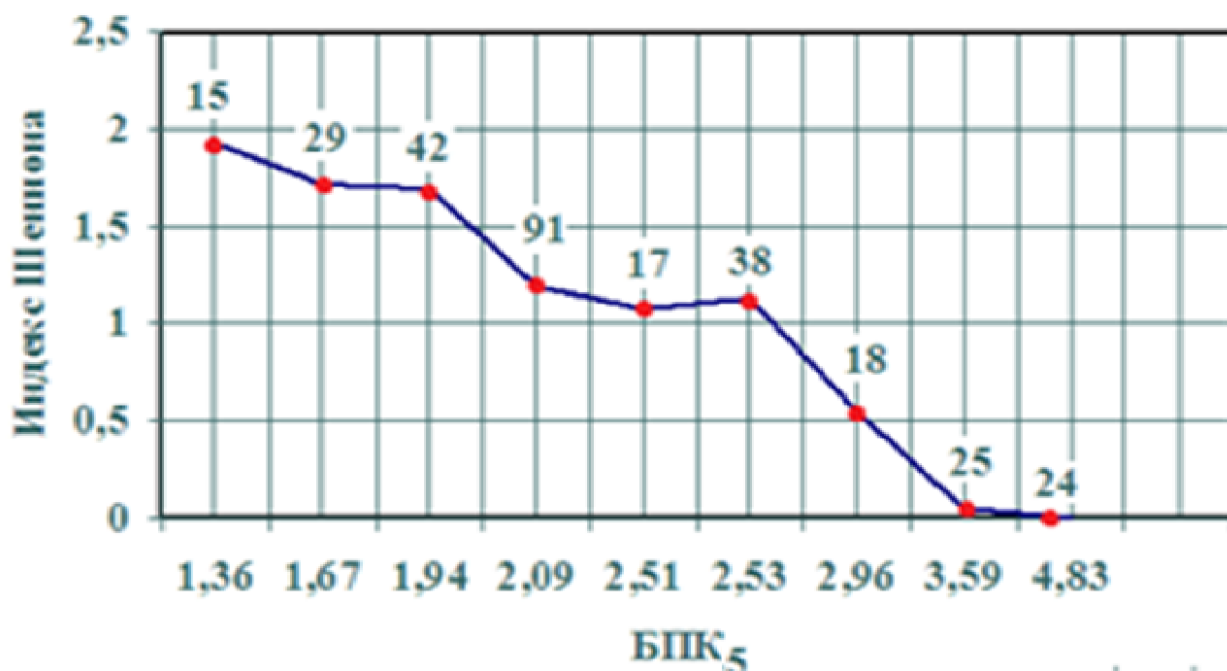


Рис.1. Сравнение индекса Шеннона и BPK_5 по результатам за весенний период 2013 г.

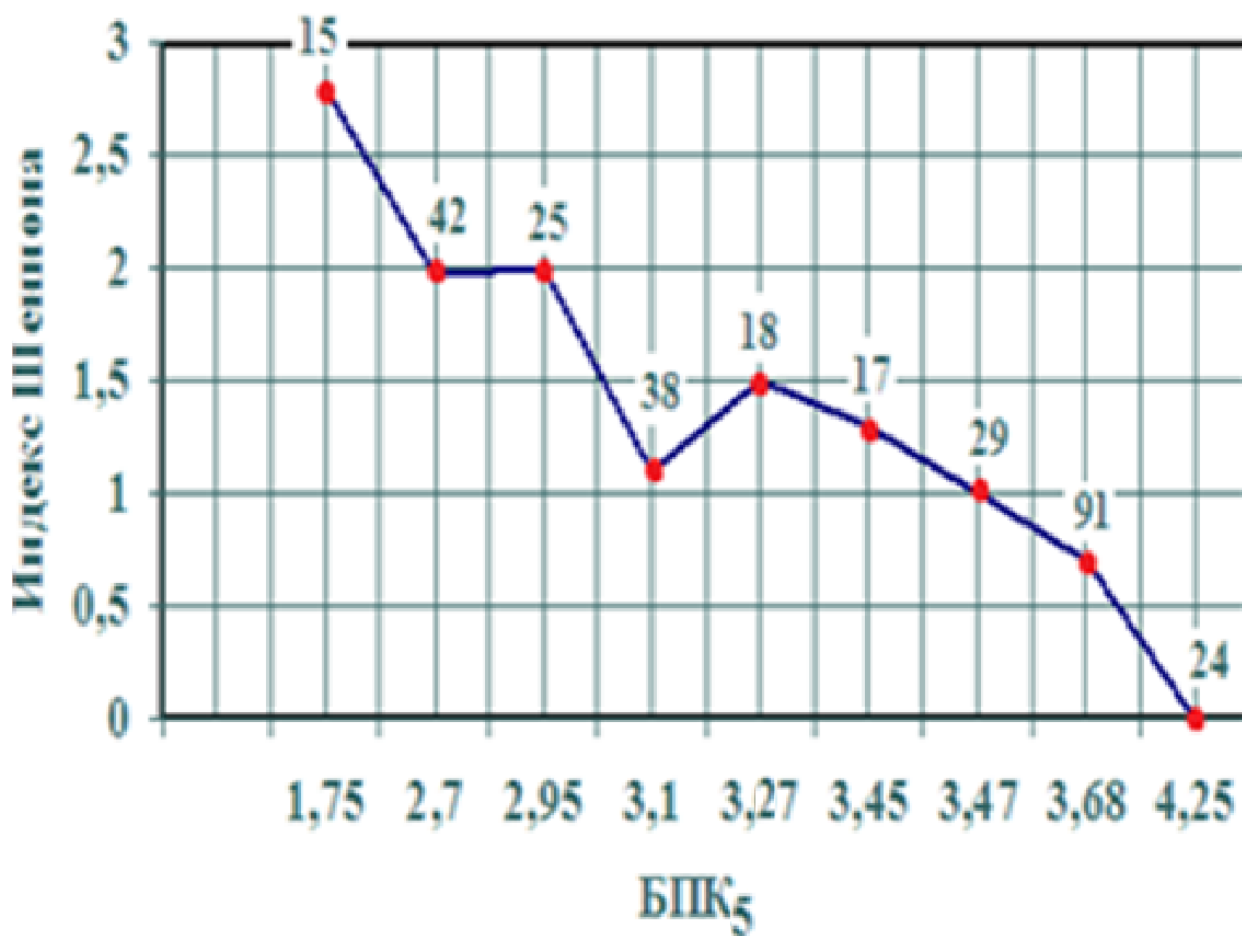


Рис.2. Сравнение индекса Шеннона и BPK_5 по результатам за весенний период 2015 г.

На основе полученных данных прослеживается зависимость: чем выше показания БПК₅, тем ниже индекс Шеннона, а соответственно ниже трофический статус водоема. Таким образом, можно сделать вывод, что высокое значение БПК₅ в некоторых пробах объясняется тем, что растворенного кислорода в этих водоемах много, а это значит, потребителей кислорода, а вместе с ними и различных микроорганизмов очень мало, а там, где содержание микроорганизмов, потребляющих кислород, больше из-за возможной чистоты воды, высокое значение индекса Шеннона и, соответственно, низкие результаты по БПК₅.

Библиографический список

1. Антонов И.В., Кушнеров А.И., Потанин Г.Ю. Управление качеством водных объектов с использованием комплексных и интегральных показателей // сборник материалов Международного и Межрегионального Биосфорума и XIX Молодежной Биос-олимпиады. – СПб.: СПбНЦ РАН, ВВМ; СПб.: Любавич, 2014.- С.68-74.
2. Кушнеров А.И., Потанин Г.Ю., Антонов И.В., Шишкин А.И. Интегральная оценка сброса загрязняющих веществ в водотоки северной части Финского залива // XV Международный экологический форум «День Балтийского моря»: сборник материалов. – СПб.: Человек, 2014.- С. 49-50.

Дмитриева П.П., бакалавр III курса СПбГТУРП

ЖИДКОСТНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ В ПОЛЯХ МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ

В различных отраслях промышленности ставится задача разделения компонентов различных смесей. В зависимости от агрегатного состояния

компонентов, от их химических характеристик, применяются различные способы разделения смесей.

Одним из таких способов является экстракция. Процесс экстракции - способ разделения жидких смесей, который применяется в различных отраслях промышленности. Экстракция используется для выделения в чистом виде продуктов нефтехимического и органического синтеза, очистки сточных вод, извлечения редких элементов и т.д. Для извлечения компонентов из разбавленных растворов широко используется жидкостная экстракция, основанная на различном распределении компонентов разделяемой смеси между двумя жидкими фазами. Одна из этих фаз, как правило, является сплошной, вторая - дисперсной, распределяемой в первой в виде капель. Процесс осуществляется путем извлечения одного или нескольких компонентов из разделяемой смеси избирательным растворителем-экстрагентом, обладающим ограниченной взаимной растворимостью с этой смесью, либо двумя несмешивающимися растворителями, каждый из которых преимущественно растворяет разные компоненты. Конечными продуктами жидкостной экстракции являются экстракт (концентрированный раствор распределяемого компонента в экстрагенте) и рафинат (очищенная от распределяемого компонента исходная смесь).

Жидкостную экстракцию в полях механических колебаний можно рассмотреть на примере роторно-пульсационного аппарата (РПА).

Экстрагирование с помощью РПА основано на циркуляции обрабатываемой среды при различной кратности твердой и жидкой фаз. РПА состоит из корпуса - статора с патрубками для входа и выхода обрабатываемого материала. Внутри корпуса находится ротор с закрепленными на нем перфорированными цилиндрами, имеющими прорези. На крышке корпуса расположено такое же число аналогичных неподвижных цилиндров. При вращении ротора с цилиндрами, последние проходят между цилиндрами статора, радиальный зазор между которыми может быть от 0,25 до 2 мм. В каждом отдельном случае расстояние между цилиндрами подбирается с учетом техно-

логических требований и физико-механических свойств обрабатываемого материала. Частота вращения ротора 800-4000 об/мин, число прорезей в цилиндрах - от 5 до 40, ширина от 5 до 40 мм. Вместо цилиндров на статоре и роторе иногда устанавливают концентрически расположенные зубья, в полости ротора - лопасти или ножи для измельчения крупных частиц твердой фазы.

При работе РПА отмечается интенсивное механическое воздействие на частицы сырья, возникает эффективная турбулизация и пульсация потока. В технологической схеме роторно-пульсационный аппарат установлен в циркуляционном контуре, замкнутом на экстрактор с мешалкой. Экстрактор и трубы циркуляционного контура могут снабжаться паровой рубашкой для охлаждения или нагревания обрабатываемой среды. Сырье загружают на ложное дно экстрактора и заливают экстрагентом. При работе аппарата жидкая фаза поступает в него из нижней части экстрактора, а сырье подается и дозируется шнеком - питателем, установленным на торце над его днищем. Из роторно-пульсационного аппарата пульпа поднимается вверх и через штуцер в крышке экстрактора вновь заполняет его. Процесс повторяется до получения концентрированного извлечения. При использовании РПА происходит совмещение операций экстрагирования и диспергирования. Это в ряде случаев позволяет исключить предварительное измельчение сырья и значительно сократить материальные потери. РПА дает возможность интенсифицировать процесс экстрагирования сырья. В качестве экстрагентов применяют: дихлорэтан, метилен хлористый, масла растительные и минеральные.

Зорькина И.С., бакалавр III курса СПбГТУРП

ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ВЗАИМНОМ ДВИЖЕНИИ ДВУХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ (ЖИДКОСТЬ-ЖИДКОСТЬ)

Проблема перехода гидродинамических характеристик в тепловую характеристику зависит от многих факторов (плотность, вязкость, размеры, скорость). Эти факторы сказываются на жидкостной экстракции. Известно, что пульсационные поля - более удобный и эффективный способ переноса энергии. В работе делается попытка объяснить этот механизм.

От пульсаций с большими масштабами энергия переходит в пульсации с меньшими масштабами, практически не диссипируясь при этом. Можно сказать, что имеется как бы непрерывный поток энергии от крупно- к мелкомасштабным пульсациям, т.е. от малых частот к большим. Этот поток диссипируется, т.е. кинетическая энергия переходит в тепло, в самых мелкомасштабных пульсациях. Разумеется, для поддержания “стационарного” состояния потока необходимо наличие внешних источников энергии, непрерывно передающих ее основному крупномасштабному движению.

Поскольку вязкость жидкости существенна только для самых мелкомасштабных пульсаций, то можно утверждать, что все величины, относящиеся к турбулентному движению в масштабах Λ , много больших Λ_0 , не могут зависеть от вязкости (более точно, эти величины не должны меняться при изменении вязкости и неизменных остальных условиях, в которых происходит движение). Это обстоятельство сужает круг величин, определяющих свойства турбулентного движения, в результате чего для исследования турбулентности приобретают большое значение соображения подобия, связанные с размерностью имеющихся в нашем распоряжении величин. Применим такие соображения к определению порядка величины диссипации энергии при турбулентном движении. Пусть ε есть среднее количество энергии, диссипируемой в единицу времени в единице массы жидкости. Эта энергия черпается из крупномасштабного движения, откуда постепенно передается во все меньшие масштабы, пока не диссипируется в пульсациях масштаба $\sim \Lambda_0$.

Поэтому, несмотря на то, что диссипация обязана в конце концов вязкости жидкости, порядок величины ε может быть определен с помощью одних только величин, характерных для крупномасштабных движений.

Таковыми являются плотность жидкости ρ , размеры l и скорость Δu . Из этих трех величин можно составить всего одну комбинацию, обладающую той же размерностью, что и ε . Таким способом получаем, что ε прямо пропорциональна кубу Δu и обратно пропорциональна l , чем определяется порядок величины диссипации энергии в турбулентном потоке. Турбулентно движущуюся жидкость можно в некоторых отношениях качественно описывать как жидкость, обладающую некоторой, как говорят, турбулентной вязкостью, отличной от истинной кинематической вязкости. Характеризуя свойства турбулентного движения, турбулентная вязкость должна по порядку величины определяться величинами ρ , Δu , l . Единственной составленной из них величиной с размерностью кинематической вязкости является $\Delta u \cdot l$, поэтому турбулентная вязкость прямо пропорциональна именно этой величине. Отношение турбулентной вязкости к обычной растет с числом Рейнольдса. Диссипация энергии выражается через турбулентную вязкость в соответствии с обычным определением. Перейдем теперь к изучению свойств развитой турбулентности в масштабах Λ , малых по сравнению с основным масштабом l . Об этих свойствах говорят, как о локальных свойствах турбулентности. При этом мы будем рассматривать жидкость вдали от твердых стенок, точнее, на расстояниях от них, больших по сравнению с Λ_0 такой мелкомасштабной турбулентности вдали от твердых тел можно высказать естественное предположение, что она обладает свойствами однородности и изотропии. Последнее означает, что в участках, размеры которых малы по сравнению с l , свойства турбулентного движения одинаковы по всем направлениям; в частности, они не зависят от направления скорости усредненного движения. Подчеркнем, что здесь, где говорится о свойствах турбулентного движения в малом участке жидкости, подразумевается относительное движение жидких частиц в этом участке, а не абсолютное движение, в котором принимает участие весь участок в целом и которое связано с движением более крупных масштабов. Оказывается, возможно получить ряд существенных результатов

о локальных свойствах турбулентности непосредственно из соображений подобия. При описанных условиях изменение скорости на протяжении малого расстояния пропорционально кубическому корню из этого расстояния (закон Колмогорова-Обухова). Изменение средней скорости на малых расстояниях мало по сравнению с изменением пульсационной скорости на этих же расстояниях, и им можно пренебречь [1].

Библиографический список

1. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. VI. Гидродинамика. – М.: ФИЗМАТЛИТ. – 2003.- С.184-198.

Кузнецова Е.И. бакалавр III курса СПбГТУРП

РОТОРНО-ПУЛЬСАЦИОННЫЙ ЭКСТРАКТОР

Пульсационные аппараты роторного типа известны в технике и технологии уже более сорока лет. Наибольшее применение эти аппараты нашли в химической и смежных с ней технологиях. Кажущаяся простота работы пульсационных аппаратов роторного типа несет в себе простоту в механическом смысле, но имеет сложность в гидродинамическом и акустическом описании.

Роторно-пульсационный экстрактор с направляющими лопастями содержит входной и выходной патрубки, корпус, внутри которого установлены лопасти, ротор, в ступице которого выполнены отверстия, и статор. Ротор и статор выполнены в виде чередующихся коаксиальных цилиндров с прорезями. К внутренней поверхности корпуса приварены прямоугольные лопасти, изогнутые по винтовой линии в сторону, противоположную вращению ротора. Изобретение интенсифицирует процесс экстрагирования и увеличивает выход экстрактивных веществ. Основными его элементами являются ротор, закрепленный на валу, состоящий из венца и ступицы с отверстиями, и два статора - внешний и внутренний. В венцах этих элементов выполнены пря-

моугольные пазы. Сопрягаемые поверхности ротора и статора выполнены конически. Основной смешиваемый компонент вводится в рабочую полость через входной штуцер, а второй, с более легким удельным весом, через штуцера по каналам в зубьях внутреннего статора поступает в зазор. Достоинством данного аппарата является то, что в зубьях статора имеются каналы, выходящие в центральной части зуба в сторону ротора, благодаря чему один из компонентов непосредственно попадает в рабочую зону. Недостатком является то, что при увеличении частоты вращения ротора циркуляция обрабатываемого материала через отверстия в ступице ротора не происходит.

Лопасты, закрепленные на внутренней стенке корпуса, предназначены для вывода части продукта из аппарата для промежуточной обработки. Благодаря насосному эффекту поток проходит через отверстия в ступице ротора и попадает в рабочую область, затем движение потока повторяется.

Количество лопастей может варьироваться в зависимости от характера обработки продукта и количества необходимого оборудования.

Экспериментальные исследования показали, что при данной конструкции аппарата за счет закрепленных на внутренней стенке корпуса лопастей происходит интенсивная и многократная обработка продукта.

Таким образом, в предлагаемой конструкции роторно-пульсационного аппарата (РПА) с промежуточной обработкой продукта увеличено количество стадий обработки, что позволяет интенсифицировать процесс и повысить качество получаемого экстракта.

Диспергирование с помощью РПА

В технологии суспензий, эмульсий и мазей применяются РПА с рифлеными поверхностями рабочих частей с различного рода зазорами между ними. Чем меньше зазор между вращающимися и неподвижными цилиндрами, тем выше степень дисперсности. Наиболее приемлем для получения мелко измельченных дисперсий радиальный зазор в 0,15 - 0,3 мм.

Значительно повышается эффективность диспергирования в РПА с увеличением концентрации суспензии, так как измельчение происходит не

только за счет РПА, но и путем интенсивного механического трения частиц дисперсной фазы друг с другом. Полученная концентрированная суспензия смешивается затем с остальной частью дисперсионной среды до получения требуемого готового продукта.

С помощью РПА можно совмещать операции диспергирования порошкообразных веществ и эмульгирования смесей. Таким образом, использование РПА обеспечивает получение многофазных гетерогенных систем - эмульсионно-суспензионных смесей, таких как линимент стрептоцида, синтомицина и т.д.

При приготовлении мазей из серы, цинка оксида и других аморфных веществ с использованием РПА, стадии предварительного измельчения компонентов можно опустить, что дает значительный экономический эффект.

Эффективность роторно-пульсационных экстракторов связана не с механической дезинтеграцией дисперсной фазы, а только с гидродинамическим полем и строго определенными характеристиками соответствующих экстракции частот. В зависимости от вязкости дисперсионной фаз, предположительно существует два различных физических механизма:

- 1) при высокой вязкости дисперсной фазы преобладает механизм градиентного сдвига за счет вращающейся и неподвижной поверхностей;
- 2) при малой вязкости ($\sim 1 \cdot 10^{-3}$ Па·с) реализуется диспергирование в пульсационном поле соответствующими амплитудами и частотами. Для жидкостной экстракции размеры зазора между ротором и статором должны быть сравнительно большие [1].

Библиографический список

1. Иванец В. Н., Бакин И. А., Иванец Г. Е. Интенсификация процессов гомогенизации и диспергирования при получении сухих, увлажненных и жидких комбинированных продуктов //Техника и технология пищевых производств. – 2012. – № 3. – с.37.

МЕЖФАЗНАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ЯЧЕЙКИ БЕНАРА

Основная задача теории массопередачи заключается в том, что происходит на межфазной поверхности. При этом необходимо выявить вид механизма переноса вещества через межфазную поверхность — молекулярный (молекулярная диффузия) или турбулентный (вихревая диффузия) .

Влияние турбулентных пульсаций на перенос вещества учитывается моделью проникновения, получившей широкое распространение за последние 10—15 лет. При использовании этой модели предполагается, что турбулентные пульсации непрерывно подводят к межфазной поверхности свежие порции жидкости и смывают жидкость, уже прореагировавшую с газом. Подвод реагирующих компонентов в зону реакции и отвод полученных продуктов совершается молекулярной диффузией или конвекцией. При очень сильном перемешивании реагирующих веществ конвективный перенос называют также турбулентной диффузией. В двух- или многофазных системах подвод реагирующих компонентов может совершаться абсорбцией, адсорбцией или десорбцией газов, конденсацией паров, плавлением твердых веществ или растворением их, испарением жидкости или возгонкой твердых веществ. Межфазный переход — это сложный диффузионный процесс. Сильное влияние на межфазную турбулентность оказывают поверхностно-активные вещества, поэтому их наличие сказывается на работе экстрактора.

В ряде случаев влияния поверхностного сопротивления можно избежать. При некоторых условиях вблизи границы раздела фаз в жидкостях возможно самопроизвольное возникновение конвективных потоков, приводящее к значительному повышению коэффициентов массоотдачи (от 3 до 10 раз). Это объясняется появлением на межфазной границе локальных градиентов поверхностного натяжения, зависящего от температуры или концентрации

переносимого вещества. Межфазная поверхность стремится перейти к состоянию с минимумом поверхностной энергии, в результате чего расширяется область с низким коэффициентом поверхностного натяжения.

Для часто встречающегося на практике случая турбулентного движения жидкости принято дополнительно выделять турбулентный механизм переноса массы, который представляет собой процесс конвективного смешения, когда вещество переносится беспорядочными турбулентными пульсациями жидкости. Этот процесс называется турбулентной диффузией, хотя его сходство с молекулярной диффузией заключается лишь в одинаковой форме выражений для потоков веществ во многих (но не во всех) случаях.

Классическим примером диссипативных структур являются циркуляционные ячейки Бенара. Представим себе следующую картину. Жидкость, налитая в широкий плоский круглый сосуд, подогревается снизу, охлаждается сверху. Будем считать, что плотность линейно зависит от температуры, вязкость и коэффициент теплопроводности от температуры не зависят. Рассмотрим поведение некоторого малого объема жидкости при изменении его температуры. Строго говоря, боковые границы ячейки Бенара не являются вертикальными, и при численном решении следовало бы поставить условие периодичности по горизонтали.

Приведенные примеры (турбулентное течение, ячейки Бенара, химические часы) подтверждают наличие нового типа кооперативной связи между молекулами, обусловленного диалектикой хаоса и порядка. В состоянии равновесия такая форма связи скрыта, латентна, а в состоянии, далеком от равновесия, некоторые молекулы начинают «узнавать» друг друга, выражая явное «стремление к содействию и сотрудничеству».

Эти ячейки, получившие впоследствии название ячеек Бенара, были в основном шестиугольными, и вся картина напоминала пчелиные соты. Эксперименты Бенара (описанные, в частности, Кошмидером в его книге, стимулировали активное изучение конвекции - как экспериментальное, так и теоретическое. Поэтому именно они считаются отправной точкой в форми-

ровании современных взглядов на конвекцию, как на явление, связанное с важным классом гидродинамических неустойчивостей. И это несмотря на то, что исследования конвекции ведут свое начало с середины восемнадцатого столетия - с работ Джорджа Хэдли и Михаила Васильевича Ломоносова, и несмотря на то, что впоследствии основное внимание уделялось конвекции, вызванной тепловой плавучестью, а не поверхностным натяжением. Более того, структура тепловой, или термогравитационной, конвекции обычно отличается от структуры термокапиллярной конвекции: во множестве важных случаев структуры тепловой конвекции бывают образованы квазидвумерными валами, а не трехмерными ячейками.

Мельничук Д. Ю., бакалавр III курса СПбГТУРП

МЕЖФАЗНАЯ ТУРБУЛЕНТНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЖИДКОСТНОЙ ЭКСТРАЦИИ

Направление движения растворенного вещества В (например, от капли к сплошной фазе или наоборот, от жидкости А к жидкости С или наоборот). При рассмотрении этого вопроса необходимо принять во внимание явление межфазной турбулентности, которое ускоряет массообмен, а также изменение поверхностного натяжения. Межфазная турбулентность появляется при экстракции из капли в сплошную фазу при высоких концентрациях, поэтому в случае ее появления следует ожидать, что это направление будет преобладать.

Источником межфазной турбулентности является возникновение вихрей, порождаемых неустойчивостью свободной поверхности или поверхности раздела. В настоящее время представляется возможным сформулировать необходимые и достаточные условия для возникновения межфазной турбулентности.

По И. М. Аношину, при симметричном ударе струи о стенку на увеличение межфазной турбулентности используется только половина кинетической энергии потока, а при касательном ударе - вся кинетическая энергия.

Влияние турбулентных пульсаций на перенос вещества учитывается моделью проникновения, получившей широкое распространение за последние 10—15 лет. При использовании этой модели предполагается, что турбулентные пульсации непрерывно подводят к межфазной поверхности свежие порции жидкости и смывают жидкость, уже прореагировавшую с газом. Таким образом, каждый элемент поверхности взаимодействует с газом в течение некоторого времени (время контакта, период обновления), после чего данный элемент поверхности обновляется. Считают, что за время контакта растворение газа происходит путем нестационарной диффузии в неподвижный слой бесконечной толщины.

Жидкостная экстракция - это перевод одного или нескольких компонентов раствора из одной жидкой фазы в контактирующую и не смешивающуюся с ней другую жидкую фазу, содержащую избирательный растворитель (экстрагент). Один из массообменных процессов химической технологии. Используется для извлечения, разделения и концентрирования растворенных веществ.

Жидкостная экстракция является одним из наиболее распространенных процессов химической технологии. На долю жидкостной экстракции приходится около 20 % всех затрат химической промышленности. Широкое распространение получили экстракционные методы в фармацевтической, нефтеперерабатывающей промышленности, а также в атомной энергетике.

Сильное влияние на межфазную турбулентность оказывают поверхностно-активные вещества, поэтому их наличие сказывается на работе экстрактора. В этом одна из причин того, что результаты, полученные в исследовательских лабораториях, работающих с чистым веществом на малогабаритных экстракторах, можно с большой осторожностью переносить на операции заводского масштаба с промышленными растворами.

Основной вопрос теории массопередачи заключается в том, что происходит на межфазной поверхности. При этом необходимо не только выявить вид механизма переноса вещества через межфазную поверхность — молекулярный (молекулярная диффузия) или турбулентный (вихревая диффузия), но и выявить всю совокупность взаимодействий микро- и макроэффектов.

Основные стадии жидкостной экстракции:

- приведение в контакт и диспергирование фаз;
- разделение или расслаивание фаз на экстракт (извлекающая фаза) и рафинат (исчерпываемая фаза);
- выделение целевых компонентов из экстракта и регенерация экстрагента, для чего наряду с дистилляцией наиболее часто применяют реэкстракцию (процесс, обратный жидкостной экстракции), обрабатывая экстракт водными растворами веществ, обеспечивающих полный перевод целевых компонентов в раствор или осадок и их концентрирование;
- промывка экстракта для уменьшения содержания и удаления механически захваченного исходного раствора.

Федорова Д.С., бакалавр III курса СПбГТУРП

«СТРАННЫЙ АТТРАКТОР» ЭДВАРДА ЛОРЕНЦА

Проблема турбулентности имеет богатую историю. Плавный поток разбивается на завитки и вихревые токи, беспорядочные изгибы разрушают границы между жидкостью и твердой поверхностью, энергия из крупномасштабного движения быстро перетекает в мелкие завихрения. Почему? Пожалуй, самые разумные идеи предлагали математики, одним из них был Эдвард Лоренц.

Э. Лоренц стал метеорологом, изучал теоретические основы метеорологии, пытался научиться прогнозировать погоду с помощью компьютерных моделей.

В его распоряжении находилась вычислительная машина RoyalMcBee. В 1960 г. он создал упрощенную модель погоды. Модель представляла набор чисел, описывавших значения нескольких переменных (температуры, атмосферного давления, скорости ветра) в данный момент времени. Лоренц выбрал двенадцать уравнений, описывавших связь между этими переменными. Значение переменных в следующий момент времени зависело от их значения в предыдущий момент и рассчитывалось по этим уравнениям.

Машине давались несколько чисел, она выдавала ряды чисел, описывающие погоду в некотором воображаемом мире. Числа не повторялись, система как будто воспроизводила старое свое состояние, но не полностью, циклов не возникало. Искусственная погода была плохо предсказуема, характер непредсказуемости был примерно такой же, какой и у погоды за окном.

В 1961 г. Лоренц изучил построенный машиной график изменения одной из переменных. В качестве начальных данных он ввел значения переменных из середины графика. Машина должна была точно воспроизвести вторую половину графика и продолжить строить его дальше. Но Лоренц обнаружил совершенно другой график. В начале он более-менее повторял первый, но к концу не имел с ним ничего общего. Получалось, что модель, из которой устранена случайность, при одних и тех же начальных значениях выдает разные результаты. Машина не сломалась и считала все правильно, Лоренц не опечтался при вводе данных.

Разгадка такова: в памяти машины значения переменных хранились с точностью до шести знаков после запятой, а на распечатку выдавалось только три. Лоренц ввел округленные значения, предположив, что такой точности достаточно, но система оказалась чувствительной к воздействиям на нее. Это наблюдение привело к изучению детерминированного хаоса.

Откуда в детерминированной системе хаос и непредсказуемость? От сильной чувствительности к начальным условиям. Малейшее воздействие, от которого невозможно избавиться – округление переменной, ошибка измерения – и система ведет себя совершенно по-другому.

Лоренц приводил пример: если погода относится к классу чувствительных систем, то взмах крыльев чайки может вызвать заметные изменения погоды. Впоследствии чайка была заменена бабочкой. Так родился знаменитый термин «эффект бабочки», отсылавший к следующему открытию Лоренца – странному аттрактору, названному в его честь.

Следовательно, многие системы ведут себя непредсказуемо. Но Лоренц не остановился на достигнутом, стал искать порядок в случайности. Он построил простую модель из трех уравнений с тремя переменными. Модель описывала конвекцию в газе и жидкости, поведение несложного механического устройства – водяного колеса Лоренца. Под напором воды, наполняющей емкости, колесо ведет себя так: замедляет вращение, ускоряет его, начинает вращаться в другую сторону, останавливается.

Для наглядного отображения поведения системы Лоренц использовал фазовый портрет. Три числа, описывающие состояние системы, обозначали координаты точки в трехмерном пространстве. С каждым шагом на фазовом портрете появлялась новая точка.

Если система приходила к полной устойчивости, добавление точек должно было остановиться. Если она приходила к периодическим колебаниям, линия из точек образовала колебания. Если в поведении системы не было никаких закономерностей, на фазовом портрете могло появиться что угодно.

В результате: объект, который появился, располагался в определенных границах. Он напоминал два крыла бабочки. Переход от одного из крыльев к другому соответствовал началу вращения колеса в другую сторону. Такие объекты – странные аттракторы – сыграли большую роль во фрактальной геометрии и теории хаоса. «Крылья бабочки» получили название «аттрактор Лоренца».

Подобная модель применяется для решения динамических задач. Она полезна тем, что предлагает модель ламинарно-турбулентного перехода при конвективных движениях жидкости.

Поведение систем, описывающихся странным аттрактором, совершенно непредсказуемо. Как отмечал сам Э.Лоренц, именно с таким разбеганием траекторий динамической системы может быть связана принципиальная невозможность прогнозирования погоды на несколько недель вперед.

Шулепов Е.С. , бакалавр III курса СПбГТУРП

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЭМУЛЬГИРОВАНИЯ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ЭКСТРАКЦИИ

Эмульгирование - получение устойчивых эмульсий. В промышленности эмульгирование чаще всего осуществляют механическим перемешиванием ингредиентов эмульсии в различного типа смесителях: гомогенизаторах, коллоидных мельницах. Применяют также акустическую (звуковую и ультразвуковую) технику, в частности, ультразвуковой диспергатор. Реже, главным образом в лабораторных условиях, эмульсии получают электрическим диспергированием или методами конденсации, т. е. путем выделения капельно-жидкой фазы из пересыщенных паров, пересыщенных растворов или расплавов.

При достаточно низком поверхностном натяжении на границе фаз эмульгирование может происходить самопроизвольно (спонтанно), т. е. без интенсивного подвода энергии извне, а лишь за счет энергии теплового движения молекул и слабых конвекционных токов жидкости. Так, например, образуются эмульсии при разбавлении водой эмульсолов и масляных концентратов пестицидов, содержащих до 20—40 % мыл или мылоподобных поверхностно-активных веществ.

Процесс, обратный эмульгированию, т. е. разрушение эмульсий, называется деэмульгированием. Оба процесса играют важную роль в производстве пластмасс, каучуков, красок, полировочных составов и очищающих средств, биологически активных препаратов, пищевых продуктов и косметических средств.

Экстракция жидкостная (позднелат. *extractio* - извлечение, от *extraho* - вытягиваю, извлекаю), перевод одного или нескольких компонентов раствора из одной жидкой фазы в контактирующую и не смешивающуюся с ней другую жидкую фазу, содержащую избирательный растворитель (экстрагент); один из массообменных процессов химической технологии. Используется для извлечения, разделения и концентрирования растворенных веществ.

Экстрагенты обеспечивают переход целевых компонентов из исчерпываемой (тяжелой) фазы, которая чаще всего представляет собой водный раствор, в извлекающую (легкую) фазу (обычно органическую жидкость). Две контактирующие жидкие фазы и распределяемый между ними целевой компонент образуют экстракционную систему. Извлекающая фаза включает только экстрагент (или смесь экстрагентов) либо является раствором одного или нескольких экстрагентов в разбавителе, служащем для улучшения физических (вязкость, плотность) и экстракционных свойств экстрагентов. В качестве разбавителей используют, как правило, жидкости (керосин, бензол, хлороформ и др.) либо их смеси, которые в исчерпываемой фазе практически нерастворимы и инертны по отношению к извлекаемым компонентам раствора. Иногда к разбавителям добавляют модификаторы, повышающие растворимость экстрагируемых компонентов в извлекающей фазе или облегчающие расслаивание: спирты, кетоны, трибутилфосфат и т.д.).

К основным стадиям жидкостной экстракции относятся: 1) приведение в контакт и диспергирование фаз; 2) разделение или расслаивание фаз на экстракт (извлекающая фаза) и рафинат (исчерпываемая фаза); 3) выделение целевых компонентов из экстракта и регенерация экстрагента, для чего наряду с дистилляцией наиболее часто применяют реэкстракцию (процесс, обратный

жидкостной экстракции), обрабатывая экстракт водными растворами веществ, обеспечивающих полный перевод целевых компонентов в раствор или осадок и их концентрирование; 4) промывка экстракта для уменьшения содержания и удаления механически захваченного исходного раствора.

В любом экстракционном процессе после достижения требуемых показателей извлечения фазы должны быть разделены. Эмульсии, образующиеся при перемешивании, обычно термодинамически неустойчивы, что обусловлено наличием избыточной свободной энергии вследствие большой межфазной поверхности. Её можно рассчитать согласно формуле Гиббса для свободной энергии:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S.$$

Последняя уменьшается из-за коалесценции (слияния) капель дисперсной фазы. Коалесценция энергетически выгодна (особенно в бинарных системах) и происходит до тех пор, пока не образуются два слоя жидкости.

Разделение эмульсий осуществляется, как правило, в две стадии. Сначала довольно быстро осаждаются (всплывают) и коалесцируют крупные капли. Значительно более мелкие капли остаются в виде "тумана", который отстаивается довольно долго. Скорость расслаивания зачастую определяет производительность аппаратуры всего экстракционного процесса. На практике для интенсификации разделения фаз используют центробежные силы и применяют различные устройства или насадки, которые располагают в отстойниках. В ряде случаев расслаиванию способствует электрическое поле.

Бурдаков В.В., магистрант II курса СПбГТУРП

НОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РЕКУ НЕВА НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Согласно Закону РФ от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» в целях предотвращения негативного воздействия на водные объекты разрабатываются проекты нормативов допустимого воздействия

(НДВ). НДВ служат целям установления безопасных уровней содержания загрязняющих веществ, а также других показателей, характеризующих воздействие на водные объекты, с учетом природно-климатических особенностей водных объектов данного региона и сложившейся в результате хозяйственной деятельности природно-техногенной обстановки. На основе утвержденных НДВ для индивидуальных предприятий должны быть разработаны нормативы допустимых сбросов (НДС) веществ и микроорганизмов. Под НДС загрязняющего вещества в водный объект понимается его масса в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени.

В статье реализован подход к нормированию антропогенной нагрузки на водные объекты с использованием геоинформационных технологий на примере реки Нева.

Разработанная геоинформационная система (ГИС) позволила проводить пространственно-временной анализ, статистическую обработку данных и специализированных картографических материалов, а также предоставлять обработанную информацию в наглядной форме, необходимой для принятия управленческих решений.

В ГИС проекте была создана картографическая основа природно-технических систем (ПТС) р. Нева – водопользователи. На картографическую подложку были нанесены следующие слои данных: водотоки, водоёмы, водовыпуски. В базу данных предприятий занесена следующая информация: название предприятия, расстояние от выпуска до устья, код предприятия, название водоема, в который осуществляется сброс, расход сточных вод, масс загрязняющих веществ. База данных по водным объектам содержит следующие данные: название объекта, средняя глубина, ширина и длина. Всего на картографической основе было оцифровано 80 водных объектов и нанесено 88 предприятий. Пример геоинформационной системы приведен на рис. 1. Результаты ранжирования показали, что основным загрязнителем р. Нева является ГУП "Водоканал Санкт-Петербурга" дирекция водоотведения

(код 400392), на его сбросы приходится более 90 % от общей массы сбросов. Диаграмма ранжирования предприятий по массам сброса загрязняющих веществ приведена на рис. 2. Систематизированные на геоинформационной основе исходные данные были использованы в расчетах НДС на р. Нева.

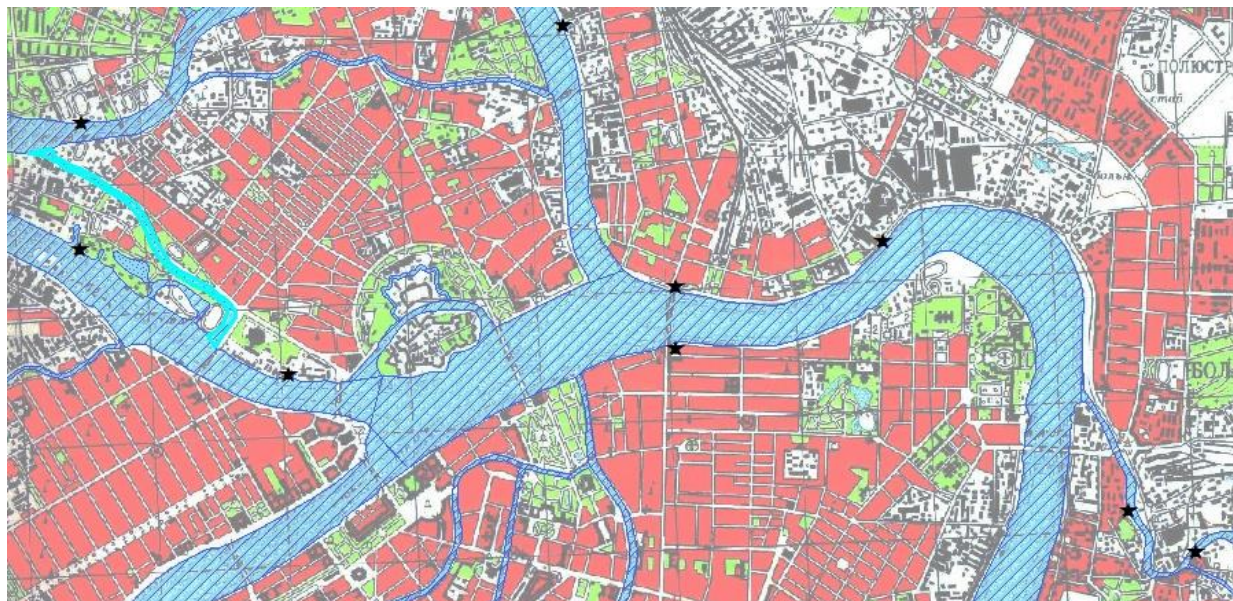


Рис.1. Фрагмент ГИС «ПТС р. Нева-водопользователи»

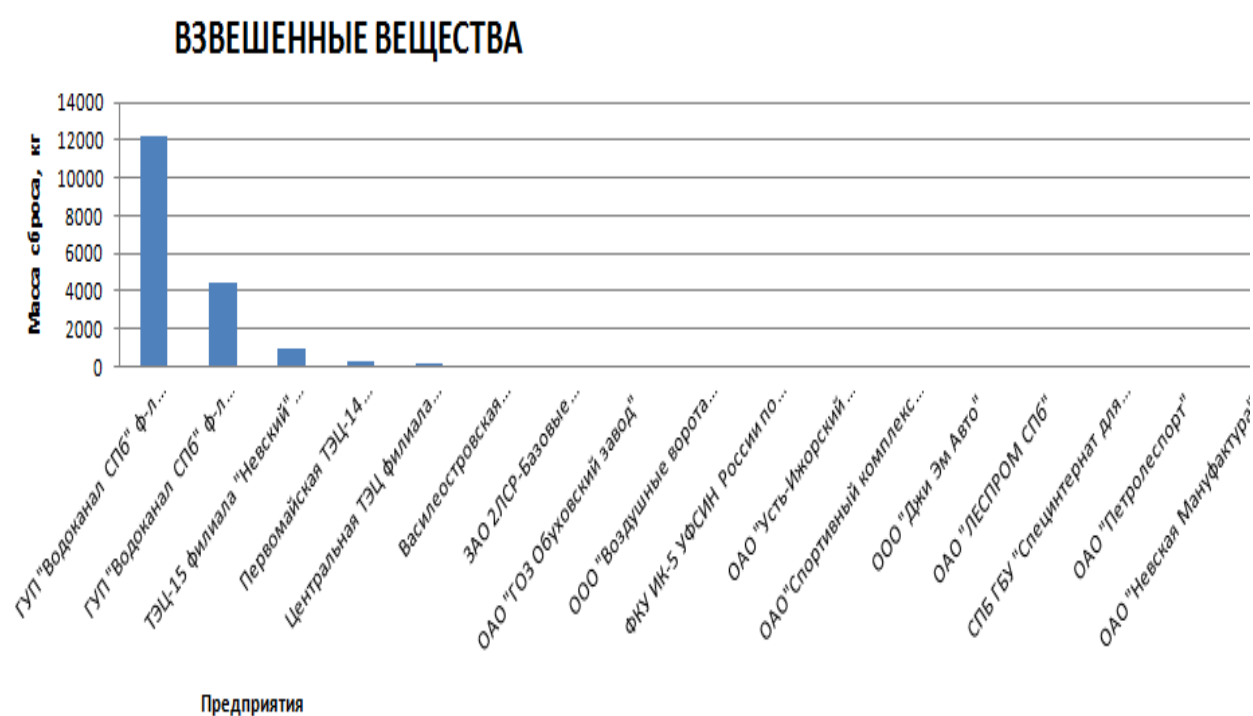


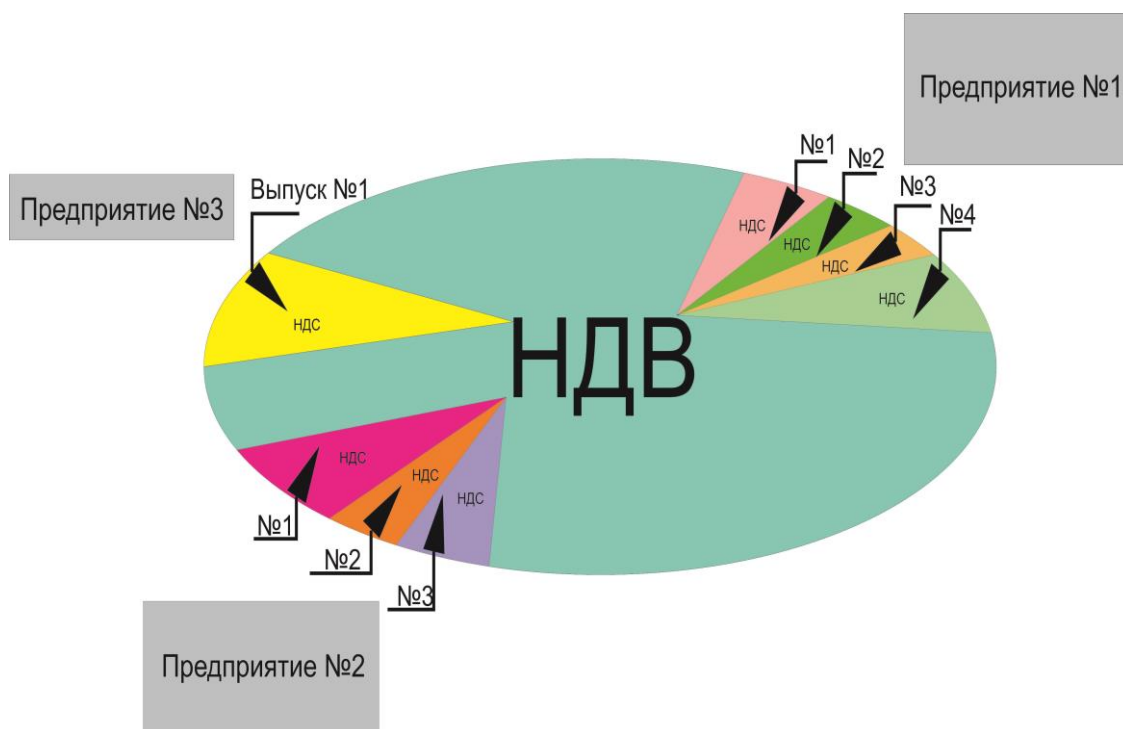
Рис.2. Ранжирование водовыпусков по взвешенным веществам

На завершающем этапе будет осуществлено квотирование нормативов допустимых сбросов по предприятиям-водопользователям в рамках нормативов допустимых воздействий.

Епифанова М.А., аспирант I курса СПбГТУРП

КВОТИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В соответствии с действующим законодательством РФ к концу 2015 г. должны быть разработаны бассейновые нормативы допустимого воздействия (НДВ) для всех регионов России. Под нормативом допустимого воздействия понимают максимальное количество вещества, которое может поступить в водный объект от всех водопользователей, находящихся на нем. Конечной целью является распределение суммарной нагрузки между всеми водопользователями бассейна и определение для каждого предприятия нормативов допустимого сброса (НДС).



Нормирование НДС в рамках НДВ

Распределение квот между предприятиями невозможно без математического моделирования, так как необходимо обеспечивать нормативы качества воды в контрольном створе.

Математические модели могут быть представлены дифференциальными уравнениями в частных производных.

Ниже приведено уравнение для расчета поля течения для нестационарных условий:

$$\begin{aligned}\frac{\partial V_x}{\partial t} + g \cdot H \cdot \frac{\partial \xi}{\partial x} - l \cdot V_z &= \frac{\tau_x}{\rho} - a \cdot \frac{V_x \cdot G}{H}, \\ \frac{\partial V_z}{\partial t} + g \cdot H \cdot \frac{\partial \xi}{\partial y} - l \cdot V_x &= \frac{\tau_y}{\rho} - a \cdot \frac{V_y \cdot G}{H}, \\ \frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} &= 0\end{aligned}\tag{1}$$

где x, y - оси координат; t - время; V - скорости течения; ρ - плотность воды; l - параметр Кориолиса; g - сила тяжести; τ - тангенциальное напряжение ветра; ξ - возмущение свободной поверхности [1].

Перенос загрязняющих веществ по двумерной нестационарной модели конвективно-диффузионного переноса и превращения веществ:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + V_x \cdot \frac{\partial C}{\partial x} + V_y \cdot \frac{\partial C}{\partial y} = D \cdot \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right); \tag{2}$$

где C - мгновенное значение концентрации; x, y - координаты по соответствующим осям; t - временной параметр; V_x, V_y - средняя скорость течения по направлению основного потока; D - коэффициент турбулентного переноса, или диффузии [1].

Применение математического моделирования позволяет оптимально распределить нагрузку между всеми водопользователями бассейна и обеспечить экологические стандарты качества воды для каждого водохозяйственного участка.

На завершающем этапе необходимо сравнить фактическую нагрузку с рассчитанными по математическим моделям нормативами допустимых сбросов.

сов. За нормативное значение принимается наименьшее из значений фактического и допустимого сбросов. Суммарная нагрузка от всех водопользователей не должна превышать 80 % от установленных НДВ.

Библиографический список

1. Караушев А. В., Скакальский Б. Г., Шварцман А. Я. и др. Методические основы оценки и регламентирования антропогенного влияния на качество поверхностных вод / под ред. А. В. Караушева). - Л.: Гидрометеиздат, 1987. - 267 с.

Строганова М.С., бакалавр IV курса СПбГТУРП

Кушнеров А.И., аспирант II курса СПбГТУРП

Шишкин А.И., профессор СПбГТУРП

**ФАКТОРЫ, ЛИМИТИРУЮЩИЕ ФОРМИРОВАНИЕ
КИСЛОРОДНОГО РЕЖИМА ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Изучение кислородного режима водных объектов совместно с гидрохимическим является важной задачей для оценки качества воды, а сами значения концентрации растворенного кислорода используются для расчета многих индексов загрязнения воды. Кроме этого, кислородный режим оказывает большое влияние на процессы самоочищения (окисление органических примесей), жизнедеятельность организмов (населяющих водоем) и др. При этом процессы поступления (увеличения) и выделения (уменьшение) растворенного кислорода из воды хорошо известны [1]:

- 1). увеличение кислорода: абсорбция из атмосферы, выделение водной растительностью (фитопланктон), поступление с дождевой и талой водой;
- 2). уменьшение кислорода: выделение из поверхностных слоев воды, процессы окисления органических и неорганических веществ.

В свою очередь, само содержание растворенного кислорода в поверхностных водах зависит от многих факторов, основные из которых, по мне-

нию многих авторов [1-6], температура, атмосферное давление, количество осадков, минерализация воды. В результате изучения литературы по теме [1-6] был собран более полный перечень факторов в таблице.

**Факторы, влияющие на содержание растворенного кислорода
в водных объектах**

№ п/п	Наименование фактора	Входящие параметры/обозначения
1	Температура	T (°C)
2	Атмосферное давление	P (мм рт.ст.)
3	Количество осадков	W (м ³), h (мм)
4	Минерализация воды	TDS (мг/дм ³)
5	Содержание органических примесей	БПК, ПО, ХПК (мгО ₂ /дм ³), С (мг/дм ³)
6	Водородный показатель pH	Ед. pH
7	Режим течения водоема	V (м/с), Q (м ³ /с) и др.
8	Антропогенные воздействия: сброс СВ, изъятие воды	С (мг/дм ³) и др.
9	Содержание биогенных элементов	С(P, N) (мг/дм ³)
10	Окислительно-восстановительный потенциал	ОВП, redox (мВ)
11	Токсичные вещества, угнетающие водную растительность	С (токс. вещ.) (мг/дм ³), Т (%) - токсичность
12	Дыхание гидробионтов	Количество
13	Гидрографические характеристики	Н (м) – глубина, S (км ²) – площадь и др.
14	Сезонные изменения и особенности	Ледовый покров и др.
15	Суточные изменения	T (°C), наличие света и др.
16	Географическое местоположение	Климатические и геологические условия
17	Тип водного объекта	Водоток, озеро
18	Прозрачность воды	Цветность, мутность, взвешенные вещества
19	Естественная и антропогенная аэрация	Адсорбция из атмосферы

Результаты проведенных экологических исследований и мониторинга в рамках сезонных Биос-школ (водные объекты г. Санкт-Петербурга и Ленинградской области), Межвузовского морского фестиваля «Морфест-2013» (такие водные объекты, как р. Свирь, Онежское озеро, Волго-Балтийский канал, Шекснинское водохранилище и река Волга) и других локальных исследований подтверждают влияние некоторых перечисленных факторов.

При проведении экспедиционных исследований водных объектов в 2013 г. на борту теплохода «Дмитрий Фурманов» были отобраны пробы по пути из Санкт-Петербурга до Нижнего Новгорода и получены зависимости кислорода не только от таких параметров, как температура, давление, но и от величины рН, цветности, мутности, а также гидробиологических индексов Шеннона и сапробности.

Мониторинг р. Черной (Ленинградская область, слияние р. Гладышевки и р. Рощинки) по большому числу контрольных створов позволил установить влияние сброса хозяйственно-бытовых сточных вод на содержание кислорода, при этом лимитирующими факторами были БПК₅, N и P. В данной ситуации снижение кислорода с 10 мг/дм³ до сброса и 6 мг/дм³ после сброса соответствует нормам, но при других условиях может выйти за рамки требований.

Библиографический список

1. Теоретические основы защиты окружающей среды. Процессы окисления органических веществ в водотоках: метод. указания/ сост.: Н.Е. Горбунов, В.С. Замараева, А.И. Шишкин. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 24 с.
2. Содержание растворенного кислорода в воде: метод. указания/ сост.: И.А. Кузьмина - Великий Новгород.: НовГУ, 2007. – 12 с.
3. Гончаров А.В., Заславская М.Б., Исаев В.А., Лобченко Е.Е., Ничипорова И.П. Типы кислородного режима рек бассейна Оби // География и природные ресурсы (Новосибирск). № 3. 2013. С. 69-76.

4. Речкалов В. В., Захаров С. Г., Сайфуллина И. Т. Распределение кислорода в толще воды озера Смолино в подледный период // Вестник Челябинского государственного университета. № 8 (189). 2010. С. 72–76.
5. Здоровеннов Р. Э., Здоровеннова Г. Э., Пальшин Н. И., Тержевик А.Ю. Изменчивость термического и кислородного режимов мелководного озера зимой //Труды Карельского научного центра РАН, № 4. 2011. С. 57–63.
6. Китаев А.Б. Кислородный режим Камского и Воткинского водохранилищ в условиях современной техногенной нагрузки //Фундаментальные исследования №5. 2009. С. 1-2.

Афонькина М.А., магистрант I курса СПбГТУРП

Битеева К.Э., бакалавр II курса СПбГТУРП

Морева Ю.Л., доцент СПбГТУРП

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД НА ТЭЦ

В настоящее время невозможно представить жизнь города без горячего водоснабжения и отопления, и как следствие, без объектов топливно-энергетического комплекса. На ТЭЦ образуются следующие основные потоки нефтесодержащих сточных вод:

- подтоварные воды, которые образуются при прогреве мазута и содержат взвешенные вещества, нефтепродукты;
- поверхностные, талые и поливомоечные воды, загрязненные нефтепродуктами и взвешенными веществами.

На большинстве ТЭЦ основное топливо – газ, но в качестве резервного или аварийного, как правило, используется мазут. Оптимальная температура хранения мазута в резервуарах 60 °С, поэтому емкости хранения постоянно прогревают. При прогреве мазута образуются подтоварные воды. Из-за большей, чем у мазута, плотности, подтоварная вода скапливается в нижней

части резервуара, откуда отводится на очистку. Эти сточные воды характеризуются высокой концентрацией нефтепродуктов ($100 - 500 \text{ мг/дм}^3$).

Для снижения концентрации нефтепродуктов в подтоварной воде сегодня предлагают установить фильтры у резервуаров хранения мазута, которые позволяют уловить и вернуть в емкости мазут, а также на 90 % снизить концентрации нефтепродуктов и взвешенных веществ в сточной воде. Например, установить фильтр по патенту РФ № 2508150 ООО "Технология" [1], который представлен на рисунке. Эффективность очистки у этого фильтра по нефтепродуктам - 99,7 %, по взвешенным веществам – 99,5 %. Принцип действия следующий: подтоварные воды последовательно очищаются от механических загрязнений в центробежном поле, фильтрацией через фильтрующий материал в потоке, направленном против направления действия силы тяжести с одновременной очисткой фильтрующего материала от отделенного осадка взвешенных веществ вращающимся потоком очищаемой жидкости, фильтрацией через фильтрующий материал в потоке, совпадающем с направлением действия силы тяжести, и фильтрацией через коалесцентный фильтр. Отделенный нефтепродукт возвращается в мазутный бак, а вода поступает на дальнейшую очистку.

Дальше предварительно очищенная подтоварная вода проходит совместную очистку с поверхностными сточными водами, которые из-за неравномерности их образования предварительно накапливаются в аккумулирующем резервуаре. Выбор методов и решений для очистки нефтесодержащих сточных вод определяется не только фазово-дисперсным состоянием примесей загрязняющих веществ, но и технико-экономическими показателями.

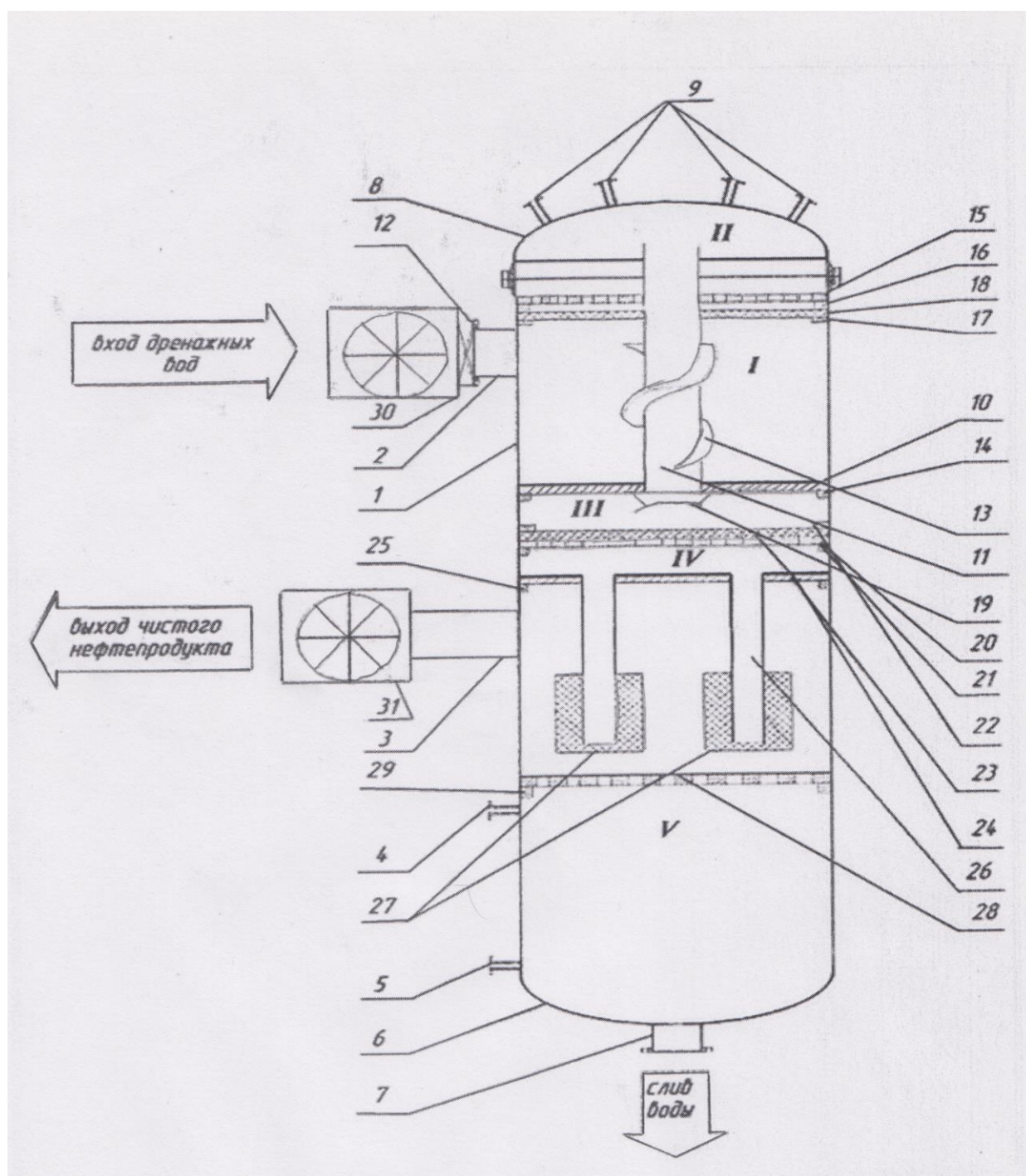
Так для ТЭЦ с площадью менее 3 га оптимальным решением является очистка нефтесодержащих сточных вод на фильтре доочистки. Фильтры могут быть загружены полимерным материалом (например, Пенопорум®, сорбционная емкость которого по нефтепродуктам более 70 кг/кг [2]) со стационарным узлом регенерации, который позволит вернуть нефтепродукты в производство и восстановить свойства сорбента без дополнительных за-

трат, либо биосорбентом, например, С-ВЕРАД [3]. Внедренные в биосорбент С-ВЕРАД окисляющие нефтепродукты бактерии увеличивают срок службы сорбента за счет процесса саморегенерации.

Для котельных с площадью 3-10 га оптимальным и быстрым решением очистки нефтесодержащих сточных вод являются модульные установки. Они компактны, работают в широком диапазоне расхода сточных вод (от 2 до 50 л/с). Модульные установки могут быть установлены на любой местности в надземном, подземном исполнении и укомплектованы дополнительными блоками для глубокой очистки воды.

Крупные ТЭЦ с площадью в несколько десятков га устанавливают систему очистки нефтесодержащих сточных вод с целью повторного использования очищенной воды на предприятии. Первой ступенью очистки являются аккумулирующие резервуары, которые могут быть представлены тонкослойными нефтеловушками с перекрестным движением воды и осадка, в которых будет удаляться основная масса загрязняющих веществ.

Вторая ступень – очистка воды флотацией и фильтрацией, например, на флотофилтре [4], в котором идут два процесса: напорная флотация и фильтрация. Такой вид флотации прост, надежен в эксплуатации, имеет более широкий диапазон применения, поскольку позволяет регулировать степень перенасыщения воды воздухом в соответствии с требуемой эффективностью. Основная масса загрязнений (свыше 95 %) удаляется из воды именно напорной флотацией. Очищенная напорной флотацией вода под действием силы тяжести проходит через фильтрационную часть установки. Таким образом, на фильтрацию поступает только 3-5 % взвешенных веществ, соответственно снижается нагрузка на песок, и время работы фильтра до прекращения фильтрации значительно увеличивается. Столь низкая нагрузка на песок позволила сократить его слой до 0,6 - 0,8 м, и это значительно облегчает промывку. При этом экономится вода и энергия, а также сокращается время промывки.



1- корпус; 2- входной штуцер; 3- штуцер для выхода очищенного нефтепродукта; 4- штуцер для верхнего датчика уровня раздела сред; 5- штуцер для нижнего датчика уровня раздела сред; 6- сферическое днище; 7- штуцер для слива отделенной от нефтепродуктов воды; 8- съемная крышка; 9- штуцера для контрольно-измерительной аппаратуры и подвода инертного газа для проверки герметичности устройства; I камера: 10- глухое днище; 11- сливная труба; 12- регулирующий ширину входной щели шибер; 13- завихритель; 14- опорное кольцо; 15 - «ложное» днище; 16 - опорное кольцо; 17- прижимное кольцо; 18- фильтрующий материал; II-III камера: 19 - отражатель потока; 20- «ложное» днище; 21- опорное кольцо; 22- прижимное кольцо; 23- фильтрующий материал; IV камера: 24- «ложное» днище; 25- опорное кольцо; V камера: 26- штуцера; 27- коалесцентные полимерные фильтрэлемнты; 28- успокоитель; 29- опорное кольцо; 30- напорный насос; 31- подкачивающий насос

Третья ступень очистки – доочистка до допустимых концентраций на адсорбционном фильтре.

Рынок сорбентов для удаления нефтепродуктов огромен, выбор и обоснование конкретного сорбента можно делать только на основе учета большого количества факторов, таких как экологические, технологические, экономические и многие другие.

Библиографический список

1. Пат. № 2508150 Способ очистки дренажных вод емкостей хранения нефтепродуктов и устройство для его осуществления. / О.В. Барзинский; заявл. 28.04.2012; опубл. 27.02.2014. Бюл. № 6.

2. Сайт научно-исследовательское учреждение Институт прикладных физических проблем имени А.Н. Савченко. Высокоэффективный сорбент Пенпорум. [Электронный ресурс] URL: <http://niipfp.bsu.by/index.php/oborud/penoporum>.

3. Сайт ПРИОРИТЕТ INTERNATIONAL Экологическая и промышленная безопасность. БИОСОРБЕНТ С-ВЕРАД для фильтров [Электронный ресурс] URL <http://www.sverad.ru>.

4. Пат. № 2347751 Устройство для очистки сточной воды/ Э.Л. Аким и др.; заявл. 02.04.2007 ; опубл. 27.02.2009. Бюлл. №6

Петрова А.В., студент V курса СПбГТУРП

Афонькина М.А., магистрант I курса СПбГТУРП

Морева Ю.Л., доцент СПбГТУРП

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОГО ВЫДЕЛЕНИЯ СУЛЬФАТНОГО ЛИГНИНА НА ТРЕКОВЫХ МЕМБРАНАХ

Сульфатный лигнин (СЛ) – основное загрязняющее вещество щелоко-содержащих сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности. Он прак-

тически не разлагается при традиционной биологической очистке сточных вод и поступает в водные объекты. СЛ представляет серьезную угрозу для водных экосистем, за счет роста цветности воды и уменьшения концентрации растворенного в ней кислорода.

Целью данной работы являлось исследование механизмов ультрафильтрационного выделения СЛ в широком диапазоне его концентраций (10, 20, 50, 100 мг/л) и pH (от 2,0 до 9,0).

В качестве объекта исследования был выбран сульфатный лигнин Се-гежского ЦБК. В работе были использованы лавсановые трековые мембраны с размером пор 30 нм производства Объединенного института ядерных исследований г. Дубна. Исследуемые системы готовили методом «мгновенного смешения». Ультрафильтрация проводилась через предварительно промытые трековые мембраны под давлением 0,14 МПа в тупиковом режиме без перемешивания. Определение содержания сульфатного лигнина проводилось спектрофотометрическим методом при $\lambda=280$ нм. Все исследования проводились при степенях отбора от 4 до 96 %.

По экспериментальным данным были рассчитаны следующие характеристики:

1. Селективность мембраны:

$$\varphi = \left(1 - \frac{D_{\phi}}{D_0} \right) \cdot 100\% ,$$

где D_{ϕ} и D_0 – оптическая плотность порции фильтрата (4 мл) и исходного раствора.

2. Степень отбора пробы:

$$\text{Степень отбора} = (V_{\phi} / V_{\text{пробы}}) \cdot 100 \% ,$$

где V_{ϕ} – объем фильтрата, $V_{\text{пробы}}$ – объем фильтруемого раствора (пробы, помещенной в фильтрационную ячейку).

В результате проведенного исследования были получены зависимости селективности мембраны от степени отбора при разных pH, объемах пробы и концентрациях СЛ, некоторые из них представлены на рис.1 и 2.

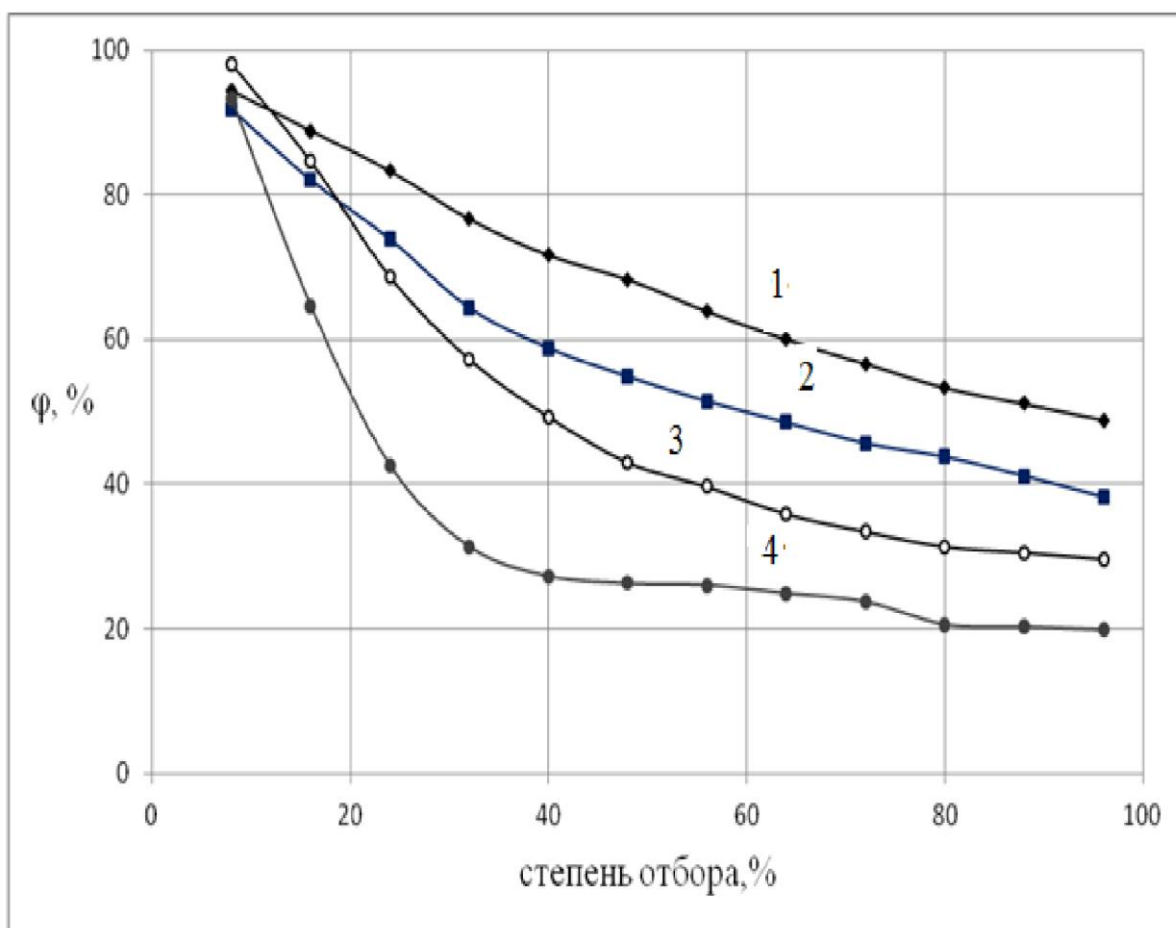


Рис. 1. Зависимость селективности мембраны от степени отбора и концентрации СЛ: 1- 10 мг/л, 2 – 20 мг/л, 3 – 50 мг/л, 4 – 100 мг/л при рН 9, V= 50 мл

Как видно из зависимости, представленной на рис. 1, селективность мембраны зависит от концентрации фильтруемой пробы. При увеличении концентрации СЛ, вследствие сжатия двойного электрического слоя в порах, происходит уменьшение селективности мембраны.

Селективность мембраны при ультрафильтрации дисперсии СЛ зависит и от рН (рис. 2). При понижении рН увеличивается задержка СЛ, вследствие образования на поверхности мембраны слоя геля, происходит увеличение селективности. В области рН от 9 и до 6 преобладает «зарядовый» механизм селективной проницаемости, а начиная с рН 6 и до 2 возрастает роль «ситового» механизма фильтрационной задержки СЛ.

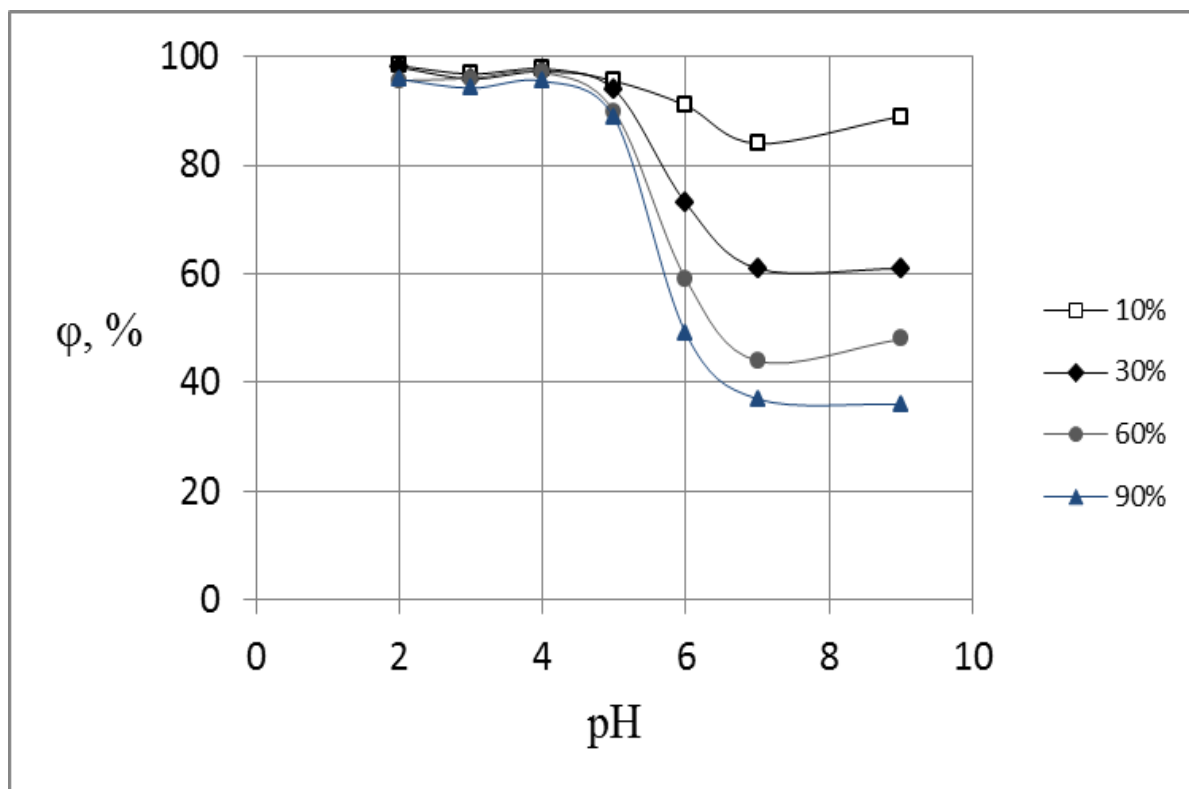


Рис. 2. Зависимость селективности от pH при различных степенях отбора при объеме пробы 100 мл

В области pH 4-2 ни объем исследуемой пробы, ни степень отбора, ни концентрация СЛ над мембраной практически не оказывают влияния на селективность ультрафильтрации.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы:

- При ультрафильтрации растворов СЛ через трековые мембраны из лавсана (диаметр капилляра 30 нм) действуют «зарядовый» и «ситовый» механизмы селективной проницаемости мембраны.
- Полученные результаты представляют интерес как для фундаментальной науки, так и для решения прикладных задач, например, при проектировании ультрафильтрационных установок для доочистки воды от СЛ.

Коваль О.Н., магистрант II курса СПбГТУРП
Афонькина М.А., магистрант I курса СПбГТУРП
Захарова О.Д., бакалавр III курса СПбГТУРП
Морева Ю.Л., доцент СПбГТУРП

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ ТРЕКОВЫХ МЕМБРАН

Мембранная фильтрация сегодня занимает одно из ведущих мест и применяется во многих отраслях промышленности – пищевой, перерабатывающей, фармацевтической, биотехнологической, химической и нефтехимической. Механизмы управления процессами мембранного разделения на уровне атомов и молекул до настоящего момента еще не полностью изучены. На разделение смеси в процессах обратного осмоса, нано- и ультрафильтрации оказывают влияние множество факторов (природа раствора и мембраны, наличие электролитов, pH раствора, наличие заряда отделяемых частиц и мембраны и т.д.).

Целью данной работы является проведение исследований электроповерхностных свойств лавсановых трековых мембран (полиэтиленетеррафторат, ПЭТФ ТМ).

В рамках данной работы снималась зависимость потенциала течения E_S от давления, концентрации раствора NaCl (10^{-5} М – 10^{-1} М). Для проведения эксперимента ($P < 0,5$ ат) мембрана зажималась во фланцах между двумя резиновыми прокладками и помещалась в ячейку для измерения потенциала течения в мембранах при малых давлениях.

Значения потенциалов течения E_S измерялись между двумя хлорсеребряными электродами, расположенными около концов капилляра в растворе, с помощью электрометра ЭД-05М (погрешность измерения не превышала 2-5 %) и регистрировались самописцем КСП-4. Давление на систему подавалось с помощью ручного насоса и измерялось с помощью ртутно-

го манометра (точность 0,05 см рт.ст.). Исследуемый диапазон давлений составлял 0 ÷ 35 см рт.ст.

На основании полученных значений E_s по формуле Гельмгольца-Смолуховского рассчитывались значения электрокинетического потенциала:

$$\zeta^0 = \frac{E_s \cdot \chi_v \cdot \eta}{P \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0},$$

где E_s – потенциал течения, χ_v – удельная электропроводность раствора,

ε_0 – диэлектрическая проницаемость вакуума, ε – диэлектрическая проницаемость раствора, η – вязкость раствора, P – приложенное давление.

Для учета поверхностной проводимости в уравнение Гельмгольца-Смолуховского был введен коэффициент эффективности (α), учитывающий вклад ионов ДЭС в проводимость:

$$\zeta = \alpha \cdot \zeta^0, \quad \alpha = \frac{\chi_m \cdot \beta}{\chi_v},$$

где β – коэффициент структурного сопротивления, ; χ_m – удельная электропроводность мембраны.

Коэффициент β характеризует вклад в электропроводность непроводящего скелета мембраны и определяется в отсутствие вклада ионов ДЭС в электропроводность. По физическому смыслу величина β обратно пропорциональна объемной пористости. Величину β определяли из измерений χ_m в 0,1 М растворе NaCl.

В результате проведенных исследований были рассчитаны значения электрокинетического потенциала с учетом поправки на поверхностную проводимость, также был проведен расчет электрокинетического потенциала с учетом перекрывания ДЭС в рамках модели Левина и электрокинетический потенциал, рассчитанный с учетом поправки на перекрывание ДЭС и на поверхностную проводимость.

В таблице представлены величины электрокинетического потенциала, рассчитанные без учета поправок и с учетом поправок.

Концентрация NaCl, М	ζ° , мВ	$\zeta^\circ \cdot \alpha$, мВ	ζ^* (кВ), мВ, при $r=15$ нм	$\zeta^* \alpha$ (кВ α), мВ, при $r=15$ нм
10^{-5} (1-е измерение α)	0,6	24,3		
10^{-5} (последнее измерение α)	0,6	12,7	27,9	
10^{-3}	3,8	24,1	16,4	80,2
10^{-2}	14,2	28,2	22,5	37,7
10^{-1}	27,9	28,4	31,7	32,3

В результате исследований электроповерхностных свойств ПЭТФ ТМ определено, что для нахождения корректных значений электрокинетического потенциала необходимо вводить в расчет поправки на поверхностную проводимость и перекрывание ДЭС. ζ -потенциал (определялся методом потенциала течения) увеличивается с увеличением концентрации фильтруемого электролита ($\text{NaCl } 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}$ М), что согласуется с общепринятыми представлениями о свойствах ДЭС.

Полученные результаты исследования представляют интерес для фундаментальной науки и помогут понять механизмы фильтрации и спрогнозировать процессы разделения веществ на ПЭТФ ТМ.

Наволоцкая А.Н., студентка V курса СПбГТУРП

Жвакунова О.С., студентка V курса СПбГТУРП

Битеева К.Э., бакалавр II курса СПбГТУРП

Морева Ю.Л., доцент СПбГТУРП

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ НА УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИОННОЕ ВЫДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ЛИГНИНОВ НА ТРЕКОВЫХ МЕМБРАНАХ

Мембранные технологии являются перспективными практически для всех отраслей народного хозяйства. Они позволяют решать вопросы очистки воды и одновременно осуществлять концентрирование и извлечение из сточных вод ценных растворенных веществ, а также очищать воду от взвешенных веществ до бактерий, органических и неорганических компонентов. Большинство мембранных аппаратов работает в тангенциальном режиме фильтрования и реже - в тупиком, но с обязательной установкой перемешивающих устройств.

Перспективным методом очистки сточных вод ЦБП от технических лигнинов является мембранная фильтрация. Для того чтобы установить оптимальные условия фильтрации, необходимо провести исследования влияния различных параметров ультрафильтрации на выделение технических лигнинов. В СПбГТУРП проведено исследование влияния перемешивания на процесс ультрафильтрационного выделения растворов сульфатного лигнина Сежежского ЦБК (СЛ) и технического лигносульфоната натрия (ЛС), полученного ОАО «Сясьский ЦБК», на трековых мембранах с диаметром пор 30 нм. Изучено влияние перемешивания на селективность мембраны в широком диапазоне pH (от 2 до 8,0) при концентрации технических лигнинов 10 мг/л. Определена производительность процесса фильтрации. Все исследования проведены при степенях отбора от 4 до 80 % при постоянном давлении 0,14 МПа. По экспериментальным данным рассчитаны коэффициент селективно-

сти мембраны, степень отбора пробы, производительность фильтрации. В результате проделанной работы сделаны следующие выводы:

- при ультрафильтрации технических лигнинов (10 мг/л) через трековые мембраны из лавсана (диаметр капилляра 30 нм) перемешивание оказывает влияние на селективность мембраны;

- селективность мембраны из лавсана при ультрафильтрации растворов ЛС и СЛ (в щелочной области рН) при перемешивании практически не зависит от степени отбора. Процесс перемешивания уменьшает явление концентрационной поляризации и селективность не уменьшается, как в случае без перемешивания;

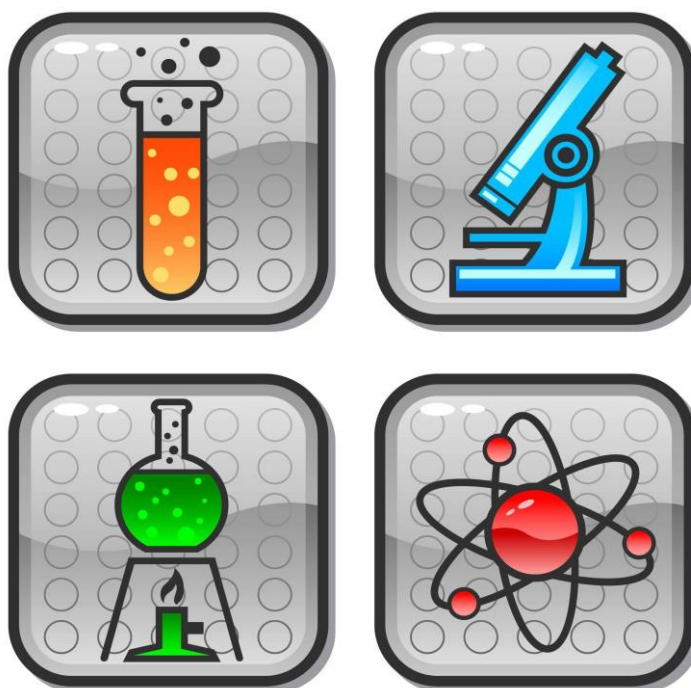
- перемешивание не оказывает влияния на коэффициент фильтрации;

- при ультрафильтрации растворов СЛ через трековые мембраны в области рН от 4 до 2 перемешивание приводит к уменьшению селективности мембраны, за счет разрушения образующихся агрегатов СЛ.

Материалы студенческой
научно-практической конференции

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

(Санкт-Петербург, 21-22 мая 2015 года)



Спирягина М.Н., студент III курса СПбГТУРП

Кузнецова М.С., студент III курса СПбГТУРП

Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП

ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКТИВНОЙ ЩЕЛОЧИ В ВАРОЧНЫХ ЩЕЛОКАХ

Варочный щелок сульфатцеллюлозного производства - это смесь органических продуктов распада древесины и неорганических веществ, главными из которых являются едкий натр, сульфид, карбонат и сульфат натрия. Содержание в варочном щелоке сульфида натрия и активной щелочи - важные показатели варочного процесса. В производственных условиях необходимы быстрые и точные методы определения содержания активной щелочи и сульфида натрия в варочных растворах.

Сущность предлагаемого метода состоит в следующем: производят два потенциометрических титрования проб щелока (после прибавления раствора хлорида бария к каждой из них) - одно с использованием в качестве индикаторного стеклянного рН-электрода, другое - сульфидсеребряного [1-3]. В первом случае определяют эффективную щелочь, во втором - содержание сульфида натрия. На основании полученных данных рассчитывают содержание активной щелочи и сульфида.

В данной работе представлены результаты определения эффективной щелочи с использованием установки для потенциометрического титрования, представленной на рис.1 [3]. Проводили кислотно-основное титрование проб черного щелока [2].

Для измерения рН в качестве индикаторного использовали стеклянный электрод, который относится к мембранным ионоселективным электро-

дам. Для измерения потенциала индикаторного электрода в качестве электрода сравнения применяли насыщенный хлорсеребряный электрод.

Реактивы: соляная кислота - 0,1 н раствор;

хлорид бария - 10 % - й раствор.

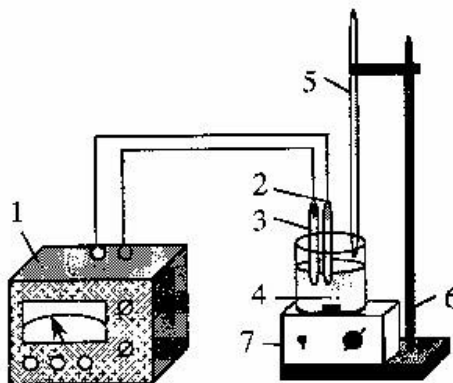


Рис.1. Установка для потенциометрического титрования:

1 – рН-метр; 2 – стеклянный электрод; 3 – электрод сравнения (хлорсеребряный); 4 – ячейка с раствором; 5 – бюретка; 6 – штатив; 7 – магнитная мешалка

Экспериментальная часть

Ход определения: пробу черного щелока разбавляли в 50 раз, для чего в мерную колбу на 50 см³ помещали 1 см³ исходного черного щелока и доводили содержимое колбы до метки, затем в стакан для титрования, содержащий приблизительно 85 см³ воды, вносили 1 см³ варочного щелока и 15 см³ раствора хлорида бария. Погружали в полученный раствор рН-электрод и электролитический ключ электрода сравнения, подключали систему к рН-метру и при перемешивании титровали раствор 0,1 н соляной кислотой до значений рН 9,6 - для щелоков зон загрузки верхней и нижней варочных; рН 9,3 - для щелока на выпарку. Отмечали израсходованный объем титранта ($V_{\text{экв}}$).

По полученным данным рассчитывали массу эффективной щелочи $m_{\text{эфф.щ}}$ по формуле

$$m_{\text{эфф.щ}} = V_{\text{экв}} * C_N * M_{\text{Э}}, \text{ мг},$$

где $V_{\text{экв}}$ – объем титранта в точке эквивалентности, см³;

C_N – концентрация титранта, моль/дм³;

$M_{\text{Э}}$ – масса эквивалента, г/моль_Э.

Для нахождения точки эквивалентности использовали дифференциальную кривую потенциометрического титрования [2, 4]. На точку эквивалентности указывает максимум полученной кривой, а отсчет по оси абсцисс, соответствующий этому максимуму, дает объем титранта, израсходованного на титрование пробы до точки эквивалентности.

На рис. 2 изображена полученная в процессе титрования дифференциальная кривая, по максимуму которой находили точку эквивалентности в интервале рН 6,39-8,53.

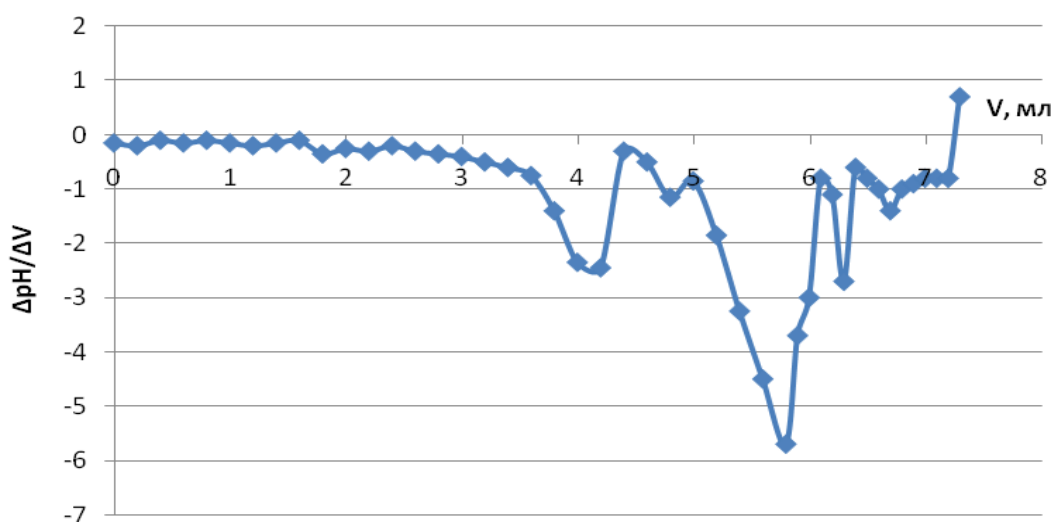


Рис.2. Дифференциальная кривая титрования черного щелока, разбавленного в 50 раз 0,1н соляной кислотой

Найденный по графику объем титранта составил $V_{\text{экр}} = 5,9 \text{ см}^3$. По полученным данным рассчитали массу эффективной щелочи по формуле:

$$m_{\text{эф.щ}} = V_{\text{экр}} * C_N * M_{\text{Э}} = 5,9 * 10^{-3} * 0,1 * 40 = 0,024 \text{ г} = 24 \text{ мг.}$$

Библиографический список

1. Дмитриев И.Н., Комиссаренков А.А. Электрохимические методы анализа: практика, применение в ЦБП: учебно-методическое пособие/ СПбГТУРП. - СПб., 2012. - 96 с.
2. Комиссаренков А.А., Пругло Г.Ф., Фёдоров В.А. Потенциометрия: учебно-методическое пособие/ СПбГТУРП.- СПб., 2013.- 64 с.

3. Дмитриевич И.Н., Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В., Комиссаренков А.А. Физико-химические методы анализа. Часть I. Электрохимические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения/ СПбГТУРП.- СПб., 2014. - 77 с.
4. Федоров В.А., Комиссаренков А.А. Расчет и построение кривых титрования в объемном методе анализа: методическое пособие / СПбГТУРП.- СПб., 2012. – 56 с.

УДК 543.06 (075)

Сизова А.О., студентка V курса СПбГТУРП
Лебедева Е.А., студентка IV курса СПбГТУРП
Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕДИ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

Медь является тяжелым металлом и относится к числу основных показателей, контролируемых органами санитарно-эпидемиологического надзора. Содержание ионов меди в природных и сточных водах нормируется величиной ПДК, равной 1 мг/дм³. Важное значение имеет аналитический контроль содержания меди в целлюлозно – бумажном производстве на стадии отбелики целлюлозы озоном или пероксидом водорода. Выполняя роль катализатора разложения отбеливающих реагентов, ионы меди способствуют окислительной деструкции целлюлозы, что отрицательно влияет на качество блененого полуфабриката и значительно увеличивает расход дорогостоящих отбеливающих реагентов. Кроме того, в практике заводских и исследовательских лабораторий лесопромышленного комплекса широко используются медьсодержащие препараты: реактив Фелинга для определения редуцирующих веществ в гидролизатах и медно-аммиачный раствор для определения степени полимеризации целлюлозы [1,2]. При этом успешность анализа во

многое зависит от стабильности используемых реактивов, что определяет необходимость проведения периодического контроля содержания в указанных препаратах ионов меди.

В качестве аналитических методов на практике чаще всего применяется классическая методика йодометрического титрования, метод амперостатической кулонометрии или фотоэлектроколориметрии.

В данной работе проводили количественное определение меди в пробе сточной воды химического корпуса университета растительных полимеров экстракционно-фотометрическим методом [1, 3, 4].

Величина допустимой концентрации меди на сбросе в систему водоотведения, утвержденная Водоканалом, составляет 0,5 мг/дм³.

Фотометрический метод определения массовой концентрации ионов меди основан на взаимодействии диэтилдитиокарбамата свинца в хлороформе с ионами меди в кислой среде (рН 1,0 - 1,5) с образованием диэтилдитиокарбамата меди, окрашенного в желто-коричневый цвет, с максимумом светопоглощения при $\lambda = 430$ нм.

Экспериментальная часть

Содержание меди определяли в пробе сточной воды химического корпуса СПбГТУРП по утвержденной методике, предназначенной для анализа сточных вод [1]. Пробу с высоким содержанием органических веществ, мешающих определению, минерализовали выпариванием с азотной и серной кислотами. К отмеренному объему пробы, равному 25 см³, прилили 2 см³ концентрированной серной кислоты и 5 см³ концентрированной азотной кислоты и выпарили до появления белого дыма серной кислоты. Раствор получился непрозрачный, потому прибавили еще 5 см³ азотной кислоты и вновь выпарили до появления паров серной кислоты. Затем сухой остаток растворили, добавив в стакан 100 см³ дистиллированной воды. Полученные 100 см³ поместили в делительную воронку вместимостью 200 см³, прилили 5 капель разбавленной соляной кислоты и ввели из бюретки точно 2 см³ раствора диэтилдитиокарбамата свинца в тетрахлориде углерода. Смесь энергично

встряхивали 2 мин. После разделения слоёв слили органический слой в кювету и определили оптическую плотность при длине волны 430 нм по отношению к раствору диэтилдитиокарбамата свинца. Толщина оптического слоя в кювете составляла 5 мм. Содержание меди нашли по градуировочному графику, рассчитали погрешность измерения в соответствии нормами погрешности, приведенными в методике измерений.

Величина оптической плотности составила 0,023.

Содержание меди в пробе (мг/дм³) рассчитывали по формуле

$$X = \frac{A \cdot 100}{V},$$

где А – концентрация меди, найденная по градуировочному графику, мг/дм³;

V – объем пробы, взятый для анализа, см³;

100 – объем, до которого разбавлена проба, см³.

Концентрация меди в данной пробе составила $0,0178 \pm 0,0036$ мг/дм³, что значительно ниже установленной нормы.

Библиографический список

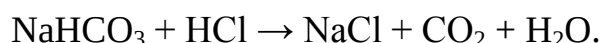
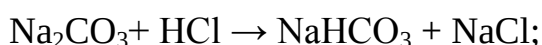
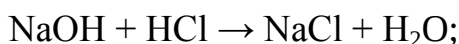
1. ПНД Ф 14.1:2.48-96 Количественный химический анализ воды. Методика выполнения измерений массовой концентрации ионов меди в природных и сточных водах фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом свинца.- М. 1996.
2. Голосницкая В.А. Анализ природных и сточных вод – Новочеркасск: Химия, 1979. – 84 с.
3. Пругло Г.Ф., Комисаренков А.А., Федоров В.А. Оптические методы анализа: учебно-методическое пособие/СПбГТУРП.- СПб., 2010.-52 с.
4. Дмитриевич И.Н., Пругло Г.Ф., Фёдорова О.В., Комиссаренков А.А. Физико-химические методы анализа. Ч.II. Оптические методы анализа: учебное пособие для студентов заочной формы обучения/ СПбГТУРП. –СПб., 2014.- 39 с.

*Кнутов А.С., студент IV курса СПбГТУРП**Тишкин А.М., студент IV курса СПбГТУРП**Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП*

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ NaOH С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКОГО ТИТРОВАНИЯ СОДЫ И ЩЕЛОЧИ ПРИ ИХ СОВМЕСТНОМ ПРИСУТСТВИИ

В данной исследовательской работе мы определяли концентрации растворов щелочи (NaOH), использующихся в лаборатории в качестве стандартных, с целью выяснения срока годности данных растворов. Для этого использовали метод потенциометрического титрования [1, 2]. В качестве анализируемых растворов были выбраны два рабочих раствора щелочи (NaOH), приготовленные шесть месяцев назад, в качестве титранта использовали стандартный раствор HCl с концентрацией 0,1Н.

В процессе титрования возможны следующие реакции:



По экспериментальным данным были построены графики зависимости $\text{pH}=f(V)$ и $\Delta\text{pH}/\Delta V=f(V)$. Точку эквивалентности определяли графически по скачку на дифференциальной кривой. Результаты представлены на рис. 1 и рис. 2.

Как следует из рисунков, дифференциальные кривые титрования обоих растворов имеют два максимума, свидетельствующие о присутствии в растворах помимо щелочи NaOH некоторого количества соды Na_2CO_3 , образующейся при поглощении раствором щелочи диоксида углерода воздуха.

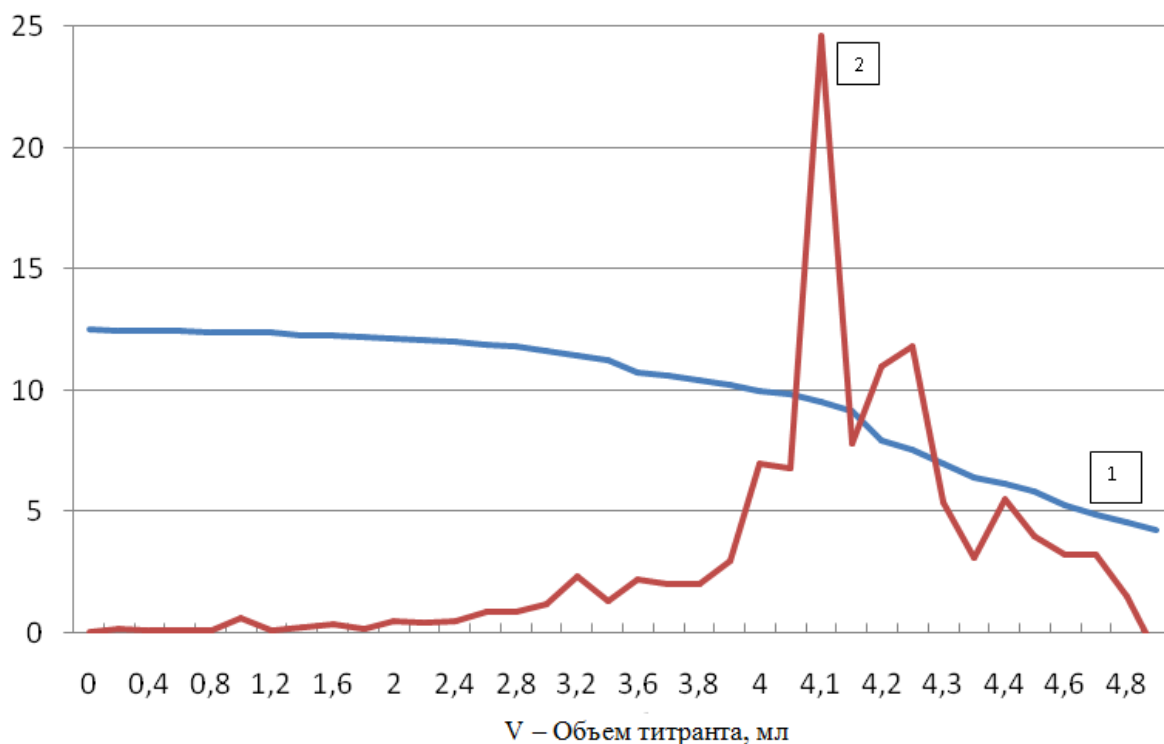


Рис. 1. Кривые титрования раствора №1: 1-интегральная кривая;
2-дифференциальная кривая

Объем раствора титранта, пошедшего на титрование до первой точки эквивалентности, состоит из объема раствора титранта, затраченного на титрование всего количества щелочи, и объема титранта, затраченного на титрование половины соды (Na_2CO_3 до NaHCO_3). Разность объемов между второй и первой точками эквивалентности соответствует объему титранта, затраченного на титрование второй половины соды (NaHCO_3 до CO_2 и H_2O).

Расчет концентрации NaOH проводили по формуле

$$C(\text{NaOH}) = C(\text{HCl}) \cdot [2V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] / V(\text{NaOH}), \text{ моль/дм}^3,$$

где $C(\text{HCl})$ – концентрация титранта (HCl), которая равна $0,1 \text{ моль/дм}^3$;

$V_1(\text{HCl})$ – объем титранта, пошедший на титрование до первой точки эквивалентности, см^3 ;

$V_2(\text{HCl})$ – объем титранта, пошедший на титрование до второй точки эквивалентности, см^3 ;

$V(\text{NaOH})$ – объем пробы щелочи, который составлял 5 см^3 .

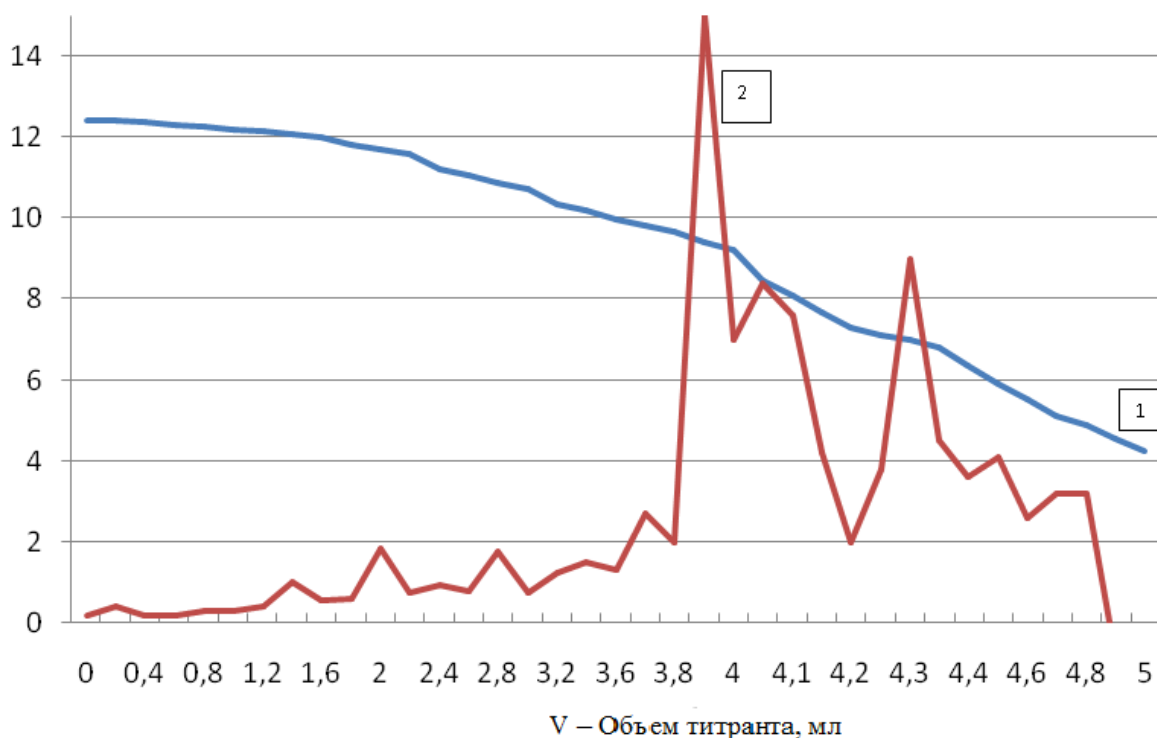


Рис. 2. Кривые титрования раствора №2: 1-интегральная кривая;
2-дифференциальная кривая

Расчет концентрации Na_2CO_3 проводили по формуле

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C(\text{HCl}) \cdot 2[V_2(\text{HCl}) - V_1(\text{HCl})] / V(\text{NaOH}).$$

Массу NaOH и Na_2CO_3 в 1 дм^3 раствора находили по формулам:

$$m(\text{NaOH}) = [V_2 - 2(V_2 - V_1)] \cdot C(\text{HCl}) \cdot M(\text{NaOH}) \cdot (V_k / V_{\text{пр}}), \text{ мг},$$

где V_1 - объем титранта, пошедший на титрование до первой точки эквивалентности, см^3 ;

V_2 - объем титранта, пошедший на титрование до второй точки эквивалентности, см^3 ;

$M(\text{NaOH})$ – молярная масса NaOH , г/моль ;

$(V_k / V_{\text{пр}})$ – фактор аликвотности .

$$m(\text{Na}_2\text{CO}_3) = 2(V_2 - V_1) \cdot C(\text{HCl}) \cdot M_3(\text{Na}_2\text{CO}_3) \cdot (V_k / V_{\text{пр}}), \text{ мг},$$

где $M_3(\text{Na}_2\text{CO}_3)$ – молярная масса эквивалента Na_2CO_3 , г/моль_э .

Полученные результаты представлены в таблице.

**Результаты определения концентрации C_N и массы
щелочи NaOH и соды Na_2CO_3 в стандартных растворах и pH растворов**

Раствор	C_N , моль/дм ³		pH		Масса, мг	
	Точка 1	Точка 2	Точка 1	Точка 2	NaOH	Na_2CO_3
№ 1	0,0780	0,006	8,52	4,7	62,4	3,36
№ 2	0,0700	0,018	8,92	4,65	56	1,01

Выводы

Найдено, что в рабочих растворах, помимо NaOH, содержится также и Na_2CO_3 , который оказывает отрицательное влияние при титровании кислот и делает результаты некорректными. Для того чтобы этого избежать, необходимо делать проверку концентрации рабочих растворов и при необходимости готовить новые.

Библиографический список

1. Комиссаренков А.А., Пругло Г.Ф., Федоров В.А. Потенциометрия: учебно-методическое пособие/ СПб ГТУРП. - СПб., 2013. - 64 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. В 2 кн. Кн. 2. Физико-химические методы анализа: учебник для студ. вузов, обучающихся по химико-технол. спец. -5-е изд., стереотип. - М.: Дрофа, 2005. -383 с.

Борисова Д.М., студентка IV курса СПбГТУРП

Никифорова Т.А., студентка III курса СПбГТУРП

Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП

ФОТОМЕТРИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАССОВОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЛИГНОСУЛЬФОНАТА НАТРИЯ

Лигносульфонаты представляют собой природные водорастворимые сульфопроизводные лигнина. Это смесь различных солей (в основном, натриевых) лигносульфоновых кислот с обильной примесью редуцирующих и минеральных веществ. Они являются анионными поверхностно-активными веществами (ПАВ), бывают в жидкой и порошкообразной форме: жидкие - однородная вязкая жидкость темно-коричневого цвета, порошкообразные - порошок от светло-коричневого до тёмно-коричневого цвета.

Лигносульфонаты получают из лигнина (природного полимера, находящегося между клеток древесины и придающего прочность и эластичность древесным волокнам) методом обработки древесины растворами гидросульфитов щелочных металлов при 140 °С с последующим упариванием обессахаренного сульфитного щелока и выпускают в виде жидких и твердых концентратов, содержащих 50-92 % по массе сухого остатка.

Лигносульфонат натрия используется в пищевой промышленности в качестве пенообразователя, для производства бумаги и клея, а также других элементов, которые вступают в контакт с пищевыми продуктами. Он обладает антимикробными свойствами. Используется как консервант, как минеральный порошок, в качестве ингредиента в кормах для животных и в керамике. Он применяется в строительной, химической, текстильной (кожа), металлургической, нефтяной промышленности, а также в производстве огне-

защитных материалов, в вулканизации каучука и в органической полимеризации.

Он может использоваться в качестве связующего вещества для приготовления формовочных и стержневых смесей, в производстве чугуна, стали и цветных металлов, в качестве пенообразователя для кислотного травления металла, пластификатора для производства гипсокартонных листов, в качестве смазочной жидкости в охлаждающих смесях для горячей штамповки иковки. Лигносulfонат натрия используется как исходное сырье и диспергатор синтетических дубильных веществ. Кроме того - это редутор в добавках для бетона, помогает снизить необходимое количество воды в растворе, способствуют увеличению его срока годности. Может использоваться как адгезив в брикетировании.

Цель работы: освоить методику определения лигносульфоната натрия в пробах стоках целлюлозно-бумажного производства при массовой концентрации от 1,5 до 50 мг/дм³ с относительной погрешностью в границах $\pm 25\%$ фотометрическим методом. Фотометрический метод определения массовой концентрации лигносульфоната натрия основан на его взаимодействии с азотистой кислотой с образованием производных, имеющих желтую краску. Оптическую плотность нитропроизводных в щелочном растворе измеряют при длине волны $\lambda_{\max} = 430$ нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 50 мм.

Необходимые принадлежности:

- 1) фотоколориметр КФК-2;
- 2) раствор нитрата натрия, 10 %;
- 3) раствор уксусной кислоты, 10 %
- 4) раствор аммиака, 2 моль/дм³;
- 5) основной раствор лигносульфоната натрия, 1,00 г/дм³ приготовленный из товарного продукта D 800 ("Dowell Shlumberger").

Фотоэлектроколориметр КФК- 2 (рис. 1) – это измерительный прибор, разработанный специально для определения коэффициента пропускания, а также оптической плотности растворов жидкостей и твердых тел в от-

дельных участках диапазона длин волн от 315 до 980 нм, и может быть использован для определения концентрации веществ в растворах при помощи метода построения градуировочных графиков.

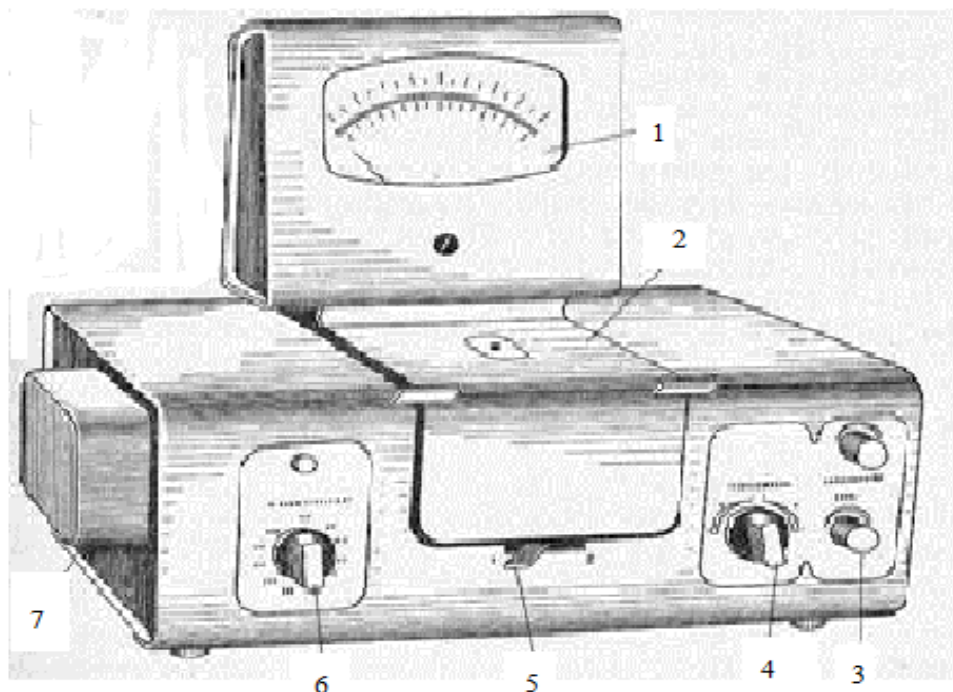


Рис. 1. Фотоэлектроколориметр КФК-2: 1- регистрирующий прибор; 2- кюветное отделение; 3- ручка установки нуля; 4- ручка компенсации; 5- рычаг перемещения кюветы; 6- ручка установки длины волны измерения; 7- источник излучения

Регистрирующий прибор в КФК-2 - микроамперметр типа М907 со шкалой 100 дел. или микроамперметр типа М 907-10 со шкалой, оцифрованной в коэффициентах пропускания и оптической плотности. Приемники излучения в КФК- 2: фотоэлемент Ф-26 для работы в спектральном диапазоне от 315 до 540 нм, фотодиод ФД-7К (ФД-24К) для работы в спектральном диапазоне от 590 до 980 нм. Весь спектральный диапазон в фотоколориметре КФК-2 разбит на спектральные интервалы, которые выделяются при помощи светофильтров.

Ход определения: для построения градуировочного графика готовили рабочий раствор лигносульфоната натрия, $0,10 \text{ г/дм}^3$, для чего в мерной колбе вместимостью 500 см^3 разбавляли дистиллированной водой 50 см^3 основного раствора лигносульфоната натрия, $1,00 \text{ г/дм}^3$. Раствор доводили до метки и перемешивали. Затем готовили градуировочные растворы: в ряд мерных колб вместимостью 100 см^3 помещали пипеткой $0; 1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 30,0 \text{ см}^3$ рабочего раствора лигносульфоната натрия и доводили дистиллированной водой до метки. Полученные градуировочные растворы с массовой концентрацией лигносульфоната натрия 0 (холостая проба); $1,0; 2,0; 5,0; 10,0; 15,0; 30 \text{ мг/дм}^3$, соответственно, перенесли в конические колбы, прибавили 2 см^3 раствора нитрита натрия, затем 2 см^3 раствора уксусной кислоты и тщательно перемешали. Через 15 мин прибавили 4 см^3 раствора аммиака.

Измерение оптической плотности проводили при длине волны 430 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 50 мм относительно холостой пробы не менее трёх раз. Результаты работы занесены в таблицу.

Результаты калибровки

№ колбы	Концентрация раствора, мг/дм^3	Объем колбы, см^3	Оптическая плотность
1	1,0	100	0,06
2	2,0	100	0,09
3	5,0	100	0,15
4	10,0	100	0,25
5	15,0	100	0,33
6	30,0	100	0,45

По полученным результатам построили градуировочный график - график зависимости оптической плотности раствора от концентрации (рис. 2).

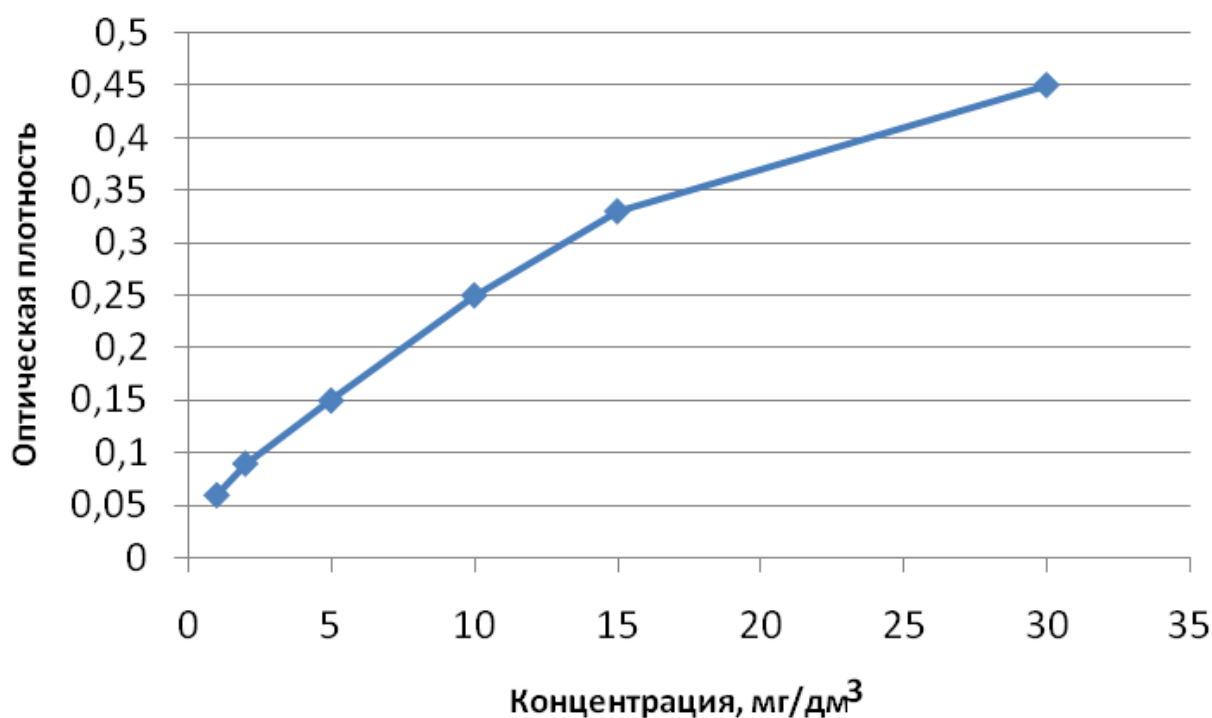


Рис. 2. График зависимости оптической плотности раствора от концентрации

Выполнение измерений: к 100 см³ анализируемой пробы прибавляют 2 см³ раствора нитрита натрия, затем 2 см³ раствора уксусной кислоты и тщательно перемешивают. Через 15 мин прибавляют 4 см³ раствора аммиака.

Измерение оптической плотности проводят при длине волны 430 нм, в кювете с толщиной поглощающего слоя 50 мм относительно холостой пробы не менее трёх раз. Массовую концентрацию лигносульфоната натрия в анализируемых пробах воды рассчитывают по формуле

$$C_{\text{пр}} = C/V \times 100, \text{ мг/дм}^3$$

где С – массовая концентрация лигносульфоната натрия, найденная по градуировочному графику, мг/дм³;

V – объём анализируемой пробы, см³.

Вывод: В ходе проведенного исследования мы получили график зависимости оптической плотности раствора лигносульфоната натрия от его концентрации, по которому выявили линейную зависимость между ними.

Последняя точка на данном графике не подчиняется линейной зависимости, так как при больших значениях концентрации раствора возможно отклонение от закона Бугера-Ламберта-Бера.

Библиографический список

1. Пругло Г. Ф., Комиссаренков А.А., Федоров В.А. Оптические методы анализа: учебно-методическое пособие/ СПбГТУРП. – СПб., 2010. – 52 с.
2. <http://www.lignosulfonate.ru/>

УДК 543.257.1

Сукач А.П., студент III курса СПбГТУРП

Кочетова А.А., студентка IV курса СПбГТУРП.

Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП

ПРОВЕРКА КОНЦЕНТРАЦИИ СТАНДАРТНЫХ РАСТВОРОВ NaOH МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТИТРОВАНИЯ

Проводили проверку концентрации имеющихся стандартных растворов NaOH , приготовленных шесть месяцев назад, с использованием метода высокочастотного титрования (ВЧТ). Высокочастотное титрование, как количественный метод анализа, представляет собой частный случай кондуктометрического титрования, при котором используют токи высокой частоты – от десятков тысяч Герц до сотен Мегагерц.

Кондуктометрия нашла широкое применение для исследования растворов, расплавов, твердых и жидких чистых веществ, для количественного анализа – в аналитической химии, а также для автоматизации технологических процессов с использованием разнообразных вариантов кондуктометрии.

При выполнении работы используют высокочастотные титраторы ТВ-6Л с емкостной ячейкой.

Особенность высокочастотного титратора состоит в том, что на четырехплечий мост попадает напряжение высокой частоты, а измерения напряжения разбаланса производятся на постоянном токе. Разбаланс четырехплечего моста, возникающий в процессе титрования в результате изменения сопротивления ячейки, фиксируется чувствительным индикатором нуля.

Проводили кислотно-основное титрование раствора - исследуемый раствор NaOH титровали 0,1 н раствором HCl, затем строили кондуктометрические кривые – зависимость показаний микроамперметра высокочастотного титратора от объема добавленного рабочего раствора HCl. По величине объема рабочего раствора, затраченного на титрование, в точке перегиба кривой, соответствующей точке эквивалентности, рассчитывали концентрацию исследуемого раствора. Полученные данные сверяли с первоначальной концентрацией исследуемого раствора.

Проводили проверку трех имеющихся стандартных растворов. Стандартные растворы имели концентрацию NaOH, равную 0,120 моль/дм³.

На полученных при титровании растворов кондуктометрических кривых можно выделить по два перегиба, соответствующих наличию в растворах как минимум двух веществ. Это может быть щелочь NaOH и, помимо NaOH, некоторое количество соды Na₂CO₃, образующейся при поглощении раствором щелочи диоксида углерода CO₂ из воздуха.

Объем раствора титранта, пошедшего на титрование до первой точки эквивалентности, состоит из объема раствора титранта, затраченного на титрование всего количества щелочи, и объема титранта, затраченного на титрование половины соды (Na₂CO₃ до NaHCO₃). Разность объемов между второй и первой точками эквивалентности соответствует объему титранта, затраченного на титрование второй половины соды (NaHCO₃ до CO₂ и H₂O).

Расчет концентрации NaOH проводили по формуле

$$C(\text{NaOH}) = C(\text{HCl}) \cdot [2V_1(\text{HCl}) - V_2(\text{HCl})] / V(\text{NaOH}), \text{ (моль/дм}^3\text{)},$$

где C(HCl) – концентрация титранта (HCl), которая равна 0,1 моль/дм³;

$V_1(\text{HCl})$ – объем титранта, пошедший на титрование до первой точки эквивалентности, см^3 ;

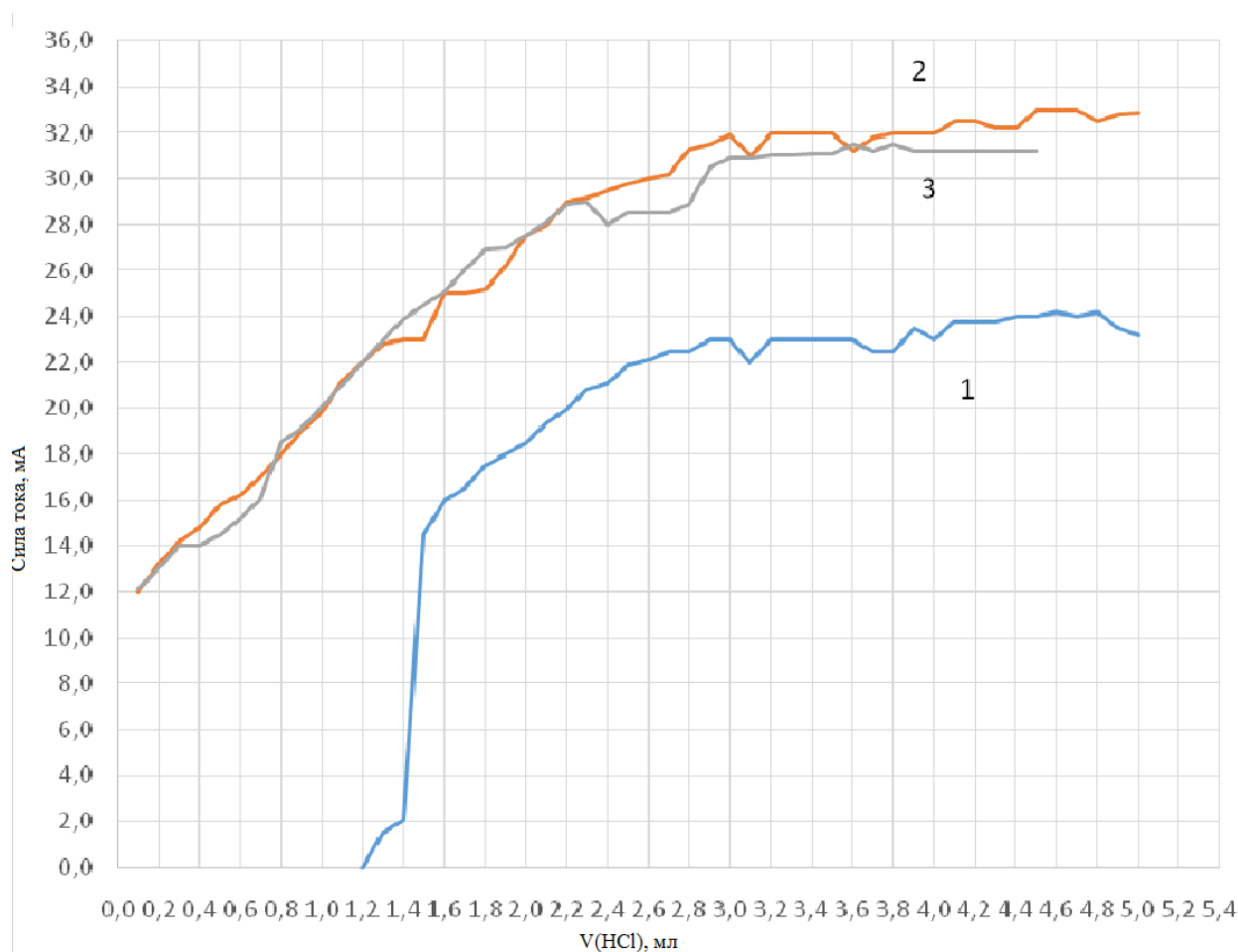
$V_2(\text{HCl})$ – объем титранта, пошедший на титрование до второй точки эквивалентности, см^3 ;

$V(\text{NaOH})$ – объем пробы щелочи, который составлял 5 см^3 .

Расчет концентрации Na_2CO_3 проводили по формуле

$$C(\text{Na}_2\text{CO}_3) = C(\text{HCl}) \cdot 2[V_2(\text{HCl}) - V_1(\text{HCl})] / V(\text{NaOH}).$$

На рисунке представлены кондуктометрические кривые титрования исследуемых растворов.



Кондуктометрические кривые: 1- раствор №1; 2- раствор №2; 3- раствор №3

Точки перегиба кривой титрования первого раствора находятся при добавлении $V_1(\text{HCl}) = 1,5 \text{ см}^3$, $V_2(\text{HCl}) = 2,8 \text{ см}^3$; второго раствора- $V_1(\text{HCl}) = 1,5 \text{ см}^3$, $V_2(\text{HCl}) = 2,8 \text{ см}^3$; третьего раствора- $V_1(\text{HCl}) = 1,5 \text{ см}^3$, $V_2(\text{HCl}) = 2,8 \text{ см}^3$.

Найденные концентрации NaOH составляют:

$C_1(\text{NaOH}) = 0,048 \text{ моль/дм}^3$;

$C_2(\text{NaOH}) = 0,044 \text{ моль/дм}^3$;

$C_3(\text{NaOH}) = 0,082 \text{ моль/дм}^3$.

Исходя из наших исследований, можно сделать вывод, что стандартные растворы имеют свои сроки годности. Используя дополнительную литературу, можно также отметить, что после истечения срока годности стандартного раствора падает концентрация.

Проверяемый стандартный раствор имел $C(\text{NaOH}) = 0,120 \text{ моль/дм}^3$.

Итак, мы проверили 3 стандартных раствора и получили следующие данные:

- 1). $C(\text{NaOH}) = 0,048 \text{ моль/дм}^3$ - что соответствует 40 % от базового значения;
- 2). $C(\text{NaOH}) = 0,044 \text{ моль/дм}^3$ - что соответствует 37 % от базового значения;
- 3). $C(\text{NaOH}) = 0,082 \text{ моль/дм}^3$ - что соответствует 68 % от базового значения.

Библиографический список

1. Комиссаренков А.А., Пругло Г.Ф. Кондуктометрия и высокочастотное титрование: учебно-методическое пособие/ СПбГТУРП.- СПб., 2009. – 42 с.
2. Герасимова Н.С., Логинова А. Ю. Кондуктометрия: методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Аналитическая химия». – Калуга, 2010. – 51 с.
3. Л. П. Крешков. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа. –М.: Химия, 1970. - 472 с.
4. http://intranet.tdmu.edu.ua/data/kafedra/internal/pharma_2/classes_stud/ru/pharm/prov_pharm/ptn/аналитическая%20химия/2%20курс/12%20Кислотно-основное%20титрование.htm
5. <http://www.zakonprost.ru/content/base/part/385144>
6. Методика приготовления и контроля растворов, применяемых в количественном анализе- Свердловск: Институт стандартных образцов, 1990.

Симонова А.Н., студент III курса СПбГТУРП

Вечур В.В., студент III курса СПбГТУРП

Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП

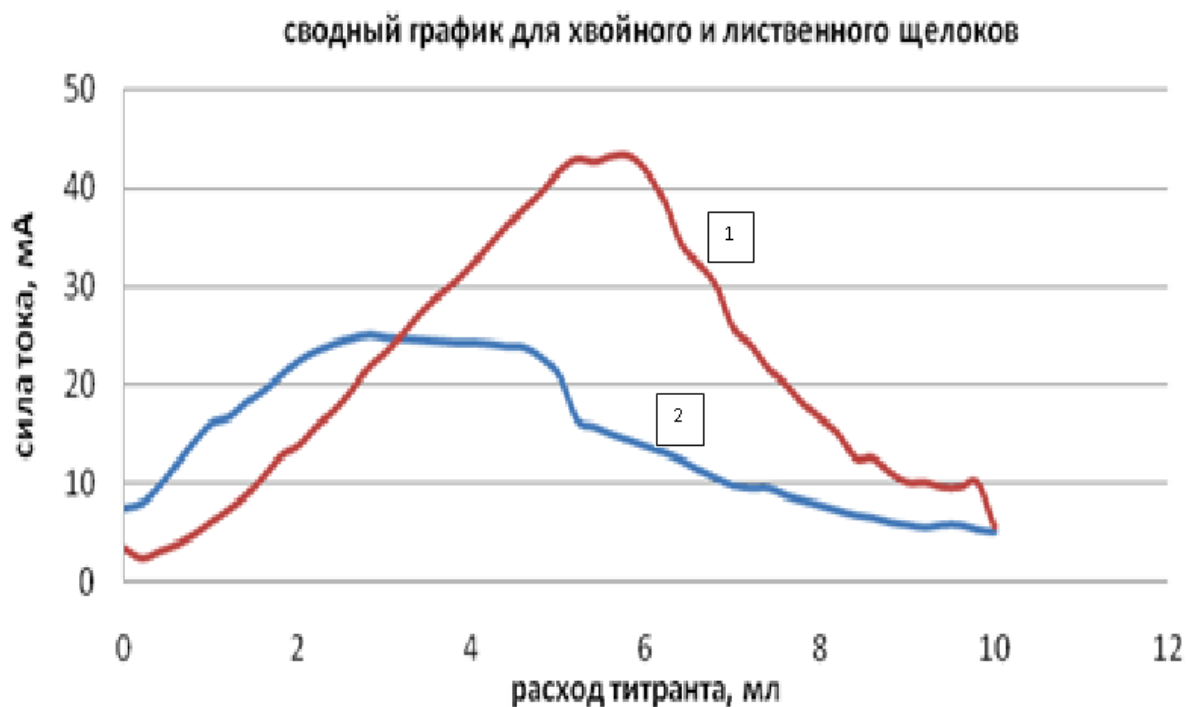
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АКТИВНОЙ ЩЕЛОЧИ И СУЛЬФИДА НАТРИЯ В ВАРОЧНЫХ ЩЕЛОКАХ МЕТОДОМ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТИТРОВАНИЯ

Целью работы является определение количества общей титруемой и эффективной щелочи в варочных черных щелоках методом высокочастотного титрования. Задача, поставленная перед нами, – используя метод высокочастотного титрования необходимо сравнить количество эффективной и общей титруемой щелочи в образцах черного щелока.

Данный метод был выбран потому, что с его помощью можно исследовать концентрированные растворы без вреда для электродов, а также темноокрашенные растворы, каким и является раствор черного щелока. При высокочастотном титровании исследуемый раствор подвергается действию электромагнитного поля, создаваемого внутри измерительных ячеек. Применяют ток высокой частоты, проходящий как через стенки стеклянного сосуда, так и через раствор.

Для анализа контрольный раствор щелока дозируется (5 см^3 раствора белого щелока или 10 см^3 черного) в мерную колбу на $50\text{--}100\text{ см}^3$ и разбавляется водой до метки. После тщательного перемешивания пипеткой отбирается аликвотная часть раствора в чистый сосуд. В процессе титрования приливается титрант ($\text{HCl } 0,1\text{ н}$) порциями по $0,05\text{--}0,1\text{ см}^3$.

Результатом работы является график, представленный на рисунке,



Кондуктометрические кривые титрования лиственного (1) и хвойного (2) щелоков

Расчет по хвойному щелоку:

количества эффективной щелочи Na_2O

$$3,1 * 5,0 = 15,5 \text{ г/дм}^3;$$

количества общей титруемой щелочи Na_2O

$$3,1 * 5,8 = 17,98 \text{ г/дм}^3.$$

Расчет по лиственному щелоку:

количества эффективной щелочи Na_2O

$$3,1 * 5,5 = 17,05 \text{ г/дм}^3;$$

количество общей титруемой щелочи Na_2O

$$3,1 * 7,325 = 22,7 \text{ г/дм}^3.$$

Исходя из построенных кривых, можно сказать, что количество общей титруемой и эффективной щелочи больше в лиственном щелоке. Это можно объяснить способностью компонентов разных пород деревьев по-разному взаимодействовать с варочными растворами. Следовательно, на обработку

хвойных пород древесины уходит больше активной щелочи, а остается её в черном щелоке после варки меньше.

Метод высокочастотного титрования удобен при определении эффективной и общей титруемой щелочи в черном сульфатном щелоке, потому что черный щелок имеет интенсивную темную окраску и агрессивен по отношению к электродам, а на рассмотренный нами метод не влияет ни окраска, ни среда исследуемого раствора.

Библиографический список

1. Комиссаренков А.А., Пругло Г.Ф.; Кондуктометрия и высокочастотное титрование: учебно-методическое пособие/ СПбГТУРП.- СПб., 2009. – 42 с.

УДК 543.06 (075)

Гришина В.Е., студентка IV курса СПбГТУРП

Масян П.В., студент IV курса СПбГТУРП

Пругло Г.Ф., доцент СПбГТУРП

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ МЕТОДОМ КОСВЕННОЙ КУЛОНОМЕТРИИ

Различные соединения меди, а также и сама медь, довольно распространены в окружающей среде, в том числе и в природных водах, которые служат источниками для водопроводной воды, поступающей в наши дома и квартиры.

В большинстве случаев концентрация меди в природных водах не превышает десятой доли мг/дм³, а вот в водопроводной воде она может быть существенно больше. Повышенное содержание меди в питьевой воде, а точнее в водопроводной, можно объяснить вымыванием этого металла из труб и арматуры. Наличие меди в питьевой воде характеризуется неприятным вяжущим привкусом, кроме того, она пагубно влияет на состояние человеческого организма. Когда концентрация меди достигает 1,0 мг/дм³, в обяза-

тельном порядке требуется проводить очистку питьевой воды с использованием специальных систем водоочистки и водоподготовки.

Сточные воды служат основным источником поступления меди и других небезопасных веществ в природные воды, особенно, если речь идет о стоках химических предприятий или крупных организаций металлургической промышленности. Кроме того, в роли загрязнителя окружающих вод, который насыщает их медью, выступают так называемые альдегидные реагенты, применяемые с целью уничтожения водорослей.

Для того что определить, есть ли медь в питьевой воде, нужно обращать внимание на следующие признаки:

- даже в случае низкой концентрации меди жидкость приобретает вязущий малоприятный вкус;

- вода имеет голубоватый оттенок;

- при регулярном мытье головы водой с повышенным содержанием меди светлые волосы начинают приобретать зеленоватый оттенок;

- на сантехнических устройствах, произведенных из нержавеющей стали, образуется несмываемый темный налет.

Еще одним доказательством того, что в воде содержится медь, является образование коррозии на медных составляющих элементах водопровода. Правда, стоит отметить, что этот признак не столь очевиден, как предыдущие.

Кроме того, что медь оказывает негативное влияние на водопроводные и сантехнические устройства, не стоит также забывать о том, что повышенное содержание этого металла в жидкости является опасным для человеческого здоровья. Специалисты относят медь к веществам третьего класса опасности, это свидетельствует о том, что концентрация этого металла $1,0 \text{ мг/дм}^3$ является предельно допустимой. В целях предотвращения пищевых отравлений различные предметы, изготовленные из меди, например, кастрюли или чайники, покрывают изнутри специальным защитным слоем, который не позволяет меди растворяться в подогреваемой воде. Хроническая

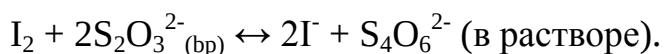
интоксикация медью является губительной для организма, ее причисляют к одной из основных причин серьезных нарушений нервной системы, а также неправильного функционирования печени и почек, более того, она может приводить к аллергодерматозам и перфорации носовой перегородки.

Все вышеперечисленное дает право говорить об острой необходимости водоочистки питьевой воды с использованием специально предназначенного оборудования, если содержание в ней меди превышает допустимую норму. Существует несколько распространенных способов, применяемых в случаях, когда есть медь в питьевой воде. Выбор способа, в первую очередь, зависит от количества опасного для здоровья вещества в жидкости.

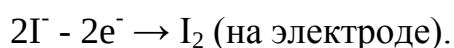
Один из них - определение меди методом косвенной кулонометрии [1]. Этот метод основан на обратном кулонометрическом титровании йода, выделившегося при взаимодействии ионов Cu^{2+} со вспомогательным реагентом - иодидом калия:



К выделившемуся йоду добавляют избыток тиосульфата натрия:



Остаток тиосульфата натрия титруется йодом, электрогенерированным на платиновом аноде из вспомогательного реагента:



Конечную точку титрования определяют визуально по появлению фиолетово-синей окраски раствора в присутствии крахмала.

Экспериментальная часть работы состоит из двух этапов:

- предварительное прямое кулонометрическое титрование раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$;
- обратное кулонометрическое определение ионов Cu^{2+} .

Раствор тиосульфата натрия для предварительного кулонометрического титрования готовят разбавлением 1 см^3 0,1 н раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в мерной колбе на 100 см^3 .

Аликвотную часть приготовленного раствора (10 см^3) помещают в анодное пространство кулонометрической ячейки. Туда же добавляют 30 см^3 10%-го раствора иодида калия, 1 см^3 крахмала.

В катодное пространство ячейки помещают 5 см^3 5%-го раствора KCl и добавляют дистиллированную воду в объеме, гарантирующем равенство уровней жидкости в обеих частях ячейки.

Платиновые электроды предварительно погружают в стакан с азотной кислотой (1:1) на 2-3 мин, промывают водопроводной и дистиллированной воды и после этого опускают в кулонометрическую ячейку. Анодную часть ячейки, в которую предварительно помещают магнитный стержень, устанавливают в центре магнитной мешалки. Начинают перемешивание раствора.

Затем приступают к титрованию, одновременно включая секундомер и миллиамперметр. Устанавливают силу тока 5 мА, поддерживают это значение строго постоянным на протяжении всего анализа до момента появления слабой сине-фиолетовой окраски раствора.

Записывают время t_1 , необходимое для титрования тиосульфата натрия. Опыт повторяют несколько раз.

При анализе пробы воды анализируемый раствор, содержащий ионы меди, помещают в мерную колбу вместимостью 100 см^3 и доводят до метки дистиллированной водой. В анодное пространство ячейки наливают 5 см^3 приготовленного раствора соли Cu^{2+} , 30 см^3 10%-го раствора KI, 10 см^3 оттитрованного раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и 1 см^3 крахмала. Катодное пространство заполняется аналогично вышеуказанному способу.

В ячейку опускают подготовленные к работе платиновые электроды, включают перемешивание и через 2-3 мин замыкают генерирующую цепь, одновременно включая секундомер. Титрование проводят при силе тока 5 мА до появления синей окраски раствора. В этот момент выключают секундомер и фиксируют время электролиза t_2 . Титрование повторяют несколько раз. Рассчитывают средние арифметические значения t_1 и t_2 .

Вычисляют массу меди по формуле

$$m(\text{Cu}^{2+}) = \frac{I \cdot (t_1 - t_2) \cdot M(\text{Cu}^{2+}) \cdot V_k}{n \cdot F \cdot V_n},$$

где I – сила тока, мА;

t_1 и t_2 – время электролиза тиосульфата натрия и анализируемого раствора соответственно, с;

$M(\text{Cu}^{2+})$ – молярная масса меди, г/моль;

V_k – вместимость колбы, см³;

n – число электронов, участвующих в полуреакции восстановления одного иона Cu^{2+} ;

F – число Фарадея;

V_n – объем пробы анализируемого раствора, добавляемого в ячейку, см³.

Результаты предварительного титрования $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ t_1 , с и титрования исследуемой пробы t_2 , с представлены в таблице.

№	t_1 , с	t_2 , с
1	217	68
2	197	67
3	210	70
4	211	67
Средне- арифметическое значение	209	68

Вычисляют массу $m(\text{Cu}^{2+})$ по формуле

$$m(\text{Cu}^{2+}) = (5 \cdot (209 - 68) \cdot 63,5 \cdot 1000) / (2 \cdot 96500 \cdot 25) = 9,2 \text{ мг.}$$

Библиографический список

1. Комиссаренков А.А, Дмитриевич И.Н, Федорова О.В. Кулонометрические методы анализа: учебно-методическое пособие: СПбГТУРП, СПб., 2009.

УДК 66.981

Андранович О.С., студентка IV СПбГТУРП

Горбунова М.А., студентка IV СПбГТУРП

Федорова О.В., доцент СПбГТУРП

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ СОРБЦИИ НЕОРГАНИЧЕСКИМИ СОРБЕНТАМИ (Al_2O_3) И БИОСОРБЕНТАМИ

В настоящее время различные сорбенты широко применяются как в повседневной жизни, так и в промышленности. В частности некоторые из них применяются в медицине в качестве энтеросорбентов [1].

Разнообразные классы сорбентов и их свойства представляют особый интерес для изучения. До настоящего времени было проведено много исследований [2-4] различных сорбентов, но до сих пор не выявлены закономерности сорбции аммиаков, поскольку различные сорбенты отличаются по своей структуре и свойствам.

Целью настоящего исследования является исследование кинетики сорбции аммиаков цинка, меди и кадмия на Al_2O_3 , КУ-1 и гречневой крупе.

В данной работе были проведены следующие анализы: определены пористость и насыпная плотность, удельная поверхность и изучены кинетические характеристики таких сорбентов как КУ-1, гречка и Al_2O_3 .

Алюминия оксид активный используется в качестве носителя катализаторов, осушителя при различных химических процессах, в нефтехимическом производстве, в том числе при осушке природного газа и других газов в сжиженном и газообразном состоянии.

КУ-1 представляет собой ионообменную смолу, поликонденсационный бифункциональный катионит; относится к промежуточной группе сорбентов от сульфогугля к полимерным катионитам. Имеет два вида ионогенных групп: сульфогруппу SO_3H и фенольный гидроксил OH . Смола КУ-1 отлично зарекомендовала себя за многолетний период эксплуатации. Области применения: для умягчения и деминерализации воды, для извлечения ионов тяжелых металлов, в первую очередь, меди и цинка, в целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности, для очистки сточных вод органических производств, в качестве кислотного катализатора различных процессов органического синтеза и т.д.

Для определения истинной плотности был использован пикнометрический метод [3]. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Истинная плотность сорбентов

Сорбент	Масса пикнометра, г				Объем пробы, $\text{п}, \text{см}^3$	Истинная плотность, $\text{г}_\text{и}, \text{г}/\text{см}^3$
	пустой, м_1	проба, м_2	с пробой и водой, м_4	с водой, м_3		
Гречневая крупа	5,386	5,016	13,127	13,868	4,283	1,171
Al_2O_3	7,333	5,069	26,527	22,883	3,651	1,388

В результате проведенного опыта было выявлено, что истинная плотность гречки составляет $1,171 \text{ г}/\text{см}^3$, а Al_2O_3 – $1,388 \text{ г}/\text{см}^3$.

В связи с целью данной работы была определена плотность выбранных сорбентов. Данные представлены в табл. 2.

Очевидно, что насыпная плотность гречневой крупы и КУ-1 $0,507$ и $0,502 \text{ г}/\text{см}^3$, соответственно.

Насыпная плотность сорбентов

Сорбент	Мерный сосуд		Масса сосуда с сорбентом, г, m_2	Масса сорбента, г $m=m_2 - m_1$	Насыпная плотность, г/см ³ $\rho_k = \frac{m}{V_k}$
	Объем, см ³ $V=V_k$	Масса, г, m_1			
Гречневая крупа	34,7	78,756	96,360	17,604	0,507
КУ-1	31,8	63,779	79,752	15,973	0,502

Удельную поверхность сорбентов определяли по сорбции метиленового голубого из раствора по методике [4]. Для гречневой крупы она составила 5755,12 м²/г, а для Al₂O₃ - 15538,8 м²/г.

При исследовании кинетических характеристик неорганического сорбента Al₂O₃, органического КУ-1 и гречневой крупы как биосорбента было обнаружено, что:

- для КУ-1: время насыщения ионами Zn⁺², Cu⁺² и Cd⁺² составило 60 мин, наибольшая емкость наблюдается при сорбции Cd⁺² (рис.1);

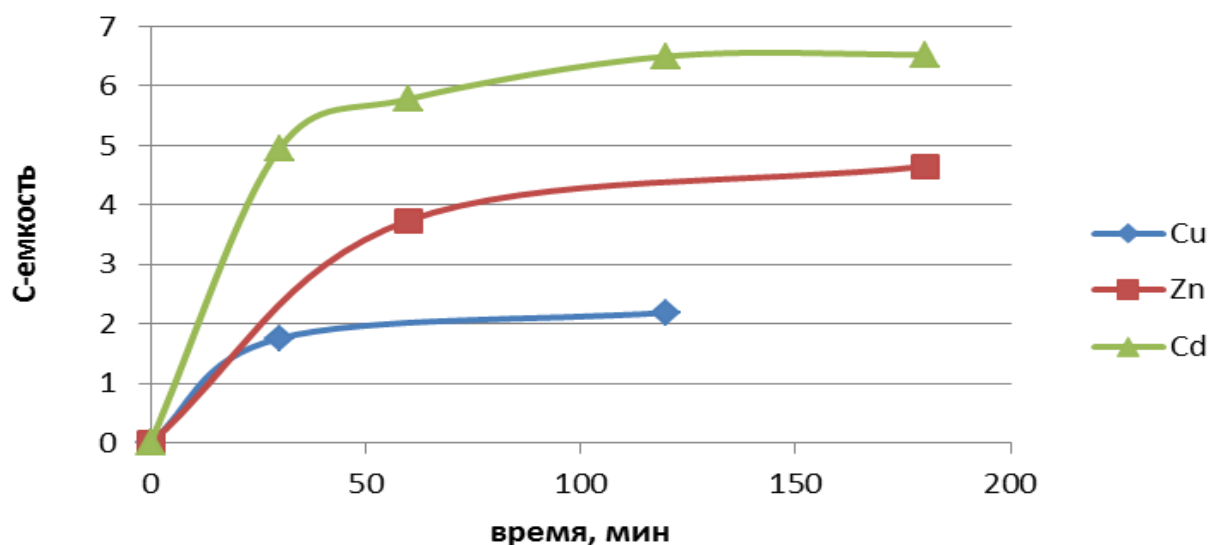


Рис.1. Кинетические кривые сорбции КУ-1

- для Al_2O_3 : время насыщения ионами Zn^{+2} и Cu^{+2} составило 60 мин, и 30 мин для Cd^{+2} , наибольшая емкость наблюдается при сорбции Zn^{+2} (рис.2);

- для гречневой крупы: время насыщения ионами Zn^{+2} и Cd^{+2} составило 30 мин, и 60 мин для Cu^{+2} . Также как и в предыдущих сорбентах наибольшая емкость наблюдается при сорбции Cd^{+2} (рис.3).

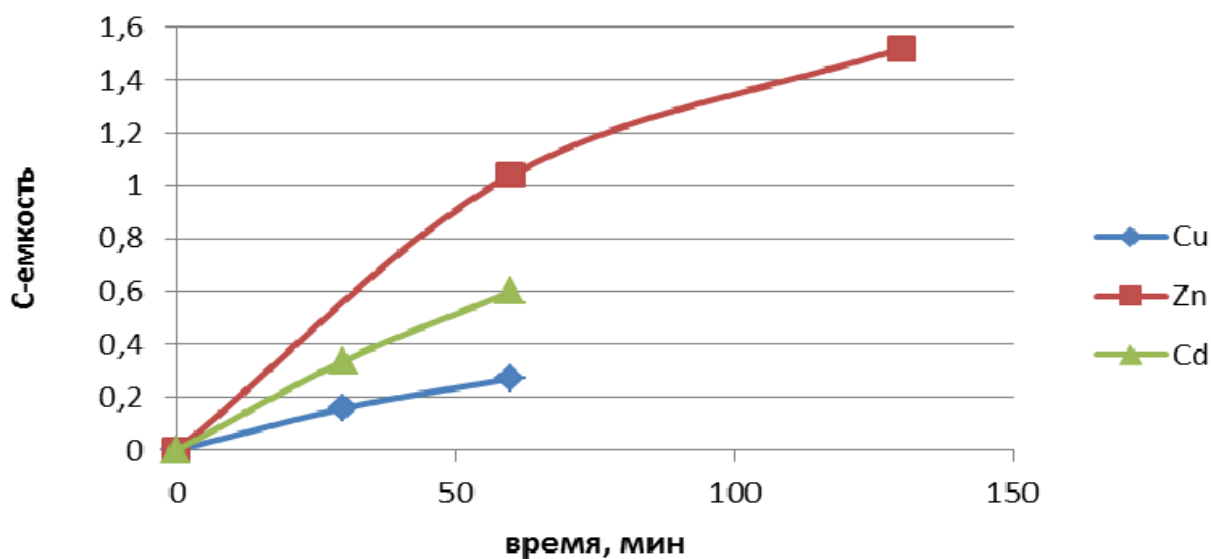


Рис. 2. Кинетические кривые сорбции Al_2O_3

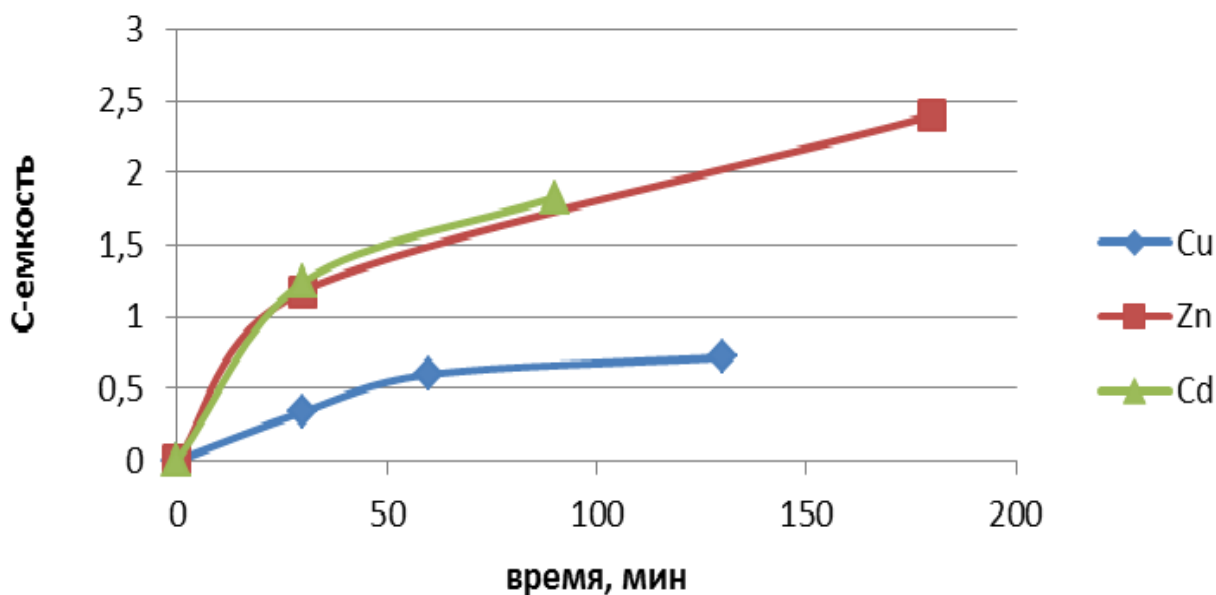


Рис. 3. Кинетические кривые сорбции гречневой крупой

Результаты проведенного исследования показали, что наибольшей сорбционной емкостью при поглощении данного ряда металлов обладает ионообменная смола - КУ-1.

Библиографический список

1. Хотимченко Ю. С. , Кропотов А. В. Применение энтеросорбентов в медицине// Тихоокеанский медицинский журнал. - 1999.- № 2.- С. 84-89.
2. Брыкалов А.В., Плющ Е.В. Синтез и исследование сорбентов с ионообменными и гидрофобными свойствами // Успехи современного естествознания. – 2004. – № 7. – С. 42-43.
3. Ергожин Е.Е., Акимбаева А.М. Исследование свойств природных сорбентов и их модифицированных форм // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 5. – С. 93-94.
4. Хлынина Н. Г., Алексейко И. С. Изучение сорбционных свойств сорбентов в статических условиях // Вестник Красноярского государственного аграрного университета – 2008. - № 1. – С.92-99.

**Материалы региональной
студенческой научно-практической конференции**

«МОЙ ВКЛАД В НАУКУ– 2015»

(Санкт-Петербург, 19 ноября 2015 года)



ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА АЛЮМИНИЕВОЙ ТУБЫ

ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ДАННОГО ВИДА УПАКОВКИ

Производство алюминиевых труб начинается с дисков, так называемых ронделей. Диски поступают в машину, где специальные прессы формирует из них тело и горловину трубы. Следующий шаг - обрезка трубы до необходимой длины. На этом же этапе на горлышко наносится резьба. В процессе формовки алюминий становится жестким, поэтому далее трубу подвергают процессу "умягчения". Так труба становится более эластичной. Процесс проходит при температуре около 460 °С.

На следующем этапе на предварительно обработанную внутреннюю поверхность наносят защитную пленку. Пленка служит своеобразным барьером между поверхностью металла и содержимым.

Далее обрабатывают наружную поверхность трубы, сюда будет нанесено изображение. В некоторых случаях, чтобы продукт не просачивался из запечатанного конца, "хвост" трубы уплотняется специальным эластичным кольцом.

На заключительном этапе навинчивается крышка. Крышка изготавливается из полипропилена или полиэтилена.

Области применения

Алюминиевые трубы представляют собой отличную упаковку, пригодную для товаров самых различных видов: бытовой химии, пищевой промышленности, фармацевтики, косметики и парфюмерии и других видов. В отличие от ламинатных и пластиковых труб, алюминиевые трубы по своим барьерным свойствам уникальны, поскольку при использовании такая труба не позволяет проникать воздуху внутрь, что предохраняет упакованное содержимое от процессов окисления и микробиологического заражения, а латексное

кольцо делает алюминиевую трубу герметичной. Производители лечебной косметики и парфюмерии, а также медицинских препаратов, элитной косметики, в состав которых входят активные компоненты, во всем мире обычно используют только алюминиевые трубы.

Достоинства и недостатки

Достоинства алюминиевых труб заключаются в прочном и герметичном цельноштампованном корпусе, идеальных барьерных характеристиках материала, эффективном процессе производства, а также в высокоэластичном корпусе, практически не имеющем остаточной упругости, приводящей к самопроизвольному восстановлению его формы после снятия сжимающего усилия. Этим в процессе длительного потребления упакованной продукции исключается попадание внутрь трубы воздуха через горловину и его взаимодействие с содержимым, а также обеспечивается использование продукта практически без остатка.

Для предохранения содержимого от контакта с металлом на внутреннюю поверхность трубы наносится защитный лак.

Главный упрек в сторону алюминия — низкая сопротивляемость механическому воздействию. Алюминий мнется, не восстанавливает форму после надавливания.

В качестве еще одного минуса можно назвать то, что из алюминиевой трубы труднее извлекать содержимое.

Благодаря невысокой стоимости алюминиевые трубы очень привлекательны для упаковки изделий массового потребления. Потребительские свойства алюминиевых труб позволяют говорить, что даже, несмотря на появление на рынке новых материалов, алюминий продолжает держать свои позиции и не собирается их уступать.

СТРУКТУРА УПРАВЛЕНИЯ И ФУНКЦИИ НЕВСКО-ЛАДОЖСКОГО БАССЕЙНОВОГО ВОДНОГО УПРАВЛЕНИЯ (НЛБВУ)

Цели прохождения практики:

1. Познакомиться с работой и структурой НЛБВУ.
2. Изучить функции НЛБВУ.
3. Рассмотреть порядок согласования НДС.
4. Ознакомиться с регистрацией статистической отчетности по формам 2-ТП (водхоз).

I Система управления водным хозяйством России (см. рис. 1)

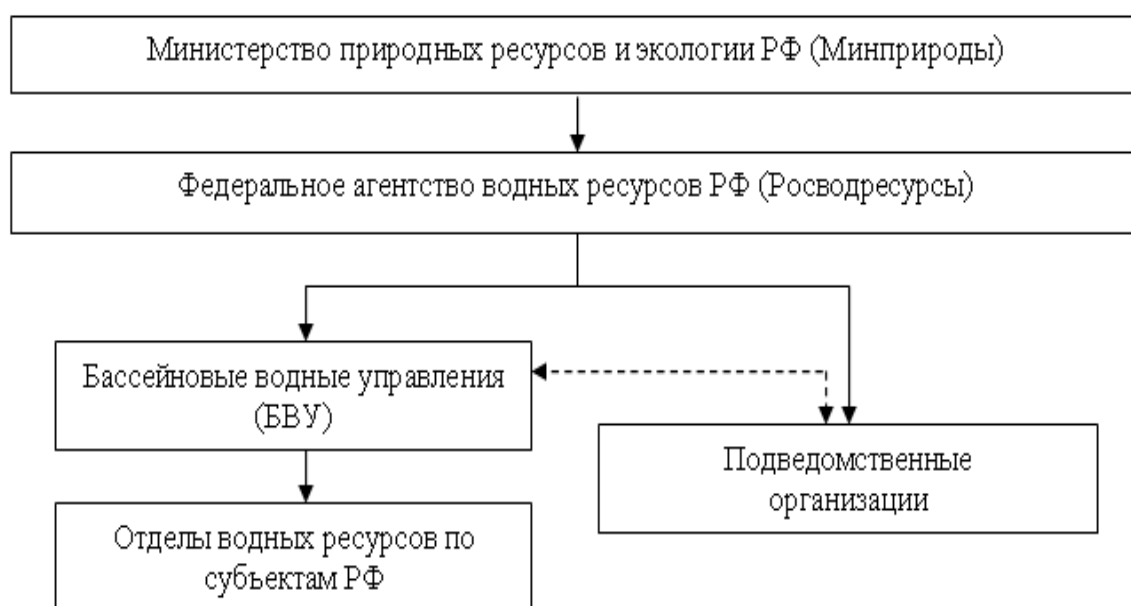


Рис. 1. Схема управления водным хозяйством России

На федеральном уровне вопросы управления водным хозяйством решают Министерство природных ресурсов и экологии России и Федеральное агентство водных ресурсов (Росводресурсы). Федеральное агентство водных ресурсов является федеральным органом исполнительной

власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению федеральным имуществом в сфере водных ресурсов. Федеральное агентство водных ресурсов находится в ведении Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Федеральное агентство водных ресурсов осуществляет свою деятельность непосредственно или через свои территориальные органы и через подведомственные организации во взаимодействии с другими федеральными органами исполнительной власти, органами исполнительной власти субъектов РФ, органами местного самоуправления, общественными организациями.

Территориальным органом Росводресурсов являются бассейновые водные управления в каждом бассейновом округе. Росводресурсам ведомственно подчиняются бассейновые управления и 51 организация.

II Функции НЛБВУ включают:

- 1) регистрация договоров водопользования, решений о предоставлении водных объектов в пользование;
- 2) гидрографическое и водохозяйственное районирование территории Российской Федерации;
- 3) установление границ водоохранных зон и границ прибрежных защитных полос водных объектов, в том числе посредством размещения специальных информационных знаков;
- 4) выдача разрешений на создание искусственного земельного участка на водном объекте;
- 5) предоставляет в установленном порядке сведения из государственного водного реестра;
- 6) утверждение нормативов допустимых сбросов веществ (за исключением радиоактивных веществ) и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей;
- 7) осуществляет координацию и контроль деятельности учреждений.

Структура НЛБВУ представлена на рис. 2.

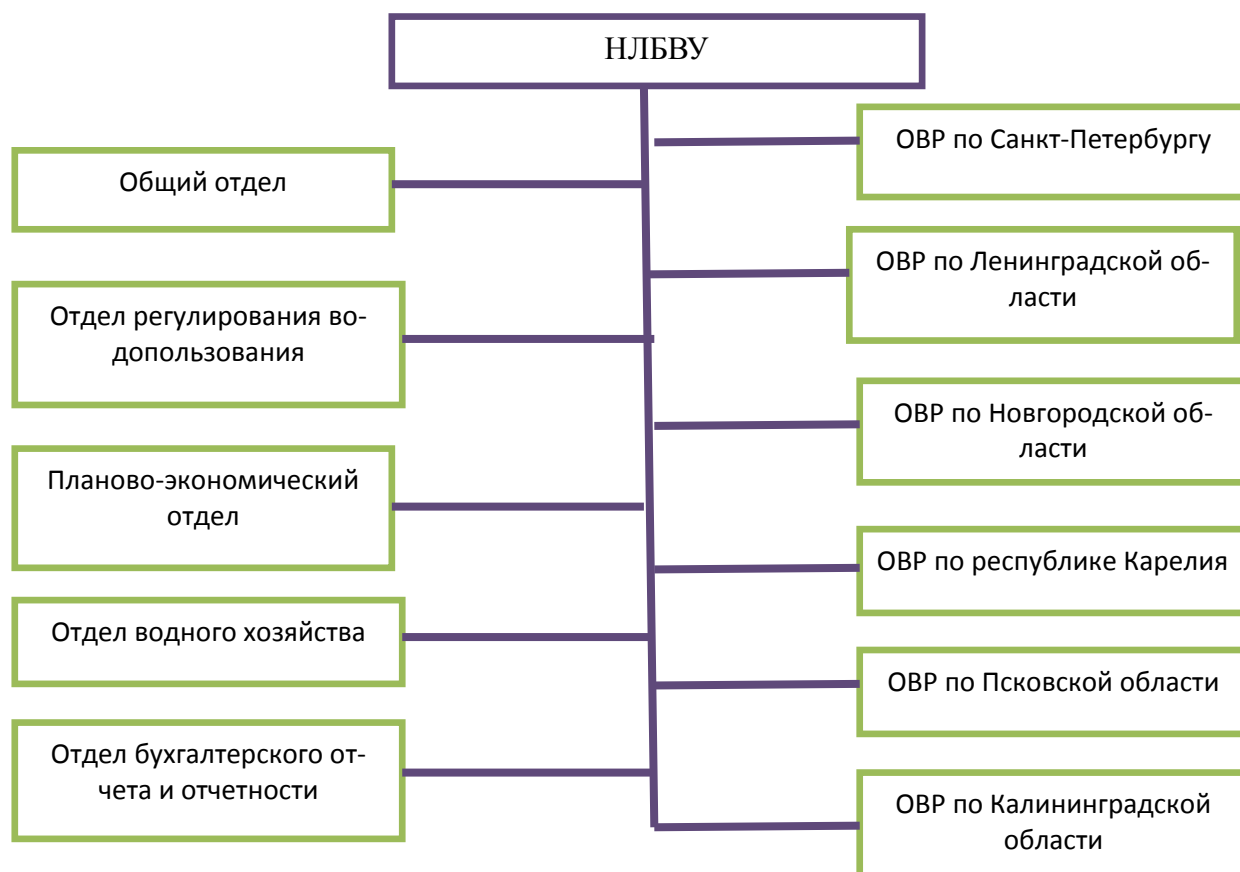


Рис. 2. Структура НЛБВУ

III Алгоритм рассмотрения проекта НДС:

- 1) 5 экземпляров с дисками;
- 2) действующее решение на пользование водным объектом;
- 3) справки: РОСРЫБОЛОВСТВО (рыбхоз категория), РОСГИДРОМЕТ (климат, гидрология, фон, экспертиза);
- 4) паспорта на очистные сооружения;
- 5) описание и нумерация страниц;
- 6) формы НДС в каждом экземпляре (согласованные листы);
- 7) карта-схема предприятия.

Проекту присваивается входящий номер и в течение 5 дней производится передача экземпляров в соответствующие организации:

РОСГИДРОМЕТ, РОСРЫБОЛОВСТВО, РОСПРИРОДНАДЗОР и РОСПОТРЕБНАДЗОР.

В течение 45 дней проект согласовывается и выдается приказ об утверждении нормативов допустимых сбросов (оригинал, 1 шт.).

IV Форма 2ТП (водхоз)

Для заполнения этой формы необходимо предъявить справку, содержащую точные сведения об источниках водоснабжения предприятия, о количестве потребленной воды и об объемах сброса сточных вод за весь отчетный период. Справка в обязательном порядке должна быть заверена печатью предприятия и содержать подпись руководителя.

К справке прилагается копия протоколов с результатами лабораторных анализов. Протоколы должны быть составлены лабораторией, которая имеет действующее свидетельство на право производства именно этих исследований.

Кроме того, к форме 2-ТП (водхоз) прилагаются сведения о балансе водоснабжения и водоотведения предприятия, копия свидетельства о разрешении на сброс сточных вод, проект нормативов на предельно допустимый объем сброса в водные объекты и расчет необходимой годовой платы за урон, наносимый предприятием окружающей среде.

Ким А.В., студент IV курса СПбГТУРП

Бондаренкова И.В., доцент СПбГТУРП

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКАЯ БУМАЖНАЯ ФАБРИКА ФИЛИАЛ ФГУП «ГОЗНАК»

Санкт-Петербургская бумажная фабрика - филиал Федерального государственного унитарного предприятия "Гознак". Фабрика входит в число

крупнейших мировых производителей защищенных, а также широкого ассортимента промышленных видов бумаги.

Фабрика является первым государственным промышленным предприятием в России по изготовлению специальных гербовых и банкотных бумаг, без которых не может быть жизнеспособно ни одно государство, ни одно учреждение и ни одна компания.

Потребность в выпуске защищенной бумаги год от года растет. Все большее число компаний осознает необходимость защищать свою документацию - и, прежде всего, с помощью использования особой бумаги: с водяными знаками, специальными волокнами, металлизированными нитями, с элементами химической и других видов защиты.

Уникальное оборудование, технологии, профессионализм персонала позволяют выпускать практически любые виды бумаг - в том числе, бумагу с исключительными прочностными характеристиками и повышенной износостойкостью. В ассортимент выпускаемой продукции входят бумаги для полиграфии и чертежно-графических работ, технические, офисные: всего - около 100 наименований.

Санкт-Петербургская бумажная фабрика ведет свою историю с 1818г., когда по указу императора Александра I была создана Экспедиция Заготовления Государственных Бумаг (ЭЗГБ). Новое предприятие было призвано производить как ассигнационную бумагу, так и «все прочие с государственным гербом».

Проектирование и строительство ЭЗГБ поручили генерал-лейтенанту Августину де Бетанкуру (1758-1824 гг.). «Сведущий во всех технических производствах» генерал-лейтенант Августин Бетанкур, испанец по происхождению, известный инженер-архитектор и один из самых образованных людей своего времени, выпускник Королевской академии изящных искусств в Мадриде, по просьбе министра финансов Д.А. Гурьева разработал план создания нового производства, объединившего изготовление бумаги и типографию для печатания ассигнаций и иных государственных бумаг.

4 марта 1816 г. Бетанкур представил план устройства нового промышленного комплекса. Александр I утвердил план.

Процесс изготовления бумаги в то время был очень длительным и трудоемким. Преобладал ручной способ производства, основным сырьем служила пенька. Ее трепали, мочили в воде, вываривали, формовали на специальной сетке, сушили и запрессовывали в листы. Для изготовления водяного знака на черпальные формы нашивали специальные сетки с выгравированными штампами. На такой бумаге печатали ассигнации, гербовую документацию, кредитные билеты, почтовые марки, векселя, акции и другую продукцию с водяным знаком. Экспедиция в то время - единственное предприятие в России, где не только делали бумагу, но и использовали ее в собственном полиграфическом производстве.

К 30-м гг. XIX в. Экспедиция приступила к выпуску книг, альбомов, репродукций картин и почтовых марок.

ЭЗГБ скоро стала лучшей в России типографией, располагающей самым совершенным на тот момент оборудованием, передовыми технологиями.

Сегодня основу материально-технической базы предприятия составляют три бумагоделательные машины (БДМ), которые позволяют выполнять большой объем заказов для внутреннего и международного рынка, изготавливать широкий ассортимент высококачественных бумаг.

Санкт-Петербургская бумажная фабрика выпускает банкотные и другие виды защищенной бумаги с водяным знаком и различными элементами защиты от подделки, изготавливает промышленные виды бумаги: картографической, для копировально-множительной техники, офсетной, бумаги-основы для вспененных виниловых обоев и т.д.

Санкт-Петербургская бумажная фабрика предлагает заказчикам рисовальную и чертёжную бумаги, бумагу-основу для мелования, картон, бумаги с тиснением, цветные, тонированные виды бумаги и т.д.

В арсенале Санкт-Петербургской фабрики оборудование, на котором производятся тисненные виды бумаги и мелованная бумага, в том числе с нанесением клеевого слоя для производства гуммированной бумаги для почтовых марок.

Суперкаландеры, которыми оснащена фабрика, позволяют выпускать мелованные и гуммированные виды бумаги с высоким уровнем гладкости.

Санкт-Петербургская бумажная фабрика производит бумагу с припрессованной фольгой и рулонную самоклеящуюся бумагу.

Культура производства бумажной продукции во многом определяется качеством резки бумаги. Обрез кромок бумаги должен быть ровным и чистым, без загибов, пыли и заусенец.

На СПБФ используется самое современное оборудование, на котором проходят резку и сортировку документные, банкнотные бумаги и бумаги с локальными водяными знаками.

Вся продукция фабрики упаковывается по международным стандартам, в зависимости от требований потребителей и условий транспортирования и хранения.

Предприятие располагает опытным производством, оснащенным современным оборудованием, позволяющим выполнять мелкооптовые заказы на изготовление бумаги с индивидуальными водяными знаками.

Санкт-Петербургская бумажная фабрика гарантирует высокое качество бумажной защищенной продукции, которая пользуется большим спросом не только на российском, но и на международном рынках.

Вечур В.В., бакалавр IV курса СПбГТУРП

ПРОИЗВОДСТВО ИЗДЕЛИЙ ИЗ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКИХ БУМАГ

Современный человек в своей повседневной жизни постоянно сталкивается с санитарно-гигиеническими бумагами (СГБ). Их роль настолько ве-

лика, что никто уже не может представить свою жизнь без них, при этом все мы редко задумываемся, какие стадии проходит целлюлоза перед тем, как стать полноценной салфеткой и т.п. Мне представилась возможность во время летней практики изучить и принять непосредственное участие в процессе создания СГБ.

Платформой, на которой базировалась моя практика, являлся Светогорский филиал компании SCA Hygiene Products Russia. Задачей практики было ознакомление с процессом и технологией производства изделий из санитарно-гигиенических бумаг, на примере туалетной бумаги, от так называемого, материнского рулона, до готового упакованного продукта. Далее коротко изложу весь путь бумаги от наката БДМ до склада готовой продукции.

В первую очередь, готовый рулон отправляется в цех по переработке бумаг (или «цех конвёртинга»). Далее он устанавливается на линию, и работа осуществляется по следующей схеме:

- Рулон бумаги устанавливается на раскат при помощи тельфера (подъемного крана). К рулону подводят размоточные ремни, и край рулона заправляют в Альфа-машину. Существуют машины с несколькими раскатами. Их используют в том случае, если выпускается многослойная продукция.

- Разматывающаяся бумага поступает в клеевую систему, где происходит нанесение клея на слои бумаги

- Бумага с нанесенным на нее клеем поступает в участок «эмбоссинга» - пары валов, один из которых стальной, а второй – резиновый. Эмбоссинг служит для нанесения рисунка на бумагу посредством тиснения. На этом же участке происходит скрепление слоев бумаги.

- Следующим этапом в создании туалетной бумаги является намотка бумаги на гильзу. Гильза поступает на намотку из специального «резервуара», где хранятся гильзы. До того, как гильза поступит на намотку,

на нее может быть нанесен ароматизатор при помощи специального устройства.

- После намотки готовый длинный рулон («полено») проходит через «TailSealer», который служит для того, чтобы приклеить конец бумаги к рулону.

- Далее «полено» направляется в накопитель, откуда, в свою очередь, поступает на резку. Разрезается «полено» на маленькие, привычные всем рулоны при помощи орбитального ножа.

- После резки рулоны по транспортеру отправляются в упаковочную машину. Там они запаковываются в потребительскую упаковку.

- Готовые упаковки (число рулонов в каждой может варьироваться от 2 до 12, в зависимости от установок на упаковочной машине) отправляются по конвейеру на следующий участок, где запаковываются в транспортный пакет. Для этого готовые упаковки туалетной бумаги поступают в специальную машину, где они помещаются в пластиковый пакет, который запаивается с обоих концов.

- После того как транспортный пакет готов, его устанавливают на паллет. Когда набирается определенное количество полностью готовых транспортных упаковок, паллет вместе с ними заматывают стретч-пленкой. Готовые паллеты увозят на склад готовой продукции.

В целом, практика оказалась успешной, и я получил обширные знания в области переработки сырья в готовый продукт, поставляемый потребителю в упакованном виде.

Новиков Е.М., бакалавр IV курса СПбГТУРП

ИССЛЕДОВАНИЕ МАКУЛАТУРНОЙ МАССЫ И ОТЛИВОК

Производственную практику я проходил в лабораториях Санкт-Петербургского государственного технологического университета расти-

тельных полимеров. Местом проведения практики были лаборатории: Б – 002, Б – 006, Б – 117, Б – 215, Б – 216. Сначала была исследована макулатура, а затем отливки, изготовленные из неё. Дзета-потенциал определяется методом измерения потенциала протекания на приборе BTG Mütek SZP-06. Прибор анализирует поверхностные заряды волокон и наполнителей.

Определение катионной потребности массы проводится на анализаторе заряда частиц MutekPSD-04. Прибор предназначен для определения содержания отрицательно заряженных частиц в бумажной массе. Этот показатель отражает расход двух высокозаряженных катионных полиэлектролитов: 1,5-диаза-ундекаметилена полиметобромид, торговая марка – полибрен (100 мг/л), и полидиаллилдиметилхлорид аммония, торговая марка – ПДАДМАХ (156 мг/л = 0,001 Н).

Определение морфологических свойств. Метод заключается в определении количества волокон в суспензии, их распределении в общей массе, арифметической и взвешенной длины, ширины, в определении количества мелочи от длины, количества мелочи от площади, индекса макрофибрилляции, а также грубости волокон, угла изгиба, скручиваемости, поврежденных концов волокон, т.е. показателей, от которых зависят бумагообразующие свойства. Определение морфологических свойств волокнистой массы ведется на лабораторной установке, состоящей из самого измерительного прибора Morfi Compact, компьютера для управления и принтера для распечатывания результатов измерения.

Физико-механические свойства

Отливки круглой формы изготавливаются на листоотливном аппарате Rapid-KOETHEN с автоматическим управлением.

Принцип действия листоотливного аппарата заключается в изготовлении отливок из суспензии целлюлозы на формирующей сетке при отсасывании с последующим прессованием и сушкой отливок в сушильной камере, обеспечивающей полное предохранение от усадки, благодаря применению соответствующего разрежения и определенной температуры.

Толщина отливок определяется при помощи универсального толщиномера со сменной измерительной площадкой.

Для определения показателей прочности на разрыв в сухом и влажном состоянии для бумаги используется горизонтальная разрывная машина FRANK. Принцип работы горизонтальной разрывной машины основан на определении усилия, необходимого для разрушения образца, закрепленного между двумя зажимами. Разрушение образца осуществляется посредством движения одного зажима, второй зажим остается неподвижным. Кроме усилия, во время разрушения образца определяется удлинение.

Определение сопротивления бумаги раздиранию. Принцип работы основан на определении усилия, необходимого для раздираания предварительно надрезанного образца. Определение сопротивления бумаги на продавливание осуществляется на приборе для определения сопротивлению продавливанию. Определения шероховатости и воздухопроницаемости проводится на приборе для измерения воздухопроницаемости и шероховатости по Бендтсену.

Я познакомился с лабораторным оборудованием кафедры «Технологии целлюлозы и композиционных материалов», выяснил как работает это оборудование, для чего оно используется, какие показатели измеряет, и что эти показатели характеризуют. А также установил, что макулатурная масса имеет значительное число загрязняющих примесей.

Симонова А. Н., бакалавр IV курса СПбГТУРП

ПОЛУЧЕНИЕ КАТИОНООБМЕННЫХ СОРБЕНТОВ ИЗ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ

Современное состояние окружающей среды ухудшается, одной из причин этого является загрязнение природных водных систем посредством сброса в них сточных вод. Самый опасный компонент стоков – тяжелые ток-

сичные металлы. Наиболее эффективным подходом к очистке загрязненных водных стоков является использование сорбционных процессов. В основном для сорбции используются синтетические иониты, но в настоящее время они заменяются сорбентами на основе растительного сырья, в частности, древесных отходов.

Древесинное вещество по своей структуре очень удобно для создания сорбентов (катионитов), так как оно обладает высокой пористостью и фибриллярным строением, но сама древесина имеет небольшое количество ионенных группировок. Перспективным способом модификации может быть обработка древесины и ее компонентов кислотными реагентами. Эксперимент заключался в обработке навески еловых опилок массой 0,4-0,6 г раствором серной кислоты при повышенной температуре и пониженном давлении (под вакуумом) в течение 3 ч. По окончании процесса образовывался темно-окрашенный мелкодисперсный материал (полупродукт), который обрабатывали раствором щелочи для получения целевого продукта в ионизированной форме или соляной кислотой для получения катионита в протонированной форме. Для каждого образца титриметрически определялось количество сильнокислотных и слабокислотных функциональных групп по разработанному ранее методу.

Проводилась сорбция катионов тяжелых металлов (Pb^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+}) в динамических условиях титриметрическим методом. Экспериментально установлено, что ионизированная форма катионита обладает большим сродством к ионам металлов, чем протонированная. Также выявлена зависимость выхода продукта и сорбционной емкости образцов от расхода серной кислоты на эксперимент. Определение сорбционной емкости получаемых катионитов показало, что наш продукт может составить конкуренцию промышленным поглотителям.

МЕТОДЫ И МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО СИНТЕЗА ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ХИМИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА С НЕПРЕРЫВНЫМ ЦИКЛОМ

Измерительная система химических, нефтехимических, горнометаллургических и т.п. предприятий с непрерывным производственным циклом необходима для сбора данных о массовых расходах материальных потоков, требующихся для решения задачи согласования материального баланса предприятия [1-3].

Общепринятая модель материального баланса [1-2] – это система линейных алгебраических уравнений вида: $Ax = 0$, где $A = (a_{ij}) \in R^{m \times n}$, $a_{ij} \in \{0, 1, -1\}$ (0 – поток j не участвует в материальном балансе узла i , 1 – является входным, -1 – является выходным), $x \in R^n$ – неизвестный вектор истинных значений массовых расходов материальных потоков, m – количество узлов технологической системы предприятия, n – количество материальных потоков. Вектор x сопоставляется вектору $y \in R^n$ измеренных значений массовых расходов материальных потоков, $y = x + v$, $v \in R^n$ – вектор ошибок измерений. Принято считать [1-3], что v имеет нулевое среднее и ковариационную матрицу $E(vv^T) = \Sigma_v = \text{diag}(\sigma_i^2) \in R^{n \times n}$. При этом, в соответствии с моделью Гаусса-Маркова, оптимальная оценка вектора x имеет вид:

$$\hat{x} = (\sum_v^{-\frac{1}{2}} (I - A^+ A))^{+} \sum_v^{-\frac{1}{2}} y ,$$

где I – единичная матрица, символ «+» означает псевдообращение. Вектор $\hat{x}$ – случайная величина с нулевым средним и ковариационной матрицей $\Sigma_{\hat{x}}$, зависящей от матриц A и Σ_v .

В данной работе указанная модель дополнена экономическими критериями, а получившаяся задача оптимизации решается различными численными методами.

Библиографический список

1. Narasimhan S., Jordache C. Data Reconciliation & Gross Error Detection. Gulf Publishing Company. 2000. 405. p.

2. Bagajewicz M.J. Smart Process Plants. Software and Hardware Solutions for Accurate Data and Profitable Operations. McGraw-Hill Companies, Inc. 2009. 448 p.

3. Ерохин В.И., Лаптев А.Ю., Лисицын Н.В. Согласование материального баланса крупного нефтеперерабатывающего завода в условиях неполных данных // Изв. РАН. ТиСУ. 2010. №2. С.130-140.

Флегентова Н. Ю., бакалавр IV курса СПбГТУРП

Неронова Н.А., бакалавр IV курса СПбГТУРП

Неронова М.А, бакалавр IV курса СПбГТУРП

Сидельников В. И., профессор СПбГТУРП

ПОВЕРКА ПРИБОРОВ КОММЕРЧЕСКОГО УЧЕТА ВОДЫ И ТЕПЛА

В последние десятилетия происходит массовое внедрение приборов учета воды и тепла. Они устанавливаются в жилых и нежилых помещениях. Приборы нужны для коммерческого учета тепла и воды. Они позволяют осуществлять учет, контроль и регистрацию потребления тепло- и водоресурсов, что позволяет сэкономить бюджет и оптимизировать расход воды и тепла.

Согласно Федеральному закону № 102-ФЗ от 26 июня 2008 г. «Об обеспечении единства измерений», для обеспечения единства измерений допускаются приборы утвержденного типа, внесенные в Государственный реестр средств измерений и прошедшие поверку в соответствии с настоящим

законом. Это значит, что все устройства и приборы, предназначенные для каких-либо измерений, обязаны быть поверены и показывать точную информацию, достоверную в определенных пределах. Метрологическая служба ООО «РКС - Энерго» выполняет ремонт, настройку и поверку расходомеров, теплосчетчиков различных типов, термопреобразователей, датчиков давления, счетчиков газа, сигнализаторов загазованности (газоанализаторов), а также занимается конструированием и сборкой проливных установок. Материалы, из которых сделаны детали приборов, в процессе эксплуатации под влиянием измеряемой среды меняют свои свойства, следовательно, изменяются метрологические характеристики всего измерительного прибора.

Поверка прибора представляет собой проверку с целью подтверждение его работоспособности или его неисправности, исключающей его дальнейшее использование.

О результатах поверки выдается официальное заключение с печатью центра стандартизации и метрологии; на поверенный прибор наклеивается голографическая наклейка.

Поверка приборов учета воды производится на специальном проливном стенде. Установка поверочная «ВПУ-ЭНЕРГО» предназначена для испытаний, поверки, калибровки и других работ по определению метрологических и технических характеристик расходомеров, расходомеров-счетчиков, счетчиков, преобразователей расхода жидкости различных типов и назначения. Отличительными особенностями поверочных установок являются высокая степень автоматизации при проведении поверки приборов и при поверке самих установок, а также возможность проведения поверки расходомеров с любыми типами выходных сигналов (ток, напряжение, импульсных любых видов) как по весовому устройству, так и эталонным расходомерам установки.

Принцип действия установок поверочных «ВПУ-ЭНЕРГО» основан на воспроизведении расхода массы и объема протекающей жидкости, которые создаются при помощи насосных агрегатов, гидравлического тракта и

вспомогательных устройств установок, и измерении расхода и количества протекающей жидкости эталонными средствами измерений. Установка поверочная «ВПУ-ЭНЕРГО» состоит из эталонных средств измерений, накопительного резервуара, системы подготовки, подачи и стабилизации измеряемой среды, измерительного участка, системы управления, сбора и обработки информации. Поверочная установка работает методом сличения с эталонными расходомерами, класс точности 0,2 % и весовым методом, класс точности 0,05 %.

Для поверки приборов учета тепла используется стенды СКС6 предназначенные для воспроизведения сигналов силы постоянного тока, сопротивления, частоты и измерения периода следования импульсов входного сигнала при поверке и настройке приборов учета энергоносителей и промышленных контроллеров, работающих с электрическими входными сигналами. Область применения: автоматизированные рабочие места по настройке, проверке и поверке средств учета энергоносителей.

По принципу действия стенд СКС6, является измерительно-вычислительным устройством. Стенд содержит набор многозначных мер выходных сигналов, При этом он позволяет формировать выходные сигналы постоянного тока, сопротивлении, частоты, а также импульсные последовательности с заданным количеством импульсов. Кроме этого, стенд позволяет осуществлять измерение периода следования электрических импульсов и контроль состояния девяти сигналов “замкнуто/разомкнуто”.

Тимашкова Ю.И ., магистрант I курса СПбГТУРП

Шанова О.А. , доцент СПбГТУРП

ОБРАЩЕНИЕ С РТУТЬСОДЕРЖАЩИМИ ОТХОДАМИ ПОТРЕБЛЕНИЯ

Одна из экологических проблем - загрязнение окружающей среды ртутью и ее соединениями.

Отходы, в которых содержатся ртуть и её соединения, относятся к 1 классу опасности, т.е. к чрезвычайно опасным, что нужно учитывать при эксплуатации ртутных ламп и дальнейшем обращении с отработанными лампами. При их складировании, долгосрочном хранении и транспортировке возникает опасность нарушения герметичности ртутьсодержащих ламп (в т.ч. энергосберегающих) и, как следствие, загрязнение окружающей среды ртутью в различных формах.

В соответствии с Федеральным законом РФ №261 от 23.11.2009 г. «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с 1 января 2011 г. предусмотрен комплекс мер, направленный на сокращение оборота на территории Российской Федерации электрических ламп накаливания и поэтапный переход на использование энергосберегающих ламп.

При введении этих нормативных документов не была предусмотрена разработка системы обращения (сбор, накопление, транспортировка) с отработанными ртутьсодержащими лампами, образующимися у населения. Поэтому множество опасных отходов (ртутные лампы, градусники, батарейки и другие ртутьсодержащие отходы) оказываются в обычных бытовых отходах, что может приводить к угрозе ртутного загрязнения достаточно больших территорий.

Таким образом, утилизация ртутьсодержащих отходов заключается не только в проблеме сбора отходов, но и в информационной неосведомленности населения. Многие не знают, как и куда сдавать ртутьсодержащие отходы, а также - какие товары содержат ртуть.

Актуальность проблемы обращения с ртутьсодержащими отходами потребления и необходимость предотвращения поступления соединений ртути в окружающую среду послужили важным фактором для разработки документов, регламентирующих ограничение производства и использования товаров и продуктов, содержащих ртуть.

Так, 8 июня 2011 г. в Страсбурге была принята Директива № 2011/65/ЕС «Об ограничении использования определенных опасных веществ в электрическом и электронном оборудовании», на основании которой в 2013 г. в Республике Казахстан была разработана программа «Система сбора, хранения и утилизации ртутьсодержащих ламп».

В заключение можно указать, что Российской Федерации отсутствует единая система обращения с ртутьсодержащими отходами потребления, нет достоверной информации о количестве ламп у населения, отдельный сбор ртутьсодержащих отходов несовершенен, а информационная осведомленность населения очень низка. Поэтому необходимо принимать меры по совершенствованию программы утилизации ртутьсодержащих отходов потребления.

Ланг А.В., бакалавр III курса СПбГТУРП

Дмитревич И.Н., доцент СПбГТУРП

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ КИНЗЫ К ИОНАМ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

К числу наиболее опасных веществ, загрязняющих окружающую среду, относятся соединения тяжелых металлов, основными источниками которых являются предприятия металлургической, химической, и электронной промышленности. Попадая в воздух, почву и в водную среду, они аккумулируются в организме человека, провоцируя развитие целого ряда серьезных заболеваний иммунной, нервной, костной и репродуктивной систем.

Поиск детоксицирующих лекарственных энтеросорбентов, связывающих тяжёлые металлы в желудочно-кишечном тракте, – одно из важных направлений современной медицины и фармакологии. Особый интерес представляют энтеросорбенты растительного происхождения, которые в отличие от синтетических препаратов не оказывают побочного влияния на организм

человека и являются источником ряда полезных веществ. К числу таких сорбентов относится – однолетнее травянистое растение семейства зонтичных рода Кориандр (*Coriandrum*), известное в быту как кинза. В США выпускается лекарственный препарат Cilanto Metal Detox, предназначенный для выведения тяжелых металлов, который содержит кориандр в качестве активного комплексообразующего компонента.

Однако количественная оценка сорбирующей активности кинзы в научной литературе отсутствует, что осложняет понимание механизма её действия и затрудняет возможность рационального использования энтеросорбента в лечебных целях. Задачей настоящей работы является изучение закономерностей кинетики сорбции ионов Zn^{2+} и Cu^{2+} кинзой и определение максимальной эффективности сорбции в условиях полного насыщения сорбента. Данные исследования являются начальным этапом изучения механизма энтеросорбирующего действия кинзы.

Нами было изучено изменение сорбции растворов солей $CuCl_2$ и $Zn(NO_3)_2$ кинзой во времени (от 0,5 до 13 ч.). Условия проведения эксперимента (соотношение твердой и жидкой фаз 1:100, $pH = 7$ и $t = 37\ ^\circ C$) соответствовали реальному состоянию системы в кишечном тракте человека. Величина сорбции рассчитывалась по изменению концентраций растворов солей до и после сорбции, которые определялись методами йодометрического (для Cu^{2+}) и комплексонометрического (для Zn^{2+}) титрования. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

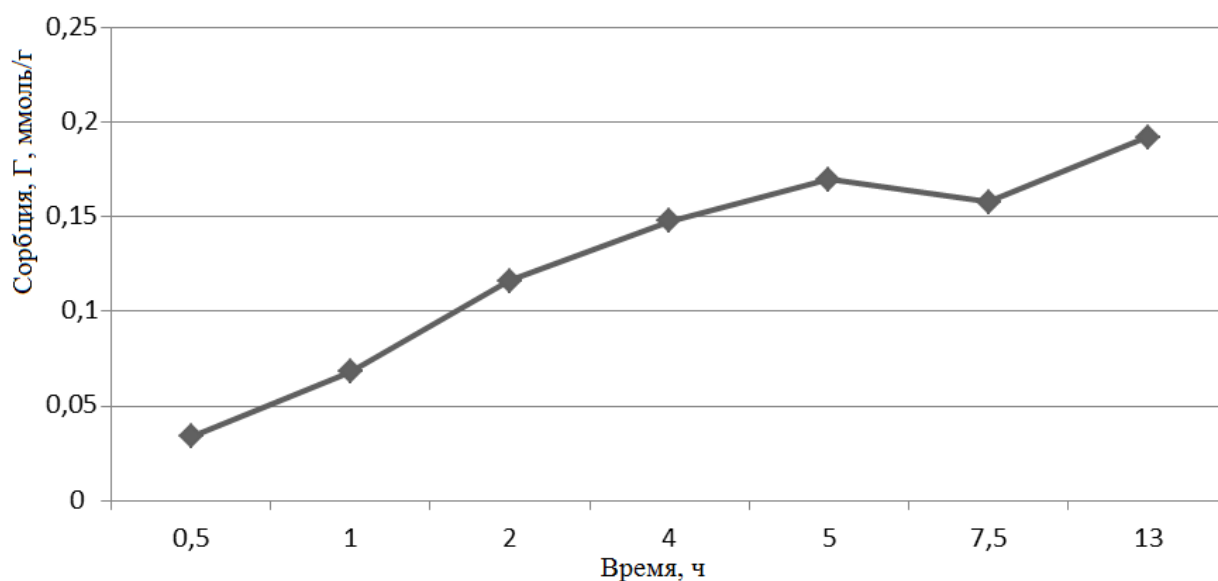


Рис 1. Зависимость величины сорбции ионов меди (ммоль/г) от времени (ч.)

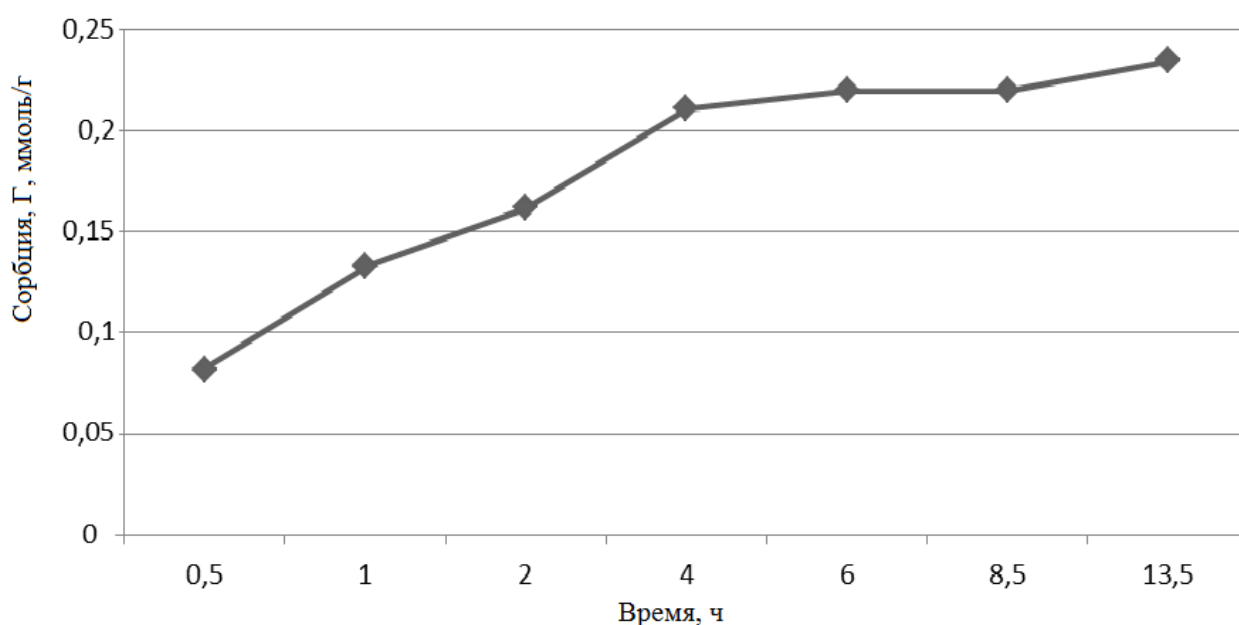


Рис 2. Зависимость величины сорбции ионов цинка (ммоль/г) от времени (ч.)

Полученные данные показывают, что сорбционные процессы на кинзе протекают очень медленно. Время достижения сорбционного равновесия, составляет для цинка 4 ч., для меди 5 ч.. Однако этого времени достаточно для сорбции и выведения тяжелых металлов из кишечника, где сорбент вместе с пищей находится в среднем от 5 до 8 ч.

На основании данных таблице, отражающих влияние концентрации растворов солей металлов на эффективность сорбционного процесса, может быть сделан вывод: эффективность сорбции увеличивается с уменьшением концентрации и составляет максимум 33,9 % для ионов цинка и 28,6 % для ионов меди. Также нами был проведен сравнительный анализ сорбционной активности кинзы и ряда наиболее распространённых энтеросорбентов, который показал, что в одинаковых условиях кинза лучше сорбирует ионы меди и цинка, чем активированный уголь, и полифепан.

Зависимость сорбции ионов Cu^{2+} и Zn^{2+} от концентрации растворов

Ион	Начальная концентрация ионов, C , моль/л	Концентрация ионов после сорбции, C , моль/л	Величина сорбции Γ , ммоль/г	Эффективность сорбции B , %
Zn^{2+}	0,0045	0,0029	0,151	33,9
	0,0202	0,0154	0,480	23,8
	0,0307	0,0258	0,495	16
Cu^{2+}	0,0034	0,0024	0,096	28,6
	0,0235	0,0221	0,140	6
	0,0485	0,0385	1,00	20

Наши исследования подтвердили достаточно высокую сорбционную активность кинзы по отношению к ионам тяжелых металлов. Однако механизм данного явления практически не изучен. Так как клеточная мембрана кинза и целлюлоза идентичны, представляется возможным использовать для объяснения изучаемого процесса теорию Никифоровой Т.Е. [1], согласно ко-

торой ионы металлов физически сорбируются растительным биополимером по ионообменному механизму. Можно предположить, что в роли активных ионообменных центров клеточной мембраны кинзы выступают карбоксильные группы моно- (глюкоза, сахароза, фруктоза), ди-полисахаридов (пектин, целлюлоза).

Библиографический список

1. Никифорова Т. Е. Физико-химические основы хемосорбции ионов d-металлов модифицированными целлюлозосодержащими материалами: автореф. дис. докт. хем. наук: - Иваново, 2014. - 32 с.

Содержание

Материалы региональной студенческой научно-практической конференции «Дни науки - 2015».....	3
Семичев А.И. Создание информационной системы учета энергосберегающих мероприятий.....	4
Курашов С.В. Модернизация системы автоматизации блока биологической очистки сточных вод.....	5
Прохоров Д.А. Повышение эффективности работы бумаго- и картоноделательных машин путем модернизации пароконденсатных систем.....	6
Ионин Е.Н. Модернизация систем вентиляции на предприятиях ЦБП.....	10
Плахута А.Д. Применение разработанной методики расчета радиуса эффективного теплоснабжения для решения задач по оптимизации зон действия теплоисточников.....	14
Карпов И.А. Исследование поверхностных свойств бинарной смеси амфифильных соединений.....	17
Дорошенкова И.Р., Малянова К.С., Неронова С.В., Слюта М.О. Программа удаленного мониторинга и управления производством.....	20
Иванова В.В., Антонов И.В., Шишкин А.И. Сравнительная оценка эффективности определения токсичности воды исследуемых рек и озер Санкт-Петербурга и Ленинградской области морфофизиологическим и хемотаксическими методами.....	22
Иванова И.А., Антонов И.В., Потанин Г.Ю. Биоиндикация водоемов северо-восточной части бассейна Финского залива по зоопланктону и зообентосу.....	26
Какимов М.Г., Волкова Е.Н. Перспективы использования промышленных отходов для улучшения свойств почвы.....	28
Иванов Д.С., Кушнеров А.И., Шишкин А.И. Оценка нагрузки сброса сточных вод для рек бассейна Белого моря в границах Архангельской области.....	32
Ремизова А.А., Антонов И.В., Шишкин А.И. Сопоставление интегральных гидрохимических и гидробиологических показателей при комплексной оценке качества воды.....	35
Дмитриева П.П. Жидкостная экстракция в полях механических колебаний.....	38
Зорькина И.С. Взаимосвязь термодинамических и гидродинамических характеристик при взаимном движении двухфазной системы (жидкость-жидкость).....	40
Кузнецова Е.И. Роторно-пульсационный экстрактор.....	43

Линевич Ю.Н. Межфазная турбулентность и ячейки Бенара.....	46
Мельничук Д.Ю. Межфазная турбулентность и эффективность жидкостной экстракции.....	48
Федорова Д.С. «Странный аттрактор» Эдварда Лоренца.....	50
Шулепов Е.С. Исследование процесса эмульгирования и гидродинамического механизма экстракции.....	53
Бурдаков В.В. Нормирование техногенной нагрузки на реку Нева на основе геоинформационных систем.....	55
Епифанова М.А. Квотирование антропогенной нагрузки на водный объект с использованием математического моделирования.....	58
Строганова М.С., Кушнеров А.И., Шишкин А.И. Факторы, лимитирующие формирование кислородного режима водных объектов.....	60
Афонькина М.А., Битеева К.Э., Морева Ю.Л. Современные методы очистки нефтесодержащих сточных вод на ТЭЦ.....	63
Петрова А.В., Афонькина М.А., Морева Ю.Л. Исследование механизмов ультрафильтрационного выделения сульфатного лигнина на трековых мембранах.....	67
Коваль О.Н., Афонькина М.А., Захарова О.Д., Морева Ю.Л. Исследование электроповерхностных свойств трековых мембран.....	71
Наволоцкая А.Н., Жвакунова О.С., Битеева К.Э., Морева Ю.Л. Исследование влияния перемешивания на ультрафильтрационное выделение технических лигнинов на трековых мембранах.....	74
Материалы студенческой научно-практической конференции «Аналитическая химия».....	76
Спирягина М.Н., Кузнецова М.С., Пругло Г.Ф. Потенциометрическое определение содержания активной щелочи в варочных щелоках.....	77
Сизова А.О., Лебедева Е.А., Пругло Г.Ф. Использование экстракционно-фотометрического метода для определения меди в водных растворах.....	80
Кнутова А.С., Тишкина А.М., Пругло Г.Ф. Контроль качества стандартных растворов NaOH с использованием метода потенциометрического титрования соды и щелочи при их совместном присутствии.....	83
Борисова Д.М., Никифорова Т.А., Пругло Г.Ф. Фотометрический метод определения массовой концентрации лигносульфоната натрия.....	87
Сукач А.П., Кочетова А.А., Пругло Г.Ф. Проверка концентрации стандартных растворов NaOH методом высокочастотного титрования.....	92

Симонова А.Н., Вечур В.В., Пругло Г.Ф. Определение содержания активной щелочи и сульфида натрия в варочных щелоках методом высокочастотного титрования.....	96
Гришина В.Е., Масян П.В., Пругло Г.Ф. Определение меди методом косвенной кулонометрии.....	98
Андранович О.С., Горбунова М.А., Федорова О.В. Исследование кинетики сорбции неорганическими сорбентами (Al_2O_3) и биосорбентами	103
Материалы региональной студенческой научно-практической конференции «Мой вклад в науку - 2015».....	108
Булгакова В.А. Технология производства алюминиевой тубы. Преимущества и недостатки данного вида упаковки.....	109
Иванова В.В. Структура управления и функции Невско-Ладужского бассейнового водного управления (НЛБВУ).....	111
Ким А.В., Бондаренкова И.В. Санкт-Петербургская бумажная фабрика филиал ФГУП «ГОЗНАК».....	114
Вечур В.В. Производство изделий из санитарно-гигиенических бумаг.....	117
Новиков Е.М. Исследование макулатурной массы и отливок.....	119
Симонова А.Н. Получение катионообменных сорбентов из лигноцеллюлозного сырья	121
Огородникова М.А. Методы и модели оптимального синтеза измерительных систем химического производства с непрерывным циклом.....	123
Флегентова Н.Ю., Неронова Н.А., Неронова М.А., Сидельников В.И. Поверка приборов коммерческого учета воды и тепла.....	124
Тимашкова Ю.И., Шанова О.А. Обращение с ртутьсодержащими отходами потребления.....	126
Ланг А.В., Дмитриевич И.Н. Изучение сорбционной активности кинзы к ионам тяжелых металлов.....	128

Научное издание

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
СТУДЕНЧЕСКИХ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИХ КОНФЕРЕНЦИЙ
(Санкт-Петербург, 2015 год)

Корректор Н.П. Новикова

Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2016 г., поз. 62

Подп. к печати 14.06.16. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1.

Печать офсетная. Объем 8,5 п.л.; 8,5 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.

Изд. № 62 . Бесплатно. Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.