

МАТЕРИАЛЫ
студенческой научно-практической конференции

«Фестиваль науки – 2020»



Санкт-Петербург
2021

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

МАТЕРИАЛЫ
студенческой научно-практической конференции

«Фестиваль науки – 2020»

Научное издание
2021

*Под общей редакцией кандидата химических наук,
доцента Ю. Л. Моревой*

Санкт-Петербург
2021

УДК 001.891
ББК 72
М 34

Редакционная коллегия:

кандидат химических наук, доцент *А. В. Лоренцсон* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна);
кандидат химических наук, доцент *Ю. Л. Морева* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

М34 Материалы студенческой научно-практической конференции «Фестиваль науки – 2020» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО СПбГУПТД; под общ. ред. Ю. Л. Моревой.— СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. — 108 с.

Сборник включает материалы Студенческой научно-практической конференции «Фестиваль науки – 2020», состоявшейся 30 ноября 2020 г. в Высшей школе технологии и энергетики СПбГУПТД.

Статьи представлены в авторской редакции. Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен, названий и иных сведений, а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы публикуемых материалов.

УДК 001.891
ББК 72

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2021

Содержание

Литвинова А. В. Апсайклинг: вторая жизнь вещей	5
Пешкун Е. Д., руководитель: Шанова О. А. Технологии обращения с отходами фреонов	10
Николаева А. Г., руководитель: Громова Е. Н. Проблема утилизации твёрдых бытовых отходов.....	15
Данилова С. А., руководитель: Волкова Е. Н. Биологические методы ремедиации почвы, загрязненной нефтью и нефтепродуктами.....	19
Ефремова С. С., руководитель: Шанова О. А. Технологии обращения с отходами масел, содержащими СОЗ.....	23
Матвеева П. С., Сулейманова А. Ю., руководитель: Морева Ю. Л. Аэротенки с нитрификацией и денитрификацией.....	28
Гибадулина К. А., Ражникова К. В., руководитель: Морева Ю. Л. Аэротенки с биологической дефосфотацией.....	31
Никонова Ю. С., руководитель: Морева Ю. Л. Очистка сточных вод при производстве синтетических моющих средств.....	35
Веригина М. С., Соколова Е. А., Айлыева А., руководитель: Ветрова Ю. Н. Пути решения экологических проблем в строительстве.....	41
Чухачёва А. И., руководитель: Васильева Е. А. Изменение состава ТКО в условиях пандемии.....	46
Баженичев Е. В., Иванова Д. А., руководитель: Громова Е. Н. Проблемы организации воздухообмена в помещениях общественного назначения.....	53
Девизорова М. А., руководитель: Морева Ю. Л. Разработка сооружений очистки сточных вод предприятия, производящего растворимый кофе.....	56
Шалимова С. А., руководитель: Морева Ю. Л. Очистка сточных вод на атомных электростанциях.....	60

Иванова Д. А., Баженичев Е. В., руководитель: Громова Е. Н. Вывоз и утилизация твердых бытовых отходов в ВШТЭ СПбГУПТД	65
Цой Е. В., руководитель: Епифанов А. В. Особенности моделирования нефтяных разливов в акваториях.....	68
Гумбатова С. М., руководитель: Антонов И. В. Риск аварийных разливов нефтепродуктов на морских акваториях и планы их предупреждения и ликвидации	72
Дюмина А. А., руководитель: Шанова О. А. Технология получения дистиллированного глицерина на стадиях очистки и концентрирования глицериновых вод.....	76
Ефремова С. С., руководитель: Шанова О. А. Технологии обезвреживания, утилизации и переработки отходов, содержащих СОЗ.....	79
Дюмина А. А., руководитель: Шанова О. А. Технология очистки выбросов от производства сухих СМС.....	84
Никонова Ю. С., руководитель: Морева Ю. Л. Основы производства порошкообразных синтетических моющих средств.....	88
Беломоев Р. П., руководитель: Дягилева А. Б. Механизм оценки накопленного экологического ущерба в зоне водовыпусков сульфитного предприятия и его влияние на повышение экологической эффективности предприятия.....	92
Пешкун Е. Д., руководитель: Шанова О. А. Технологии обезвреживания, утилизации и переработки отходов климатического оборудования.....	95
Антончик А. И., руководитель: Морева Ю. Л. Реагенты в схемах обессоливания воды.....	98
Иванова А. Д., руководитель: Морева Ю. Л. Обессоливание воды методом ионного обмена.....	103

АПСАЙКЛИНГ: ВТОРАЯ ЖИЗНЬ ВЕЩЕЙ

А. В. Литвинова
СПБГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Проблема утилизации вещей в стремительно меняющемся мире с каждым днем становится все более масштабной. Самый приемлемый способ утилизации – вторичное использование, которое помогает не только уменьшать количество свалок, но и сберегать ресурсы. Старые вещи, которые уже нельзя использовать по назначению, можно переосмыслить, дать им «вторую жизнь». В данной статье рассматриваются примеры, как люди могут распоряжаться ненужными вещами, повторно использовать вещь в целях сохранения окружающей среды

Ключевые слова (словосочетания): экологический дизайн, проблема утилизации, вторичная переработка и использование вещей, вторая жизнь вещей, апсайклинг.

Проблемы экологии касаются каждого человека на Земле, именно поэтому к данной теме такое повышенное внимание. Чтобы сохранить природу чистой и красивой, необходимо правильно распоряжаться теми вещами, которые стали ненужными. У многих людей в гардеробе есть вещи, которые не используются, а просто занимают место в шкафу. Очень часто они бывают совсем новые или надеты всего пару раз, но в магазин их уже не вернуть и некому подарить.

И поэтому люди стали все чаще задумываться, как повторно использовать какую-то вещь. И не только в целях экономии, но и для сохранения окружающей среды. Один из самых эффективных способов – это вторичная переработка.

Старые вещи, которые уже нельзя использовать по назначению, можно творчески оценить. Так из старой бутылки получается светильник, из советской радиолы – прикроватная тумбочка, из кожаного чемодана – журнальный стол. Починить, отреставрировать и дать вторую жизнь – забота о старых вещах стала популярным трендом. У этого тренда есть название – апсайклинг (от англ. upcycling), что означает вторичное использование старого предмета с новым функционалом (рис. 1. – а-в) [5, 6].

У скандинавов, поддерживающих экологичное и разумное потребление, эта тенденция получила живой отклик. Во-первых, это практично – нет необходимости покупать новые предметы, когда можно использовать старые. Во-вторых, это дает возможность разнообразить свой интерьер и творчески подойти к оформлению дома.

а)

б)

в)



Рис. 1. Примеры апсайклинга: а – изделия из запчастей и инструментов (игрушки, подставки, предметы интерьера), б – светильники и другие интерьерные вещи из водопроводных труб, бутылок, в – стулья из книг

В России тоже уделяется внимание вторичной переработке вещей. Одежда, текстиль рано или поздно оказываются на свалках и загрязняют почву и воздух. Площадь свалок в России достигает 4 млн. га, а текстиль составляет от 2 % до 7 % мусора на полигонах [7].

Согласно исследованиям выяснилось, что объём текстиля, который ежегодно оказывается на мусорных полигонах Подмосковья, при разложении выделяет столько же CO₂, сколько 450 тысяч автомобилей, которые в течение года ездят по городу. Для биоразложения натуральных волокон на свалке могут потребоваться десятки лет (рис. 2.) [1].

При разложении в атмосферу выделяются метан и углекислый газ. Распад синтетических волокон на свалке продолжается на порядок дольше, при этом выделяются ядовитые вещества в почву и грунтовые воды.



Рис. 2. Изображения свалок России

Текстиль — слишком дешевая фракция, требующая большой подготовительной работы, и его переработка нерентабельна, поэтому коммерческие компании/фирмы, которые принимают на переработку пластик и макулатуру, не берутся за решение данной проблемы.

Работа с одеждой в плохом состоянии не интересна НКО, ведь вещи в плохом состоянии не отдашь нуждающимся.

В России постепенно приходит понимание, что ненужная одежда – огромный ресурс и катализатор изменений. Она важна не только для того, чтобы бездомный не замерз на улице, а девушка из нуждающейся семьи пошла на выпускной бал красивой. Ненужную одежду, вещь, которую обычно несут в ближайший контейнер для отходов, можно переработать и вследствие этого дать «вторую жизнь» в виде функционального предмета или арт-объекта.

Команда фонда «Второе дыхание» уже несколько лет собирает, сортирует, перераспределяет и перерабатывает одежду. В пяти городах России – Москве, Казани, Костроме, Ярославле и Ростове Великом – работают 90 сотрудников фонда, установлено 120 контейнеров, проведено около 500 акций по сбору одежды. С 2016 года по март 2020 г. фонд собрал более 1 млн. 400 тыс. кг одежды. Сервисами «Второго дыхания» пользуются более 200 тыс. человек (рис. 3) [4].



Рис. 3. Фонд «Второе дыхание» собирает, сортирует, перераспределяет и перерабатывает одежду

Контейнерами фонда «Второе дыхание» можно воспользоваться, когда удобно: не нужно узнавать часы работы, ни с кем договариваться и сообщать о своём приезде. Свои ненужные вещи можно сдать анонимно (рис. 4).



Рис. 4. Контейнеры фонда «Второе дыхание»

В Санкт-Петербурге существует пункт приема старой одежды «Перемолка». «Перемолка» – это профессиональный сленг в текстильной промышленности, обозначающий перемалывание одежды на волокна и производство регенерированного волокна, которое в дальнейшем имеет широкий спектр использования, например, в качестве подложки под линолеум (рис. 5). Так же пункт «Перемолка» отдает обувь и одежду в хорошем состоянии нуждающимся.



Рис. 5. Пункт приема старой одежды «Перемолка»

Крупные магазины поддерживают экологическую политику (рис. 6.).

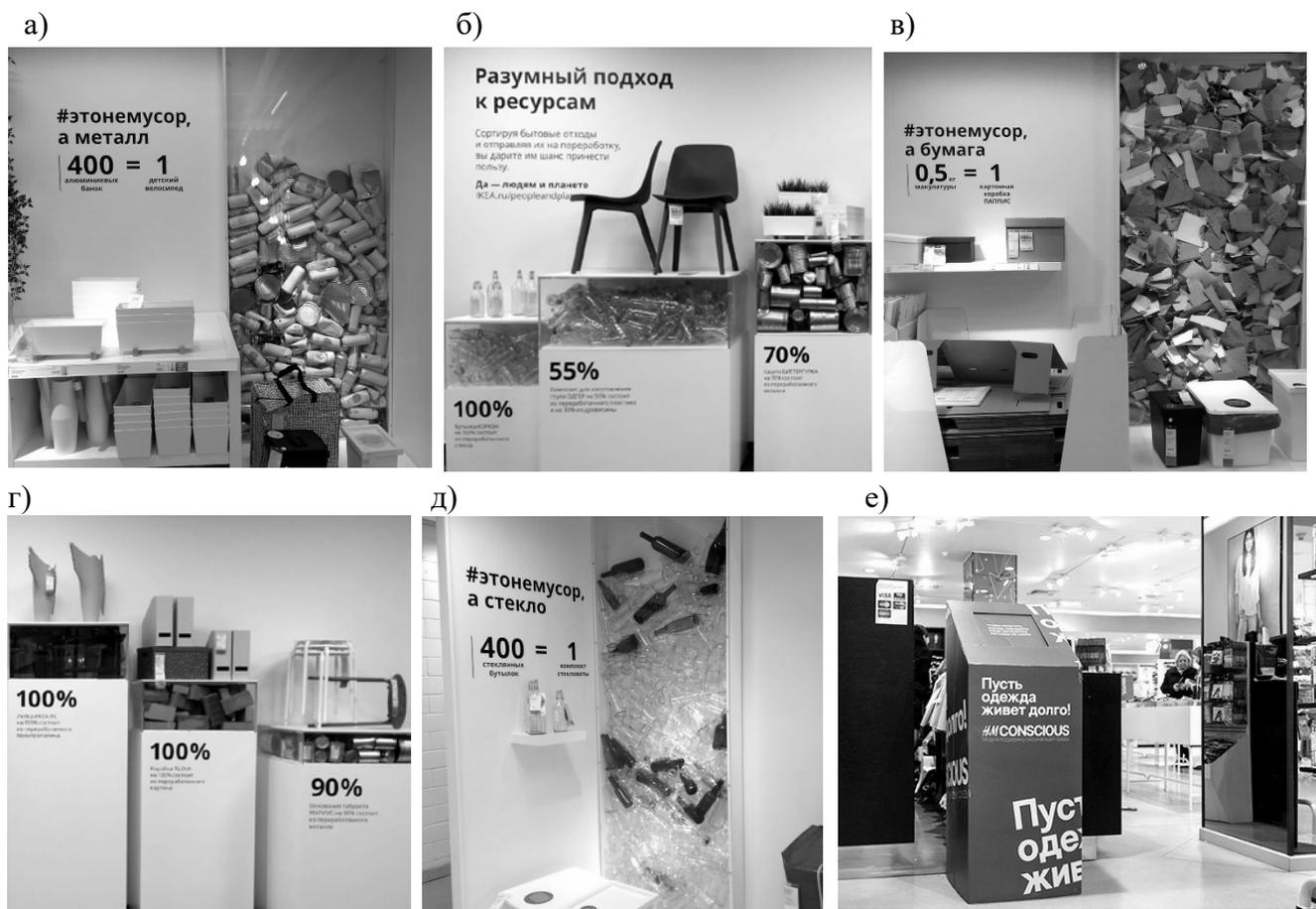


Рис. 6. Известные магазины поддерживают вторичную переработку вещей: а-д. – в Икее очень наглядно показали, как они перерабатывают мусор; е – контейнер в магазинах H&M

В Санкт-Петербурге 7 лет функционирует проект «Зайка-мозаика», благодаря которому новую жизнь могут приобрести тарелки с осколком, чашки, подставки под кашпо и т.д [3].

Цель проекта «Зайка-мозаика» – дать шанс вещи на вторую жизнь, но уже в новом качестве (рис. 7). Своими работами дизайнер старается обратить внимание людей на свое потребление, хочет, чтобы они больше задумывались об экологии и сознательно относились к идее вторичной переработки.



Рис. 7. Работы мастерской эко-мозаики «Зайка-мозаика»

Петербуржцы Наталия Осикова и Виталий Осипов запустили бренд одежды из переработанного денима Jeans Revision. Сумки, фартуки и платья они шьют из старых джинсов с небольшими дефектами, которые забирают из благотворительного магазина «Спасибо!», подключая к процессу производства десятки людей с инвалидностью.

Петербурженка Александра Полярус превращает в сумки то, что на первый взгляд не пригодится, даёт новую жизнь послужившим автомобильным и велосипедным камерам, рекламным баннерам, ремням безопасности [3]. «Неубиваемый» материал (обычно отправляющийся сжигаться на свалку) наделяет стильные рюкзаки, клатчи, сумки и аксессуары завидной долговечностью и практичностью.

Созданная из вторичного сырья продукция является экологически чистой, а плюс к этому она помогает значительно сокращать количество отходов. Апсайклинг – это творчество, а не какой-то там технологический процесс на производственном предприятии. А потому, как особый вид искусства, апсайклинг полезен не только для экологии и экономики, но и для стремления человека к творческому самовыражению [2]. Это даже своего рода арт-терапия. Ведь, когда человек создает что-то своими руками, он не просто направляет в полезное русло свою энергию, но и снимает таким образом стресс, избавляется от негативных эмоций. А видя конкретный, приносящий пользу, результат своей деятельности, он не только самореализуется, но и повышает свою самооценку.

Библиографический список:

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Экология: Учебное пособие для студентов. – М.:ЮНИТИ ДАНА, 2006. – 495.
2. Апсайклинг – новая жизнь старых вещей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.troitskwool.com/designer/articles/view/33898.htm>. – 19.06.2020.
3. Вторичная переработка пластмасс / Ф. Ла Мантия (ред.); пер. с англ. под. ред. Г. Е. Заикова – СПб.: Профессия, 2006. – 400 стр., ил.
4. Вторая жизнь вещей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topspb.tv/programs/stories/491553/> – 19.06.2020.
5. Панкина М.В., Захарова С.В. Экологический дизайн как направление современного дизайна. Определение понятия // Современные проблемы науки и образования. – 2013.- № 4. С. 51-55.
6. Популярный тренд в скандинавском дизайне [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bonava.ru/idei/dom/novaya-zhizn-staryh-veshhej>. – 19.06.2020.
7. Утилизация промышленных отходов в России и в мире: проблемы и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://magazine.neftgaz.ru/articles/ekologiya/536780-utilizatsiya-promyshlennykh-otkhodov-v-rossii-i-v-mire-problemy-i-resheniya/> – 19.06.2020.

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ФРЕОНОВ

Пешкун Е. Д., Шанова О. А.
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Работа посвящена аналитическому обзору технологий сбора, накопления, подготовки отходов фреонов и их последующего обезвреживания. Рассмотрен состав и свойства отходов фреонов. Описаны технологии, представленные на рынке, и патентный обзор перспективных технологий, установок и оборудования переработки отходов фреонов. Оценены основные риски в технологических процессах при переработке отходов фреонов.

Ключевые слова (словосочетания): отходы фреонов, озоноразрушающие вещества, технологии обезвреживания, термokatалитическое окисление, регенерация.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов, отходы фреонов относят к «Отходам холодильных агентов», код ФККО 91850200000. Данный раздел содержит в своем составе «Отходы холодильного агента на основе аммиака», код ФККО 91850201104. Также к отходам, образующимся в процессе потребления и производства, относят [1]:

- эмульсия водно-масляная компрессорных установок холодильного оборудования, содержащая аммиак, код ФККО 91850311313;
- отходы очистки хладагента на основе водного раствора хлорида кальция, код ФККО 91851131394;
- отходы деталей и комплектующих холодильного оборудования, код ФККО 91852000000;
- отходы фильтр-осушителей фреонов холодильного оборудования, код ФККО 91852111524;
- фильтры очистки масла компрессоров фреонов холодильного оборудования обработанные, код ФККО 91852212523.

Реализация проектов Организации Объединенных Наций по промышленному развитию, направленных на организацию экологически безопасной утилизации холодильной техники, предполагает извлечение вспенивающих и холодильных агентов из оборудования. Это позволяет странам-бенефициарам проектов снизить объемы выбросов озоноразрушающих веществ и парниковых газов в атмосферу [2]. Кроме того, благодаря проектам обеспечивается безопасное обращение с опасными веществами, поощряется вторичная переработка материалов, сохраняется здоровье людей, сокращается площадь мусорных полигонов и снижается энергопотребление [2].

На долю 19 стран с переходной экономикой приходится, ориентировочно, около 17 % от общего объема потребления озоноразрушающих веществ. Это значит, что в оборудовании таких стран содержится до 642400 тонн озоноразрушающего потенциала, или от 2300 до 3400 миллионов тонн эквивалента CO₂. Дифторхлорметан (фреон-22) относится к малоозоноразрушающим веществам. Его применяют в качестве хладагента, а также для получения фтор-мономеров [2]. В настоящее время в России выпуск фреона-22 составляет 70 тыс. тонн в год, мировое производство – около 1,2 млн. тонн в год. В промышленности фреон-22 (дифторхлорметан) получают жидкофазным фторированием хлороформа фтороводородом в присутствии катализатора пентахлорида ртуты. Выход

продуктов по основному сырью с учетом всех потерь составляет 92-94 %. Расход хлороформа на 1 т готового продукта –1380 кг [2].

Особенности структуры молекулы некоторых хладагентов приводит к возникновению глобальных экологических проблем. Отходы хладагентов активно взаимодействуют с металлами, они являются катализаторами температурного разложения хладагентов. Пожароопасность отходов хладонов зависит от процентного содержания атомов водорода, брома, фтора, хлора в молекуле. Химические свойства хладонов: являются сильными растворителями и могут взаимодействовать с резиновыми уплотнительными деталями в холодильниках. Особые требования предъявляются также к маслам, которые используются в холодильных машинах. Поэтому наиболее востребованы в холодильных установках синтетические масла.

Согласно ИТС 15-2016 Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом), утилизация с целью извлечения вторичных материальных ресурсов для дальнейшего использования состоит из основных этапов переработки холодильного оборудования:

- освобождение контура охлаждения;
- удаление и переработка смеси масла и хладагента, которой заполнен контур охлаждения;
- отделение компрессора, состоящего в основном из сплава железа и меди;
- механическая переработка, удаляются содержащиеся во вспененной изоляции холодильника вспенивающие агенты (фторхлоруглеводороды). Холодильник измельчается в закрытой установке в атмосфере азота и при небольшом разрежении. В результате такой обработки происходит контролируемое выделение находящихся в пеноматериале вспенивающих агентов. Образующиеся газы отсасываются из измельчающей установки, отфильтровываются путем пропускания через батареи с активированным углем и накапливаются в специальном резервуаре.

Сбор холодильного агента заключается в удалении холодильного агента. В нем находится воздух, кислоты, воды, примеси других холодильных агентов или твердые частицы, которые могли появиться в результате сгорания двигателя [3].

Используют 2 основных метода для сбора:

1) сбор в состоянии пара – происходит соединение гибкой трубки всасывающего штуцера устройства с клапаном Шредера со стороны низкого давления установки и соединения выпускного штуцера с контейнером для сбора. На входе устанавливается фильтр-осушитель, он должен заменяться через некоторые промежутки времени при каждой смене холодильного агента;

2) сбор в состоянии жидкости – производится быстрее. Баллон для сбора имеет два штуцера, один нужен для жидкости, другой для пара. Устройством обеспечивается накачивание парообразного холодильного агента через верхнюю часть баллона низкого давления агрегата, создавая вакуум в его контуре. Из-за разницы давления между баллоном и агрегатом происходит перекачивание жидкого холодильного агента в баллон. После того как вся жидкость удалена, производится удаление оставшегося пара путем изменения схемы подсоединений.

При регенерации холодильного агента производится сначала очистка холодильного агента для снижения уровня загрязнения, этот процесс проводится путем отделения масла и фильтрации через фильтры-осушители [3]. Современные устройства для регенерации способны производить продувку и накапливать холодильный агент в баллоне. Затем его можно вновь использовать в этом же контуре. Переработка холодильного агента позволяет восстановить его рабочие показатели на уровне заданных при изготовлении, это можно проверить путем проведения химического анализа [3]. На практике для восстановления начальных параметров устройство должно обеспечивать отделение масла, выделение кислот, частиц твердых засорений, влаги и воздуха. Во время функционирования холодильный агент загружается и попадает в устройство в виде пара или жидкости,

подвергаясь кипению и воздействию давления. Затем попадает в сепаратор, скорость снижается и это приводит к поднятию вверх сильно разогретого пара, а частицы загрязнений падают на дно и удаляются. Очищенный пар поступает в конденсатор и переходит в состояние жидкости, в камере охлаждения происходит переохлаждение. Остаточная влажность удаляется фильтром [4].

Риск переработки заключается в основном в воздействии на окружающую среду – утечка хладагента в случае разгерметизации оборудования.

Перспективные технологии переработки отходов фреонов:

1. Полная переработка холодильной техники с технологией уничтожения озоноразрушающих веществ:

- предварительная обработка;
- резка и разделение материала;
- дегазация и окончательное уничтожение озоноразрушающих веществ.

В наиболее старых моделях холодильников и морозильных камер используются холодильные агенты на основе хлорфторуглеродов (ХФУ), а эти вещества являются самыми опасными для озонового слоя Земли. Поэтому такие модели должны обрабатываться особенно тщательно, чтобы можно было извлечь, а затем уничтожить как можно больше ХФУ. В стандартных системах переработки холодильной техники извлечение озоноразрушающих веществ проходит в два этапа. На первом из холодильного контура извлекается хладагент, а на втором — вспенивающее вещество из пеноизоляции прибора.

2. Новый метод переработки холодильной техники с дополнительным этапом каталитической обработки газа [4].

Комплексное решение, предложенное инженерами из Германии, обеспечивает экономичную переработку холодильного оборудования, совмещая механическое дробление с термокаталитическим окислением хладагента и вспенивателя. Это означает, что процедура, связанная с уничтожением озоноразрушающих веществ в автономной мусоросжигательной печи в другом месте, или в печи для обжига цемента, более не требуется. Единственными конечными продуктами переработки являются твердый порезанный материал, диоксид углерода, а также солевой раствор. Исключение нескольких этапов значительно сокращает затраты на переработку. Данное решение исключает несколько лишних этапов, требуемые другими методами, такие как дорогостоящий процесс инертирования шредера азотом, дорогое сжижение, розлив в емкости, транспортировка и утилизация хладагентов и вспенивателей. В отличие от криогенных методов, поток воздуха в установке не нужно охлаждать.

Этап 1: Предварительный демонтаж – комплектующие, изготовленные из стекла или дерева, пластиковая пленка, электрические кабели, конденсаторы, ртутные реле и компрессоры извлекаются и собираются. Хладагенты и масла извлекаются путем высасывания и разделяются. Затем хладагенты временно хранятся в контейнерах до взвешивания и транспортируются непосредственно на обработку газа на этапе 3.

Этап 2: Механическое дробление – роторный шредер, высокоэффективно дробит материалы до желаемого размера. Он также разделяет композитные материалы на составляющие и полосы металла.

Этап 3: Обработка газа – органические загрязняющие примеси разрушаются в камере сгорания высокой температуры 1000 °С. Сначала загрязненный воздух подогревается для достижения температуры, необходимой для начала процесса каталитического окисления — 310 °С – 370 °С. Затем подогретая газозоодушная смесь проходит через слой твердого катализатора, где газы быстро окисляются.

После каталитического сгорания органического содержимого отходящих газов образуется горячая смесь, содержащая двуокись углерода, азот, а также хлористоводородную и фтористоводородную кислоты. Существует две возможности для абсорбирования этих опасных компонентов: перво – добавить порошок гидроксида

хлористого кальция. Он реагирует с хлористоводородной и фтористоводородной кислотами, в результате образуется хлорид кальция и фторид кальция. Они также имеют порошковую форму, поэтому требуется специальное оборудование (например, много циклонов и фильтров), чтобы отделить их. Второе решение, принятое в данном процессе, это абсорбция хлористоводородной и фтористоводородной кислот в водном растворе гидроксида натрия (раствор каустической соды). Для хлорида натрия нет определенного предела, потому что он не токсичен. Его можно сбрасывать в канализацию, но есть ограничения относительно общего содержания солей во многих странах в зависимости от подразделения (муниципальные отходы, поверхностные воды, озера, море, прочее).

Требования международных экологических соглашений и национального законодательства, направленные на сохранение озонового слоя атмосферы и сокращение парниковых выбросов, подталкивают холодильную и климатическую индустрию к переходу от привычных ГХФУ и ГФУ к использованию альтернативных хладагентов и технологий, безопасных для окружающей среды. Например, можно заменить:

- аммиаком – природный хладагент;
- диоксид углеродом – дешевый, нетоксичный и негорючий хладагент, наилучшим образом подходящий для низкотемпературных каскадов холодильных установок, систем кондиционирования автомобилей и поездов, тепловых насосов;
- углеводороды – теплофизические свойства ряда углеводородов позволяют использовать их для прямой замены (ретрофита) озоноразрушающих и парниковых хладагентов в действующем оборудовании;
- гидрофторолефины – синтетические хладагенты с малым потенциалом глобального потепления, специально разработанные как альтернатива ГХФУ и ГФУ.

Перспективные технологии обезвреживания отходов фреонов можно разделить на три категории [5]:

- сжигание;
- использование плазменной дуги;
- прочие технологии, в которых не используется сжигание.

1. Уничтожение ОРВ путём сжигания [5]:

- крекинг в реакторе – высокотемпературная переработка химических соединений, продукты которой имеют, как правило, меньшую молекулярную массу. Отработанные газы и извлеченные хладагенты сжигаются на кислородно-водородной горелке и разлагаются на плавиковую (HF) и соляную (HCl) кислоты, диоксид углерода (CO₂), воду (H₂O) и небольшое количество хлора. В теплообменнике продукты сгорания охлаждаются, а кислотные газы очищаются;

- окисление в газовой среде/окисление дымом – в огнеупорных камерах сгорания производится термическое уничтожение отработанных ОРВ и паров (по большей части ЛОС). Для нагревания дыма используется дополнительное топливо, например, природный газ или мазут. Большинство ОРВ сгорает при температуре около 1100 °С. Время выдержки газа в дымовых печах составляет около 1–2 секунды.

- сжигание в ротационной печи – используются для уничтожения опасных отходов всех видов и форм: газообразных, жидких, твердых и даже шлама. В качестве топлива используются углеводороды: природный газ, мазут или жидкие отходы с высокой теплотворной способностью.

2. Плазменные технологии [5]:

- уничтожение ОРВ аргоновой плазменной дугой – отходы подвергаются непосредственному воздействию струи аргоновой плазмы. Плазменная струя формируется за счет ионизации аргона разрядом постоянного тока мощностью 150 кВт. Температура процесса превышает 10000 °С. Отходы быстро разогреваются в реакционной камере примерно до 2500 °С, в течение примерно 20 мсек начинается пиролиз, который приводит к образованию пара. Наличие кислорода обеспечивает преобразование всего углерода, выделяющегося при пиролизе, в углекислый газ, а водород предотвращает образование CF₄.

- индуктивно-связанная высокочастотная плазма-пар и газообразные ОРВ проходят через плазменный факел, нагревающий оба компонента, после чего подаются в реактор для уничтожения, где в течение примерно 2 секунд подвергаются воздействию высокой температуры (2000 °С). После этого в целях уничтожения кислотных газов производится охлаждение и очистка газа.

- СВЧ-плазма – в коаксиальном резонаторе особой конструкции для СВЧ-волны образует сильное электрическое поле, создавая высокотемпературную плазму при атмосферном давлении. Ионизация и распад молекул происходит при температуре, превышающей 5700 °С. Кислотные газы (HCl, HF) нейтрализуются путем очистки гашеной известью, после чего газ сжигается в смеси с воздухом для преобразования CO в CO₂. Отличительное свойство процесса — высокий электрический КПД. Для поддержания плазмы не требуются дополнительные газы. Аргон необходим только в момент вспышки плазмы и в процессе не участвует.

3. Технологии, в которых не используется сжигание [5]:

- каталитическая дегалогенизация в газовой фазе – компания *Hitachi Corp* (Токио, Япония) разработала уничтожения ОРВ с использованием металлооксидного катализатора при температуре 400 °С и атмосферном давлении. Образующиеся соляная и плавиковая кислоты абсорбируются раствором извести. Технология применяется для уничтожения стойких органических загрязнителей (полихлорированных бифенилов) и применима для уничтожения других ОРВ, но не в коммерческих масштабах.

- остеклование – заключается в преобразовании продуктов расщепления и гидролиза ОРВ в химически устойчивый стеклокристаллический припой для переработки в стекло. На первом этапе происходит разрушение органических веществ при высокой температуре, как правило, плазменной дугой.

Библиографический список:

1. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 241 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изм. и доп. от 28.11.2017 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ – 29.11.20.

2. Яншин А.Д. Научные проблемы охраны природы и экологии. – М.: Экология и жизнь, 2000. – С. 8-9.

3. ИТС 15-2016 Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом). – М.: Росстандарт, 2017. – 198 с.

4. Холодильный сектор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ozonoprogram.ru/holodilnii_sektor/. – 29.11.20.

5. Обезвреживание ОРВ и фторсодержащих газов и содержащего их оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ozonoprogram.ru/holodilnii_sektor/. – 29.11.20.

ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Николаева А. Г.
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. *Вопрос утилизации твёрдых бытовых расходов (далее ТБО) во всём мире стоит очень остро. Отсутствие или несовершенство технологии переработки мусора ведёт к загрязнению окружающей среды и экологической катастрофе. Задача данной статьи – дать представление о ситуации, сложившейся в Российской Федерации с ТБО. В исследовании дано представление о существующих методах переработки и утилизации отходов, рассмотрены их преимущества и недостатки, осуществлён поиск наиболее экологичного решения данной проблемы.*

Ключевые слова (словосочетания): *твёрдые бытовые отходы, утилизация отходов, переработка отходов.*

Вопрос утилизации твердых бытовых отходов стоит очень остро в последние несколько десятилетий. ТБО – это результат жизнедеятельности человека, товары или предметы, потерявшие потребительские свойства, состоящие из органических и неорганических частей: разбитая посуда и стекло, поношенная одежда, пищевые отходы, различные упаковочные материалы и др. – все это требует переработки.

Рассмотрим морфологический состав ТБО, который представлен в табл. 1.

Таблица 1

Процентный и весовой состав твердых бытовых отходов в среднем по России (при образовании ТБО в количестве 110 000 т/год) [1].

Наименование	Средняя плотность, т/м ³	Количество	
		%	т/год
Бумага, картон	0,06 – 0,09	37	40700
Пищевые отходы	0,31 – 0,5	24	26400
Дерево, ветки, листья, деревянная упаковка	0,17 – 0,19	4,9	5390
Черные металлы	0,18 – 0,39	4,3	4730
Цветные металлы	0,18 – 0,39	0,1	110
Кости	0,44 – 0,49	1,1	1210
Кожа, керамика	0,18 – 0,23	1,5	1650
Текстиль	0,17 – 0,22	5,5	6050
Бой стекла	0,37 – 0,52	5,5	6050
Камни, керамика	-	0,8	880
Полимерные металлы	0,01 – 0,1	5,3	5830
Фракции менее 16 мм	-	9,0	9900
Прочие материалы	-	1,0	11009
Итого:	0,16 – 0,23	100	1110000

Из представленной таблицы можно сделать вывод о том, что больше всего ТБО приходится на бумагу и картон – 37 %, а также на пищевые отходы – 24 %. Если

рассматривать каждый вид отходов отдельно, создается обманчивое представление, что каждого из видов отходов не так много, а те, что содержатся в большом количестве, не так опасны, однако все они представляют серьезную угрозу экологии.

Неприятный запах, невозможность использования территории, занятой свалками, привлечение бездомных, диких животных, которые могут являться переносчиками опасных заболеваний, токсичность – это лишь малая часть вреда, приносимая переработанным мусором [2].

С помощью переработки сырья можно решить многие проблемы, связанные с экологией и занятостью территорий свалками.

Первым этапом в переработке отходов является сортировка мусора по категориям, чтобы в последующем выбрать соответствующую технологию утилизации. При сортировке выделяют, как правило, следующие категории ТБО:

Макулатура – бумага, картон, различные бумажные изделия (упаковки от пищи, коробки от мебели). При этом упаковки от соков и бумажные стаканчики не являются чистой макулатурой. Их упаковка состоит из картона, полиэтилена и фольги.

Стекло – это любые виды стеклянных емкостей для напитков: бутылки, банки, а также флаконы, лабораторная прозрачная посуда.

Металл – банки алюминиевые и жестяные, металлические изделия, пришедшие в негодность.

Пластик – пластиковые бутылки из-под напитков, упаковка для косметики, продуктов питания и других предметов быта [3].

Сортировка мусора позволяет выбрать из общей массы отходов ценные вещества, к примеру, цветные или черные металлы, стекло и т.д. А также отбирается мусор, который будет разлагаться очень долго, при этом выделяя ядовитые вещества.

После этапа сортировки с различными типами отходов производятся следующие действия:

- органический мусор поступает в переработку и превращается в тепловую энергию и органическое удобрение;
- неорганический мусор идет на синтез строительных материалов;
- отделенный металл прессуется, пакетируется и отправляется на литейное производство;
- стеклянные отходы идут на производство технического стекла, которое широко применяется в строительстве;
- пластмасса также перерабатывается и превращается вновь в пластмассу.

Таким образом, может быть использовано примерно 70 % ТБО. Переработка мусора во вторичное сырье может приносить неплохую прибыль, что говорит в пользу данного метода [4].

Из минусов присутствуют: высокие первоначальные финансовые затраты на оборудование, а также негигиеничность и небезопасность места, где хранятся отходы до их сортировки [5].

Помимо переработки мусора в качестве вторичного сырья существуют другие методы утилизации ТБО. Рассмотрим основные способы и технологии переработки твердых бытовых отходов.

1. *Захоронение отходов.* Данный способ утилизации отходов подходит для бытового мусора, строительного, приравненного к бытовым отходам, а также определённого вида промышленных ТБО. Данные типы отходов размещаются вне черты города на специально отобранных территориях – полигонах, где минимален риск заражения воздуха. Затем создаются условия, способствующие более эффективному разложению органических компонентов – бескислородная среда (анаэробная), провоцирующая образование биогаза (горючий газ, возникающий как продукт жизнедеятельности микроорганизмов в питательной среде), ускоряющего утилизацию.

Плюсов у этой технологии немного. К ним относятся: отсутствие необходимости покупки дорогостоящей, сложной аппаратуры и возможность вовлечения неквалифицированного труда. В противовес этому существует достаточное количество минусов: происходит выделение вредного биогаза в воздушное пространство, внутри почвы выделяются токсичные вещества, впоследствии попадающие в грунтовые воды. Существует опасность спонтанного возгорания, присутствуют большие затраты на содержание территории и перевозку отходов до места, где будет происходить захоронение, рост площадей свалок [6].

2. *Компостирование отходов.* Данный метод используется для органических отходов, способных разлагаться самостоятельно, что приносит пользу в сельском хозяйстве. Образовавшийся компост в дальнейшем используется для удобрения. Недостатком является то, что для осуществления утилизации требуются специальные территории, способ применим только для органических материалов, а также требуется достаточно большое количество времени для осуществления процесса компостирования.

3. *Сжигание отходов.* Сжигание – эффективный способ, в основе которого лежит разложение мусора под влиянием тепла. При этом процессе образуется остаток гораздо меньшего объёма отходов от первоначального [7]. В данном случае имеется ввиду не обычное избавление от мусора при помощи костра на открытом воздухе, а речь идет о сжигании ТБО в стенах высокотехнологичного завода. Простое горение в не специализированном месте несет в себе больше вреда чем пользы, в этом случае идёт образование токсичных газов, которые попадая в атмосферу, несут в себе угрозу как для людей, так и для экологии.

При данном способе утилизации в процессе сжигания отходы обеззараживаются, уменьшается их объем. Помимо перечисленного происходит выделение энергии в виде тепла. К недостаткам метода относится то, что требуется особое техническое оборудование, а также высоко квалифицированные сотрудники, знающие специфику оборудования и разбирающиеся в процессе его эксплуатации. К недостаткам также относится загрязнение окружающей среды. В процессе горения образуется дым, содержащий углекислый газ, канцерогены, пыль, тяжелые металлы и т.д., что негативно влияет как на человека, так и на окружающую среду [8].

4. *Плазменная переработка (газификация) ТБО.* Данный вид переработки позволяет не только безопасно утилизировать отходы, но и получать энергию в ходе данного процесса. Использовать технологию возможно как для простых бытовых отходов, так и для опасных. К примеру, данная технология применима даже к опасным биомедицинским отходам, а также к строительному мусору, лому, углю с высоким содержанием золы и т.д. – все это можно превращать в полезные, а, следовательно, имеющие рыночную стоимость материалы.

Основная суть данной технологии заключается в том, что отходы подвергаются воздействию раскаленной плазмы (ионизированный газ, нагретый до 5000–10000 °С) при полном или почти полном отсутствии кислорода. Плазменный факел уничтожает отходы, полностью разлагая их на химические элементы. После газификации молекулы перестраиваются в полезные соединения, из которых самые важные те, которые могут служить энергетическим сырьём. Конечными продуктами являются качественный газ, богатый окисью углерода и водорода, и силикатный шлак, который можно использовать для производства строительных материалов, дорожного покрытия, а также ювелирных изделий. Единственными отходами при данной технологии являются тяжёлые металлы и активированный уголь, образующиеся в ходе переработки.

Плюсами плазменной переработки ТБО являются:

– Плазменная система самодостаточна, потому что имеет свой замкнутый цикл. Так, например, переработка 1 тонны мусора дает 1–1,5 мВт/ч электрической энергии — это 80 % от исходного сырья. Всего 2–5 % идет на осуществление процесса газификации, остальную часть энергии можно продавать.

- Из предыдущего плюса вытекает следующий: полученный газ не выпускается в атмосферу, а подается для выработки энергии, что позволяет говорить об экологичности данного метода.
- Перед переработкой не требуется дополнительная подготовка мусора.
- Происходит обеззараживание отходов.

Минусы данного метода – это необходимость наличия дорогостоящего оборудования и квалифицированных работников, умеющих эксплуатировать это оборудование [3,9 –12].

Рассмотрев основные способы переработки твердых бытовых отходов, можно сделать вывод о том, что одним из наиболее перспективных вариантов на данный момент является плазменная переработка. Отсутствие необходимости в обязательной сортировке мусора, возможность перерабатывать различные виды отходов, в то время как некоторые виды утилизации подходят только для определённых ТБО – это лишь небольшой список преимуществ перед остальными методами. Плазменная газификация решает самые насущные проблемы человечества – это ограниченность топливных ресурсов и загрязнение природы. Данный вид переработки не просто уничтожает мусор, но и приносит пользу. Не все страны мира могут себе позволить осуществлять данный процесс из-за дороговизны оборудования и огромной цены на строительство завода, уже сейчас можно сказать, что плазменная переработка – это технология будущего.

Библиографический список:

1. Масленников А.Ю. Отраслевой портал «Отходы.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=334> –08.11.2020.
2. Сайт «Г—Ж» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://journal.tinkoff.ru/garbage-second-life/> – 08.11.2020.
3. Методы переработки промышленного мусора и твердых бытовых отходов. Всероссийское информационно-аналитическое издание «Техно magazin» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promusor.info/pererabotka/perechen-zapreshhennyh-tbo/> – 08.11.2020.
4. Сайт «Промышленность России. Производственное оборудование и технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://hromax.ru/utilizatsiya_tverdyih_byitovyih_othodov.html – 08.11.2020.
5. Сайт «Утилитсервис» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://utilit.ru/nedostatki-pererabotki-othodov/> – 08.11.2020.
6. Электронное периодическое издание «Вторичное сырье» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nowaste.ru/opinion/preimushhestva-i-nedostatki-musoroszhiganiya.html> – 08.11.2020.
7. Сайт «Жизнь БЕЗ отходов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bezotxodov.ru/othody/pererabotka-tbo> – 08.11.2020.
8. Сайт «Утилизация и переработка мусора» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bezotxodov.ru/othody/pererabotka-tbo> – 08.11.2020.
9. Сайт «Экология вашего города» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://betosteel.ru/articles/plazmennaya-texnologiya-utilizacii-otxodov.html> – 08.11.2020.
10. Промышленный портал «Promzn.ru» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promzn.ru/utilizatsiya-i-pererabotka/musora-plazmennym-metodom.html> –: 08.11.2020.
11. Шерстобитов М. С., Лебедев В. М. Способы утилизации твердых бытовых отходов // Известия Транссиба. 2011. №3 (7). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sposoby-utilizatsii-tverdyh-byitovyih-othodov> – 08.11.2020.
12. Методы переработки промышленного мусора и твердых бытовых отходов. Всероссийское информационно-аналитическое издание «Техно magazin» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promusor.info/pererabotka/tko-promyshlennogo-musora/> – 08.11.2020.

БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕФТЬЮ И НЕФТЕПРОДУКТАМИ

Данилова С. А., Волкова Е. Н.
СПбГПТД ВШТЭ
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Проведён анализ литературных данных на предмет методов восстановления почв после загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Дана сравнительная характеристика трех групп методов очистки почвы. Приведены различные группы микроорганизмов-нефтедеструкторов. Определены факторы окружающей среды, влияющие на эффективность биологического восстановления почв.*

***Ключевые слова (словосочетания):** ремедиация, нефтепродукты, микроорганизмы-нефтедеструкторы, биологический метод очистки.*

Нефтезагрязнение почв особенно сильно может быть выражено в регионах, через которые проходят нефтепроводы, а также богатых предприятиями химической промышленности, использующими в качестве сырья нефть или природный газ. Ежегодно десятки тонн нефти загрязняют земельные участки, снижая их плодородие, но до сих пор этой проблеме не оказывают должного внимания. Вопрос о восстановлении почвы после нефтяных загрязнений становится все более острой с каждым годом. Восстановление и очистка почв, загрязненных и истощенных техногенными загрязнителями, такими как пестициды, нефтепродукты, тяжелые металлы и др., называется ремедиацией.

Технологии ремедиации можно разделить на две большие группы: *in situ* и *ex situ*. *In situ* предусматривает физическое удаление загрязненного материала для проведения процесса очистки, т.е. обработку выкопанной почвы. *Ex situ* – обеспечивает обработку загрязненного материала на месте.

Для ремедиации почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами, используют физические, химические и биологические методы, а также их сочетания. К физическим методам ликвидации загрязнения относится: сбор, удаление и захоронение нефти и сильно загрязненной почвы, повышение влажности и улучшение аэрации почв путем рыхления без оборота пласта, вспашки и дискования поверхности на глубину корнеобитаемого слоя, промывка почвы водой под давлением, землевание, мульчирование слоем почвы, термообработка. Однако эти методы достаточно дороги, затратны и малоэффективны, поскольку собственно нефтепродукты из почвы не удаляются. Физические методы рекультивации не способствуют восстановлению плодородия почв, а скорее, сами наносят дополнительный ущерб природе [1].

Химические методы ремедиации почвы основаны на выжигании нефти, обработке почвы поверхностно-активными веществами, адсорбентами или окислителями, либо на экстракции нефти органическими растворителями. Наиболее быстрым способом борьбы с разливами больших количеств нефти и нефтепродуктов является ее выжигание. Однако сжигание нефти и продуктов ее переработки имеет нежелательное воздействие на здоровье и образует опасные вещества, загрязняющие воздух. Помимо всего этого, из-за неполного сгорания остаточные углеводороды могут постепенно проникать в водоносные горизонты почвы, вызывая возникновение долговременных экологических проблем [1].

Все существующие физические и химические способы очистки предусматривают активное воздействие на загрязненную почву без учета ее генезиса, состава и свойств. Таким образом, физические и химические методы удаления нефтяного загрязнения почв не всегда эффективны и могут привести к дальнейшему загрязнению окружающей среды.

Поэтому в настоящее время все большую популярность набирают биологические методы очистки и восстановления почв.

Биологическая очистка (биоремедиация) – это технология, использующая микроорганизмы для эффективного разложения загрязняющих веществ в окружающей среде. Конечная цель биологической очистки состоит в полном микробном разложении загрязняющих веществ до диоксида углерода и воды [2].

В табл. приведена сравнительная характеристика современных методов ремедиации почв.

В настоящее время биологические методы восстановления почв набирают все большую популярность, так как являются более безопасными для почвы и других компонентов окружающей среды. Способность к разрушению нефтяных углеводородов не ограничивается несколькими родами микроорганизмов, она присуща разнообразной группе бактерий, грибов и дрожжей. Бактерии являются наиболее активными агентами, разрушающими нефть; они работают в качестве первичных разрушителей широкого спектра целевых показателей компонентов, присутствующих в почве, воде и осадке. Типичные бактериальные группы включают *Mycobacterium*, *Arthrobacter*, *Marinobacter*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*, *Corynebacterium*, *Flavobacter*, *Micrococcus*, *Nocardia*, and *Pseudomonas*. Были также выделены другие рода бактерий, способных разлагать широкий спектр углеводородов сырой нефти, к этим организмам относятся рода *Bacillus*, *Dietzia*, *Gordonia*, *Halomonas*, *Cellulomonas*, *Rhodococcus* и *Alcanivorax*. Благодаря многим исследованиям было выявлено, что существует разнообразная группа грибов, которые относятся к родам *Aspergillus*, *Penicillium*, *Cunninghamella*, *Fusarium*, *Saccharomyces*, *Amorphoteca*, *Syncephalastrum*, *Neosartorya*, *Phanerochaete*, *Paecilomyces*, *Talaromyces* и *Graphium*, способных минерализовать нефтяные углеводороды с различной скоростью разложения. Многочисленные нитевидные грибы, а также грибы белой гнили показали способность окислять и рассеивать широкий спектр ПАУ в несколько безвредных продуктов метаболизма. *Psilocybe*, *Cyclothyrium* и *Penicillium simplicissimum* являются примерами нитевидных грибов, способных проявлять активность в отношении различных ПАУ.

Таблица

Сравнительная характеристика методов ремедиации [3]

Метод ремедиации	Технология	Преимущества	Недостатки
Физический	<i>ex situ</i>	- Быстрый; - Перманентное удаление загрязняющих веществ; - Идеально подходит для высоких уровней загрязнения	- Дорогой; - Разрушительный для участка; - Возможность образования вторичного загрязнения
Химический	<i>ex situ</i>	- Быстрый; - Идеально подходит для высоких уровней загрязнения; - Не генерирует большие объемы отходов	- Дорогой; - Разрушительный для участка; - Возможность образования вторичного загрязнения
Биологический	<i>in situ</i>	- Экологически чистый; - Экономически эффективный; - Минимальное разрушение участка; - Подходит для загрязнений низкого уровня	- Требуется больше времени; - Низкая предсказуемость; - Зависит от факторов окружающей среды

Хотя биологические методы и имеют ряд преимуществ перед другими методами восстановления почв, но эффективность технологий биоремедиации во многом зависит от ряда физико-химических, экологических и биологических факторов, варьирующихся от участка к участку. К таким факторам относятся:

Химический состав нефти. Н-алканы промежуточной длины (C10-C25) являются излюбленными субстратами для микробов и, как правило, наиболее легко разлагаются, в то время как соединения с более короткими цепями гораздо более токсичны. Более длинноцепочечные алканы (C25-C40) являются гидрофобными твердыми веществами и трудно разлагаются из-за их плохой растворимости в воде и биодоступности; а разветвленные цепные алканы и циклоалканы также разлагаются медленнее, чем соответствующие нормальные алканы. Чрезвычайно плотные ароматические и циклопарафиновые структуры, такие как гудроны, битумы и асфальтовые материалы, проявляют самую высокую устойчивость к биодеградации [4].

Концентрация нефти. При высоких концентрациях те соединения, которые наиболее легко разлагаются, подвергаются нападению, оставляя более стойкие компоненты. В почвенной экосистеме можно наблюдать, что снижение активности при высоких концентрациях нефтеносности связано с ингибированием микробной активности токсичными компонентами нефтяных углеводородов [4].

Температура. Микробная биодеградация нефтяных углеводородов может происходить в широком диапазоне температур. Температура влияет на биодеградацию с ее влиянием на физическую природу и химический состав нефти, скорость метаболизма углеводородов микроорганизмами и состав микробного сообщества. Низкая температура замедляет скорость улетучивания низкомолекулярных углеводородов, которые могут быть токсичны для микроорганизмов, что приводит к задержке биодеградации нефти. Оптимальными температурными диапазонами для микроорганизмов, разрушающих углеводороды, являются: психрофилы (ниже 20 °C), мезофилы (15 °C – 45 °C) и термофилы (выше 50 °C). Большинство микроорганизмов, разрушающих нефть, активны в мезофильном диапазоне от 20 °C до 35 °C и обеспечивают оптимальную скорость деградации при этих температурах. Как правило, скорость биодеградации в холодных средах протекает медленнее, чем в теплом климате [4].

Активность воды. Водная активность или водный потенциал (a_w) почв может колебаться от 0,0 до 0,99, в отличие от морской среды. Все биологические процессы нуждаются во влаге для эффективного переноса питательных веществ, пищевых продуктов и отходов в микробные клетки и из них. Биодеградация углеводородов в наземных экосистемах может быть ограничена наличием воды для роста и метаболизма микроорганизмов. Оптимальное соотношение влаги будет зависеть от климата и типа почвы. Коэффициенты варьируются от 30 % до 90 % влагоудерживающей способности почвы [4].

Кислород. Для микробного окисления углеводородов в окружающей среде необходимы аэробные условия. Доступность кислорода в почвах зависит от скорости потребления кислорода микроорганизмами, типа почвы, текстуры и структуры почвы и давления утилизируемых субстратов, что может привести к истощению кислорода. Анаэробная деградация нефтяных углеводородов микроорганизмами, как было показано в некоторых исследованиях, происходит только с незначительными скоростями, и ее экологическая значимость, как правило, считается незначительной [4].

Доступность органического вещества. Ограниченная биодоступность углеводородов для микроорганизмов может привести к менее эффективному процессу биоремедиации за счет ограничения скорости деградации углеводородов. Взаимодействие между углеводородными деградирующими микробами, почвенной матрицей и загрязняющими веществами играет важную роль в процессе биоремедиации. Органическое вещество почвы является одним из наиболее значимых факторов, оказывающих доминирующее влияние на взаимодействие почвы с органическим загрязнителем [3].

Доступность питательных веществ. Микроорганизмы нуждаются в питательных веществах для клеточного метаболизма и успешного роста. В загрязненных местах, где уровень органического углерода часто высок из-за природы загрязнителя, доступные питательные вещества могут быстро истощаться в ходе микробного метаболизма. Однако рекомендуется дополнить загрязненную среду питательными веществами, такими как азот и фосфаты, чтобы стимулировать микробное сообщество для эффективной микробной биодegradации [3].

Срок загрязнения почвы. «Старение» загрязнения почвы может отрицательно сказаться на разрушении углеводов. В свежезагрязненных почвах деградация углеводов происходит эффективнее, чем в почвах с более старым загрязнением. Это может быть результатом разделения загрязняющих веществ на фракции органического вещества почвы или проникновения в мелкие поры, что приводит к снижению биодоступности загрязняющего вещества для микробов. Эта проблема более очевидна в почвах с низким содержанием органического вещества. Свойства нефтепродуктов также отличаются в свежих нефтепродуктах от свойств, обнаруживаемых в старых продуктах. Таким образом, старение углеводов приводит к снижению скорости деградации [3].

Характеристика почвы. Структура и состояние почвы определяют движение загрязняющих веществ, тем самым влияя на скорость биодegradации. В почвах с высоким содержанием органического вещества рост бактерий происходит быстрее, что стимулирует биологическое разложение углеводов. Также более высокая скорость разложения углеводов происходит в илистых грунтах, чем, например, в песчаных из-за низкого содержания микробов во фракции песка, что соответствует высокому соотношению C:N и более низкой структуре внутренней поверхности [3].

Таким образом, несмотря на ряд очевидных преимуществ и экологичность биологического метода очистки нефтезагрязненной почвы перед химическими и физическими методами, конечный результат будет в значительной степени зависеть от ряда факторов, которые необходимо учитывать на практике.

Библиографический список:

1. Руденко Е. Ю. Биоремедиация нефтезагрязненных почв органическими компонентами отходов пищевой (пивоваренной) промышленности: диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Самарский государственный технический университет. – Самара, 2015. – 352 с.
2. Лодоло, А. Технологии восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами. Справочник / А. Лодоло, Н. Ю. Гречищева, С. В. Мещеряков, Н. Г. Рыбальский и др. – М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2003. – 258 с.
3. Koshlaf, Eman & Ball, Andrew. (2017). Soil bioremediation approaches for petroleum hydrocarbon polluted environments. AIMS Microbiology 3. 25-49. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/313957030_Soil_bioremediation_approaches_for_petr_oleum_hydrocarbon_polluted_environments - 18.02. 2020.
4. Unimke, Augustine & Mmuoegbulam, Augusta & Anika, O.. (2018). Microbial Degradation of Petroleum Hydrocarbons: Realities, Challenges and Prospects. Biotechnology Journal International 22(2) – с. 1-10. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/328930327_Microbial_Degradation_of_Petroleum_Hydrocarbons_Realities_Challenges_and_Prospects - 02.04.2020.

ТЕХНОЛОГИИ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ МАСЕЛ, СОДЕРЖАЩИМИ СОЗ

Ефремова С. С., Шанова О. А.
СПбГУПТД ВШТЭ
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Работа посвящена аналитическому обзору технологий обращения с отходами масел, содержащими стойкие органические загрязнители. Представлен перечень отходов масел, содержащихся в Федеральном классификационном каталоге отходов, и их свойства. Описаны технологии, представленные на отечественном и зарубежном рынках. Оценены основные риски в технологических процессах при переработке отходов масел, содержащих СОЗ.

Ключевые слова (словосочетания): СОЗ (стойкие органические загрязнители), ПХД (полихлорированные дифенилы), ПХБ (полихлорированные бифенилы), углерод-палладиевый (Pd/C) катализатор, трет-бутоксид калия.

Стойкие органические загрязнители (СОЗ) – это первичные и побочные продукты промышленности. СОЗ представляют собой органические вещества, которые обладают токсичными свойствами, являются стойкими, способны к биологической аккумуляции, предрасположены к трансграничному атмосферному переносу на большие расстояния и осаждению, могут вызывать значительные негативные последствия для здоровья человека и окружающей среды [1].

Перечень отходов масел, содержащихся в Федеральном классификационном каталоге отходов, представлен в табл. [2].

Таблица

Отходы масел (федеральный классификационный каталог отходов)

Код по ФККО	Наименование отхода
4 72 160 00 00 0	отходы масел, содержащих стойкие органические загрязнители
4 72 160 11 10 1	отходы масел трансформаторных, содержащих полихлорированные дифенилы и трихлорбензол
4 72 160 01 31 1	отходы масел трансформаторных, содержащих полихлорированные дифенилы и терфенилы
4 72 110 01 52 1	отходы конденсаторов с трихлордифенилом

Промышленные химические вещества и соединения используются в промышленности, обладают всеми свойствами СОЗ.

Полихлорированные бифенилы (ПХБ) содержат 12 атомов углерода, в двух соединенных кольцах. Они содержат как минимум 2 и максимум 10 атомов хлора на пронумерованных позициях. ПХБ являются маслами и твердыми веществами, которые не имеют вкуса, запаха и бесцветны, либо имеют светлый желтый цвет.

Производство и промышленное использование ПХБ началось в 1929 г., когда они использовались как охлаждающие средства, изоляционные масла и смазочные масла в электрических трансформаторах, конденсаторах, электрическом и гидравлическом оборудовании [1].

ПХБ могут быть произведены непреднамеренно при горении загрязненных масел в цементных печах. ПХД применяются в трансформаторах и конденсаторах. ПХД-содержащие масла используются в теплоносителях, в гидравлических системах, насосах или переключателях [1].

Обладают рядом общих свойств. Они обладают следующими четырьмя конкретными свойствами [1]:

1. Стойкость. СОЗ – это химические загрязнители, которые не поддаются физическому, химическому и биологическому разложению. Поэтому, как только СОЗ оказывается в окружающей среде, он остается там длительное время.

2. Способность накапливаться в биологических объектах: СОЗ представляют собой химические вещества, которые легко растворяются в жирах (являются липофильными). Они накапливаются в тканях живых организмов в концентрациях, которые существенно превышают аналогичные концентрации в окружающей среде.

3. Способность перемещаться на большие расстояния: СОЗ могут перемещаться на большие расстояния в окружающей среде и могут причинять вред в местах, удаленных от первоначального источника попадания СОЗ в окружающую среду. СОЗ в основном переносятся воздушными потоками, но они также могут переноситься водными массами или мигрирующими видами животных.

4. Вероятность вредного воздействия: СОЗ – это химические вещества, которые оказывают негативное воздействие на здоровье людей и/или состояние экосистем.

В соответствии с кодом отхода, по ФККО, масла трансформаторные отработанные, не содержащие вещества фенильной группы (включая полихлорированные дифенилы), относятся к третьему классу опасности для окружающей среды (умеренно опасные), при размещении которых период восстановления окружающей среды составляет не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника.

Если же в отходах масел содержатся вещества фенильной группы (включая полихлорированные дифенилы), они относятся к первому классу опасности для окружающей среды (чрезвычайно опасные), при размещении которых экологическая система необратимо нарушается, а период восстановления отсутствует.

Известны технологии обезвреживания СОЗ, альтернативные сжиганию и примененные на действующих промышленных предприятиях. Данные технологии характеризуются высокой степенью деструкции СОЗ-составляющих — от 99,999 % до 99,9999 % и более. К таким технологиям относится дехлорирование оксидами металлов; восстановление алкоксидом натрия; восстановление высокотемпературной гидрогенизацией; каталитическое дехлорирование и гидрогенизация; технология сольватированного электрона; биологический метод обезвреживания. На стадии разработки находятся также фотохимический и радиолизный методы [3].

Технологии обращения на отечественном рынке

1. Щелочное восстановление металлов [3]

Представляет собой обработку опасных отходов диспергированной едкой щелочью. В результате взаимодействия едкой щелочи с хлором, содержащимся в галогеносодержащих отходах, образуются соль и отходы, не содержащие галогенов. Обычно этот процесс осуществляется при нормальном атмосферном давлении и температуре от 60 °С до 180 °С. Обработка может проводиться как внутри корпуса предмета очистки (например, трансформатор, загрязненный ПХД), так и в специальном реакционном сосуде.

2. Каталитическое гидродехлорирование (КГД) [4]

Технология КГД включает обработку опасных отходов газообразным водородом в присутствии углерод-палладиевого (Pd/C) катализатора, диспергированного в парафиновом масле. В результате взаимодействия водорода с хлором, содержащимся в галогеносодержащих отходах, образуются хлористый водород и отходы, не содержащие галогенов. В случае ПХД основным продуктом реакции является дифенил. Процесс протекает при атмосферном давлении и температурах от 180°C до 260°C.

Дифенил, являющийся основным продуктом реакции, отделяется по ее окончании от растворителя путем отгонки; катализатор и растворитель используются повторно для следующей реакции.

3. Комбинированная система фотохимического и каталитического дехлорирования (ФХД и КД) [4].

В процессе разрушения ПХД перемешиваются с гидроксидом натрия и изопропиловым спиртом, после чего концентрация ПХД в изопропиловом спирте составляет несколько процентов по массе. Затем происходит дехлорирование ПХД в результате двух процессов (ФХД и КД), протекающих независимо друг от друга. Каждый процесс протекает при умеренных температуре (менее 75 °C) и атмосферном давлении. При дехлорировании ПХД образуются дифенил, хлористый натрий, ацетон и вода, но не происходит выделения газов, таких как водород или газообразный хлорид водорода.

4. Метод с использованием трет-бутоксид калия [4].

Дехлорирование ПХД, содержащихся в трансформаторных маслах, осуществляется посредством реакции с участием трет-бутоксид калия. Трет-бутоксид калия реагирует с хлором, входящим в состав ПХД, в результате чего образуются соль и отходы, не содержащие хлор. Как правило, процесс протекает при атмосферном давлении и температурах от 200 °C до 240 °C [5].

5. Химическое восстановление в газовой фазе (ХВГФ) [5].

Процесс ХВГФ заключается в термохимическом восстановлении органических соединений. При температуре свыше 850 °C и низком давлении водород вступает в реакцию с хлорированными органическими соединениями, в результате чего образуются, главным образом, метан и хлорид водорода.

Посредством ХВГФ можно обрабатывать отходы с высоким содержанием CO₂, включая водосодержащие и маслянистые жидкости, грунты, осадочные отложения, трансформаторы и конденсаторы. Дополнительные виды предварительной обработки требуются для крупногабаритных конденсаторов и строительного мусора. Конденсаторы больших размеров осушаются путем пробивания в них отверстий, а строительный мусор и бетонные конструкции должны быть уменьшены до минимального размера, не превышающего 1 м.

6. Технология плазменной деструкции [5].

Технология Plascon основана на использовании плазменной дуги с температурой более 3000 °C. Отходы вместе с аргоном впрыскиваются непосредственно в плазменную дугу. Под воздействием высокой температуры химические соединения разлагаются на элементарные компоненты (ионы и атомы). После этого в более низкотемпературной зоне реакционной камеры происходит рекомбинация, за которой следует быстрое охлаждение, ведущее к образованию простых молекул.

Крайне вязкие жидкости и шламы, превышающие по плотности моторное масло градаций от 30 до 40, требуют предварительной обработки.

7. Биологические методы [5].

Данные методы ограничено пригодны для обезвреживания CO₂. В первую очередь, подвергаются низкохлорированные ПХБ (моно-, ди-, три- и некоторые тетрахлорбифенилы). Высокохлорированные соединения остаются неизменными в условиях биоразложения и негативно влияют на все виды штаммов бактерий.

Микроорганизмы способны разлагать хлорорганические вещества. Деструкция проходит по схеме действия окислительно-восстановительных ферментов в три стадии:

- образование фермент-субстратного комплекса;
- процесс подготовительного метаболизма;
- стадия дегалогенизации.

Интенсификация механизма обезвреживания отходов обеспечивается за счет применения специально адаптированной анаэробной микрофлоры.

Технологии обращения на зарубежном рынке [6]

1. Химическое восстановление в газовой фазе (Gas Phase Chemical Reduction (GPCR))

Данная технология обеспечивает наилучшие результаты среди всех технологий уничтожения (нейтрализации) CO₂, отличных от сжигания.

В процессе GPCR реакция разложения CO₂ проходит в разряженной газовой среде в отсутствие кислорода, что предотвращает образование диоксинов и способствует разложению диоксинов, присутствующих в отходах. Процесс основывается на реакции газо-фазного термохимического восстановления, заключающейся во взаимодействии водорода с органическими и хлорорганическими соединениями. При температурах в диапазоне от 800 °C до 900 °C и низком давлении, водород вступает в реакцию с такими соединениями, как полихлорированные бифенилы, ДДТ, гексахлорбензолы и смесями пестицидов, разлагая эти вещества, в основном, на метан и галогеноводород, и некоторое количество легких углеводородов. Галогеноводороды нейтрализуются гидроксидом натрия и восстанавливаются до хлорида натрия. Так как реакция с водородом происходит в газовой фазе, необходима предварительная обработка как твердых, так и жидких отходов.

2. Каталитическое разложение (BCD) [6]

В технологии BCD твердые или жидкие отходы подвергаются переработке путем нагревания до 300 °C — 350 °C в водородной среде при нормальном давлении и присутствии смеси углеводородов с высокой точкой кипения, гидроокиси натрия и катализатора. Во время процесса высоко реактивный атомарный водород, образующийся в подогретой смеси, разлагает хлорорганические и другие отходы, с образованием неорганических солей, инертных остатков и воды. Затем катализатор, использованный в BCD, отделяется от осадка, восстанавливается и используется повторно.

3. Восстановление натрием (SR) [6]

В процессе SR полностью выводится хлор из ПХБ путем восстановления щелочным металлом при рассеивании натрия в минеральных маслах. Процесс дехлорирования осуществляется путем перемешивания реактивной смеси в сухой азотной среде при нормальном давлении. В конце реакции избыток натрия удаляется путем добавления воды. Предварительная обработка заключается в удалении влаги из реагентов.

Патентный обзор перспективных технологий для обезвреживания масел [7]

Плазмохимическая установка – патентообладатели: Компания ООО «Дефус», в свою очередь, является одним из немногих потенциальных поставщиков услуг по обращению с отходами I и II классов опасности.

Данная плазмохимическая установка была разработана совместно ООО ПИ «Промгражданпроект» и ОАО «ДААЗ», была введена в эксплуатацию в период с 2002 по 2006 г.

Данная установка собрана таким образом, что все ее элементы, включая камеры, насосы, охладители, дублируются, и в случае отказа одной системы, тут же начинает работать резервная.

В результате сжигания отходов, содержащих ПХД и ПХБ, с использованием плазменной струи воздуха в печи 1 ступени и их дожиге в печи 2 ступени образуются газообразные продукты, состоящие из азота, диоксида углерода, кислорода и незначительного количества хлористого водорода. Для улавливания хлористого водорода предусмотрена абсорбционная колонна, а затем слабокислая вода нейтрализуется раствором едкого натра. Газообразные продукты проходят окончательную очистку от хлористого водорода в аппарате центробежно-барботажного типа, путем циркуляции через него раствора едкого натра.

Технология предлагаемого способа обезвреживания ПХБ по сравнению с существующими способами и прототипом имеет следующие преимущества:

- эффективность технологии;
- простота аппаратного оформления и ведение технологического процесса при невысокой температуре;
- процесс взрыво- и пожаробезопасен.

При технологиях обращения с отходами, содержащими СОЗ, исключительно важны этапы осуществляемого технологического цикла отходов, так как в ходе реализации этих этапов высока вероятность разливов, утечек или возгораний (например, при подготовке к хранению или удалению).

Потенциальные проблемы при обращении с отходами, содержащими СОЗ, связаны с их негативным воздействием на здоровье людей, непреднамеренным попаданием в окружающую среду и загрязнением других потоков отходов СОЗ. Эти отходы следует обрабатывать отдельно от отходов других видов, чтобы не допустить загрязнения последних.

Анализ показывает, что в мире не существует универсальных технологий, которые бы позволяли утилизировать сами ПХБ и материалы, содержащие ПХБ, и одновременно отвечали всем экологическим требованиям ГОСТа.

Библиографический список:

1. Васильева, И. А. Определение стойких органических загрязнителей в объектах окружающей среды [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://ciky.ru/v\(id=3940883297711669273,aId=6893686340046454809\)/bytes/Определение стойких органических загрязнителей в объектах окружающей среды.pdf](http://ciky.ru/v(id=3940883297711669273,aId=6893686340046454809)/bytes/Определение_стойких_органических_загрязнителей_в_объектах_окружающей_среды.pdf) – 07.11.2020.

2. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 241 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изм. и доп. от 28.11.2017 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ – 29.11.20.

3. Утилизация отходов синтетических и минеральных масел [Электронный ресурс]: сайт ЭкоЛогика. — Режим доступа: <http://ecobrain.ru/othodi/utilization-of-sinteticmaterials> – 15.07.2016.

4. Утилизация отработанных технических масел [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=119 (дата обращения 13.11.2020).

5. Шелепчиков, А. А. Загрязнения окружающей среды полихлорированными дибензо-п-диоксинами и диоксиноподобными веществами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.dioxin.ru/history/dioxin-info.htm>, – 09.11.2020.

6. Технологии уничтожения и обеззараживания ПХД и других являющихся СОЗ отходов в рамках Базельской конвенции: учебное пособие для руководителей проектов по опасным отходам, тома А и В. Секретариат Базельской конвенции изданий. ЮНЕП, 2002. - 61 с.

7. Обзор существующих технологий утилизации ПХБ отличных от сжигания. В.1: Отчет о НИР / Программа ООН по окружающей среде., 2002. – 68 с.

АЭРОТЕНКИ С НИТРИФИКАЦИЕЙ И ДЕНИТРИФИКАЦИЕЙ

П. С. Матвеева, А. Ю. Сулейманова
СПБГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. *Статья знакомит с исследованием в области биологической очистки сточных вод. Рассмотрены аэротенки с нитрификацией и денитрификацией, принцип их работы, области применения, а также достоинства и недостатки установок.*

Ключевые слова (словосочетания): *аэротенки, нитрификация и денитрификация, биологическая очистка, активный ил, нитрифицирующие бактерии.*

В современном мире угроза экологической обстановки представляет собой крайне актуальный вопрос. Известно, что главным источником загрязнения окружающей среды является человек и его деятельность. В мире ежегодно повышается численность населения, в результате чего уровень загрязнения окружающей среды доходит до критических отметок. Особую опасность представляет загрязнение подземных и поверхностных водных объектов.

Нитрификация и денитрификация сточных вод с высокой эффективностью решают вопрос безопасности канализационных вод для окружающей среды. Для очистки канализационных жидкостей необходимо установить соответствующее оборудование — очистные сооружения.

При сбросе очищенных сточных вод, очистные сооружения должны быть оснащены блоками биологической очистки – аэротенками, которые играют важнейшую роль в процессе биологической очистки, сюда постоянно подается воздух, чтобы обеспечить дыхание активного ила, который поедает содержащиеся в стоках органические загрязнения.

Если в воде в значительной степени присутствует азот, нитраты и нитриты, то используют аэротенки – нитрификаторы. Процесс нитрификации – это процесс окисления кислородом воздуха аммонийного азота до нитритов и нитратов, осуществляемый нитрифицирующими микроорганизмами. Обратный этому процессу – процесс денитрификации, который заключается в восстановлении нитритов и нитратов до свободного азота, который выделяется в атмосферу.

Целью данной работы является получение знаний в области работы сооружений биологической очистки, аэротенков.

Задачей работы является исследование аэротенков с нитрификацией и денитрификацией, принцип их работы, химические реакции, протекающие в установках, а также области их применения, поскольку аэротенки являются фундаментальной частью в блоке биологической очистки.

1. Аэротенки с нитрификацией и денитрификацией

Нитрификация и денитрификация чаще протекают последовательно. В большинстве сооружений с активным илом при удалении азота биотрансформацию его соединений проводят последовательно в отдельных реакторах — нитрификаторах и денитрификаторах с обеспечением аэробных условий на стадии нитрификации и анаэробных (с поддержанием концентрации растворенного кислорода в воде $<0,5$ мг/л) на стадии денитрификации.

Такие последовательные многоступенчатые системы с отдельным окислением органических загрязнений, нитрификацией и денитрификацией обеспечивают стабильность работы и высокую степень очистки от соединений азота — 90% и более.

Технология очистки состоит из следующих этапов (рисунок 1):

- механическая очистка сточных вод от песка и мусора;
- сбор, усреднение и напорная подача сточных вод на очистку;
- реагентная обработка исходных сточных вод;
- биологическая очистка – аэротенк - денитрификатор (анаэробная зона);
- биологическая очистка – аэротенк - нитрификатор (аэробная зона);
- первичное осветление (отстаивание);
- глубокая биологическая доочистка сточной воды;
- доочистка сточных вод методом напорной фильтрации;
- УФ-обеззараживание сточной воды и обезвоживание осадка [1].

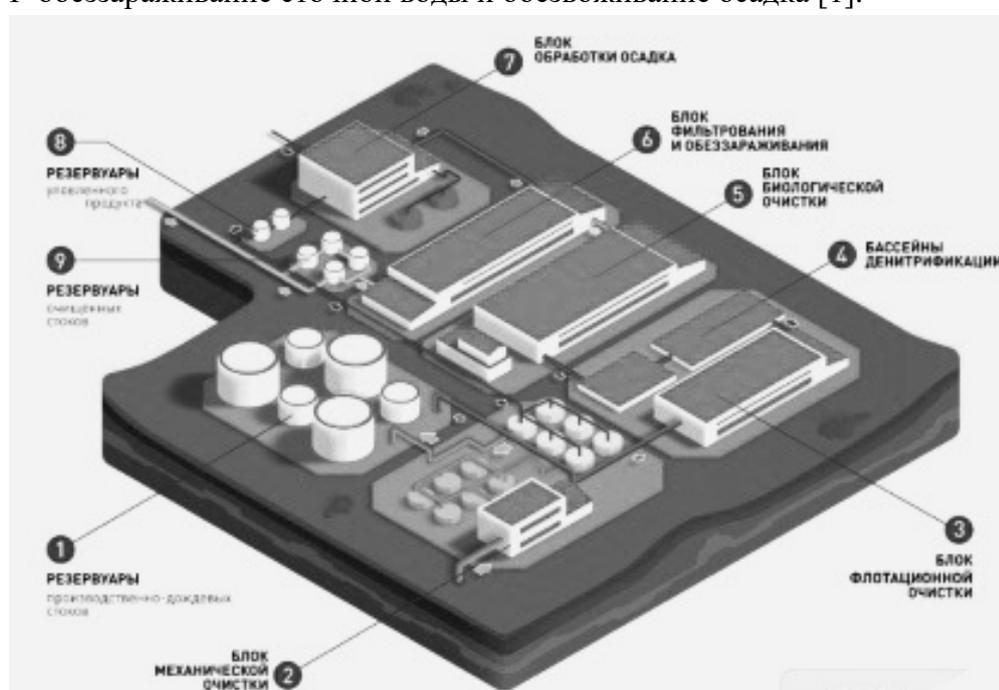


Рис.1. Очистная установка [1]

Данная технология очистки обеспечивает постоянную поддержку на необходимом уровне жизнеспособности аэробных и анаэробных микроорганизмов активного ила для обеспечения качества очищенного стока до нормативных значений.

2. Принципы работы установок

Блок-схема биологической очистки приведена на рисунке 2.

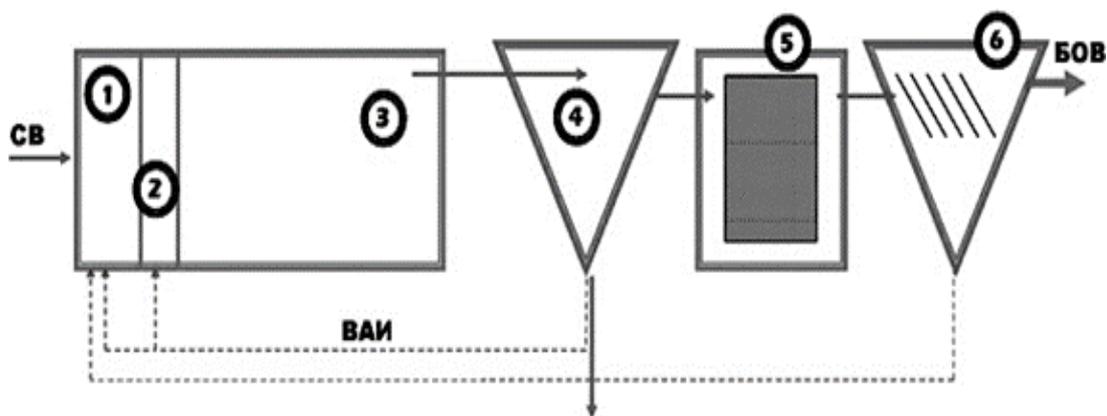


Рис. 2. Схема блока биологической очистки [2]

Осветлённые сточные воды поступают в аэротенк, где происходит биохимическое окисление органических веществ микроорганизмами активного ила с использованием растворенного кислорода. Аэротенк включает в себя зону анаэробной денитрификации (2) и аэробной нитрификации (3).

Зона аэробной нитрификации рассчитывается как аэрационная на полное окисление, что гарантирует полное прохождение процессов перехода биогенных загрязнений в простые формы.

Смесь очищенной воды и активного ила после аэротенка поступает во вторичный отстойник (4). Ил под действием силы тяжести оседает в нижнюю часть вторичного отстойника, и через систему эрлифтов отводится в септическую камеру первичного отстойника. Из отстойника стоки попадают на доочистку. Здесь применяется дисковый самопромывной фильтр (5). Доочищенная вода подается на станцию УФ обеззараживания (6) и отводится с площадки очистных сооружений. Избыточный активный ил собирается системой сбора и удаления осадка и отводится в минерализатор (1) для сбора и стабилизации осадка из первичных и вторичных отстойников в анаэробном режиме [2].

3. Химические реакции, протекающие в установках

На первой стадии процесса нитрификации бактерии рода *Nitrosomonas* окисляют аммонийный азот до нитритов по реакции:



В качестве субстрата бактерии используют аммонийный азот, мочевины, мочевую кислоту, гуанин, но органическая часть молекулы не потребляется.

На второй стадии бактерии окисляют нитриты до нитратов по реакции:



Образование молекулярного азота происходит в процессе денитрификации. Денитрифицирующие бактерии окисляют органические вещества в процессе анаэробного дыхания с образованием молекулярного азота. В качестве источника углерода служат органические вещества.



4. Область применения установок

Биологическая очистка сточных вод на предприятиях;
Очистка городских и производственных сточных вод;
Частные загородные дома [4].

5. Достоинства и недостатки

К достоинствам можно отнести:

- высокий уровень очистки сточных вод;

- отсутствие необходимости утепления самой установки, поскольку выделяемое в процессе тепло обеспечивает незамерзание стоков при низких температурах;
- работа устройства не вызывает неприятных запахов.

Недостатками являются:

- постоянной работа канализации, поскольку без питания бактерии быстро погибнут;
- необходимость постоянной подачи электричества;
- высокая стоимость и постоянный контроль [5].

Вывод

Качественное очищение сточных вод представляет собой многоэтапный процесс технологии очистки. Биологический этап считается одним из самых важных, так как позволяет очистить стоки от растворенных и органических элементов. Профессиональными, удобными и основными установками для этого процесса являются аэротенки для очистки сточных вод. В работе мы рассмотрели аэротенки с нитрификацией и денитрификацией. Ознакомились со схемами установок, используемых при очистке сточных вод, принципом их работы, недостатками и достоинствами, а также областями их применения.

Библиографический список:

1. Установки на основе аэротенков-денитрификаторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dian.expert/catalog/ustanovki-na-osnove-aerotenkov-denitifikatorov> – 14.12.2020.
2. Передовые технологии очистки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sbm-siberia.ru/produkty/ustanovki-serii-mega> – 15.12.2020.
3. Аэробно-анаэробное удаление азота: процессы нитри- и денитрификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ecosgroup.com/press/articles/aerobno-anaerobnoe-udalenie-azota-protsessy-nitri-i-denitifikatsii/> – 15.12.2020.
4. Что такое аэротенки для очистки сточных вод и как они работают [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ovode.net/ochistka/stochnye/metody/biologicheskie/aerotenki> – 14.12.2020.
5. Биохимическая очистка стоков: плюсы и минусы аэротенка. СанТехСистем [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.684015.ru/dim/irk/biokhimicheskaya-ochistka-stokov.html> – 14.12.2020.

УДК 66.03

ГРНТИ 61.13

АЭРОТЕНКИ С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ДЕФОСФОТАЦИЕЙ

К. А. Гибадулина, К. В. Ражникова

СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Работа посвящена аналитическому обзору технологий сбора, накопления, подготовки отходов фреонов и их последующего обезвреживания. Рассмотрен состав и свойства отходов фреонов. Описаны технологии, представленные на рынке и патентный обзор перспективных технологий, установок и оборудования переработки отходов

фреонов. Оценены основные риски в технологических процессах при переработке отходов фреонов.

Ключевые слова (словосочетания): биологическая очистка, аэротенки, биологическая дефосфотация.

На сегодняшний день очистка сточных вод от биогенных соединений является наиболее важной проблемой.

Актуальность проблемы очистки сточных вод от соединений фосфора и азота вызвана возрастающей степенью эвтрофикации (процесс нежелательного развития водорослей, зеленых, сине-зеленых, с интенсивным увеличением их фитомассы в водоемах, что сопровождается нарушением жизнедеятельности рыб).

Фосфаты могут попадать в водоемы самыми различными путями, в частности, с бытовыми и промышленными стоками, вымываться с сельскохозяйственных угодий. Анализ содержания фосфатов – важная составляющая комплексного контроля состава природных и питьевых вод. Хорошая растворимость фосфорорганических соединений в воде обуславливает несомненную опасность для окружающей среды и человеческого организма. Это обусловлено способностью фосфорорганических соединений химически связывать и инактивировать биологические катализаторы различных реакций в организме [1].

Экологическая безопасность водных источников оценивается по нормативным показателям на уровне ПДКрыбхоз. Природоохранным законодательством (приказ Росрыболовства № 20 от 18.01.2010 г. «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения») установлено максимальное значение ПДК фосфатов (по фосфору) и не должно превышать: для эвтрофного водоема – 0,2 мг/л P, для мезотрофного водоема – 0,15 мг/л P, для олиготрофного – 0,04 мг/л P, для водоемов культурно-бытового использования – 1,2 мг/л P [2].

В нашей работе рассмотрим биологическую очистку сточных вод с глубоким удалением ионов фосфора.

Цель данной работы заключается:

- рассмотреть принцип биологической очистки от соединений фосфора;
- рассмотреть преимущества и недостатки данной очистки;
- изучить эффективность процесса дефосфотации сточных вод с помощью аэротенка.

Аэротенк представляет собой прямоугольный резервуар, который очищает сточную воду с помощью колоний микроорганизмов, активного ила. Микроорганизмы активного ила перерабатывают органику из сточных вод для роста и энергетического обмена. После аэротенков активный ил отделяется от очищенной воды в отстойниках. В отстойниках происходит осаживание активного ила с его последующим частичным возвращением обратно в резервуар для поддержания постоянной дозы ила в очистном сооружении. В качестве примера рассмотрим схему очистки Северной станции аэрации в г. Санкт-Петербурге, приведенную на рис. 1.

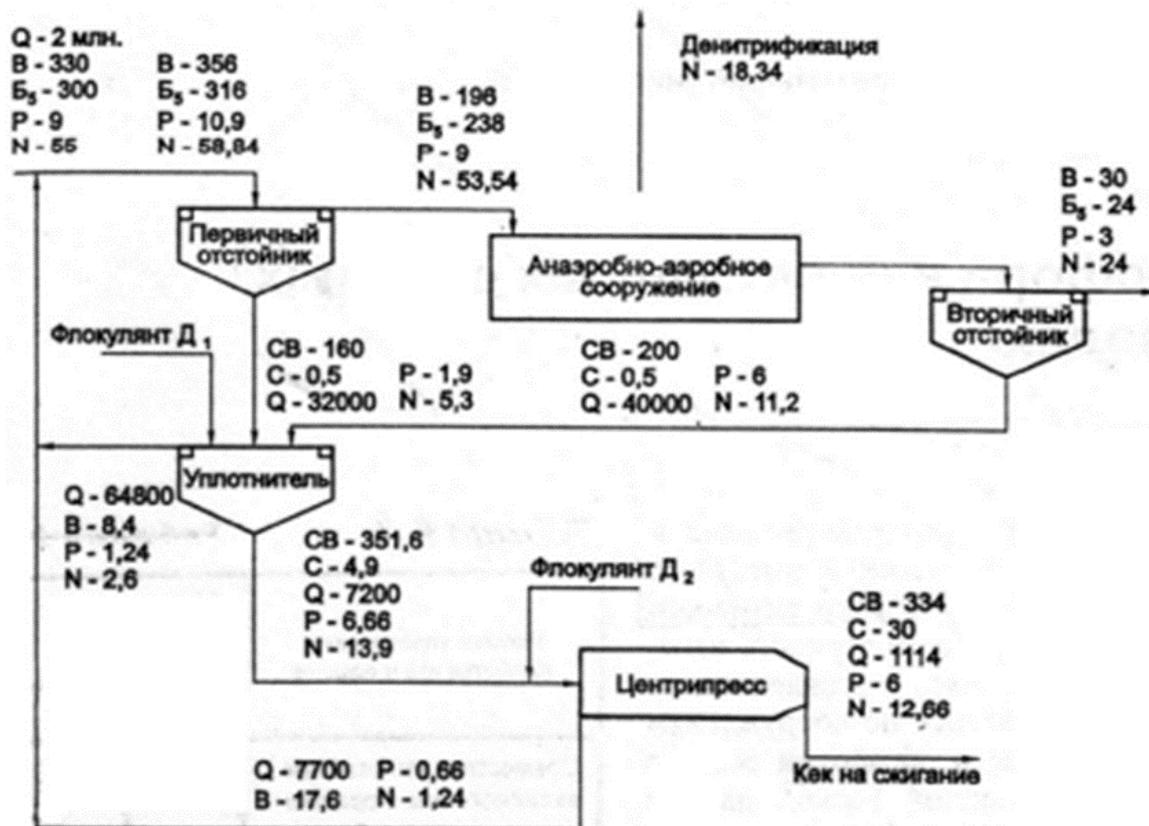


Рис.1. Балансовая схема Северной станции аэрации С.-Петербурга по фосфору, азоту, сухой массе и расходам иловых вод и осадков:

В – взвешенные вещества, т/сут; B_5 -БПК₅, т/сут; P, N – общий фосфор, общий азот (в P и N), т/сут; СВ – сухая масса осадков, т/сут; Q – расход иловых вод, осадков, м³/сут; C – концентрация осадков по сухой массе, %; $D_1=1$ кг/т – доза флокулянта перед уплотнением; $D_2=5-6$ кг/т – доза флокулянта перед центрифрессами.

Принцип биологической очистки от фосфора (биологической дефосфотации) состоит в создании условий для развития в составе активного ила фосфорных бактерий (Р-бактерий). Для этого в системе биологической очистки выделяют анаэробные и аэробные зоны, которые поочередно проходит активный ил.

При этом в аэробных условиях активный ил интенсивно потребляет фосфаты из очищенной сточной воды, в анаэробных условиях связанный илом фосфор выделяется в жидкую фазу, которая после отстаивания ила сливается в отдельную емкость. Растворимые фосфаты затем могут переводиться в осадок известью. На эффективность высвобождения соединений фосфора из рециркулирующего активного ила влияют продолжительность его пребывания в анаэробных условиях, доза и возраст ила. По этой технологии достигаются остаточные концентрации фосфатов (в пересчете на фосфор) 0,3-0,4 мг/л при их исходном содержании 1,8-2,9 мг/л. Перспективным направлением для разработки глубокой очистки являются биологические методы, основанные на сочетании прикрепленных и взвешенных культур микроорганизмов, находящихся в аэробных и анаэробных условиях. Одна из разработанных технологий позволяет практически в тех же объемах сооружений осуществлять глубокую очистку сточных вод. На основе предложенной технологии для очистки сточных вод малых населенных пунктов разработаны установки заводского изготовления «Ручей» и «Нептун» в виде блок-контейнеров производительностью 100-700 м³ /сут. Несмотря на имеющийся опыт работы, большинство биологических методов не может снизить концентрацию фосфора в очищенной сточной воде ниже 0,5 мг/л, а наличие

трудно учитываемых факторов, влияющих на степень удаления фосфатов, является серьезным недостатком этих процессов [3].

Преимущества и недостатки биологической очистки сточных вод от соединений фосфора

Преимущества:

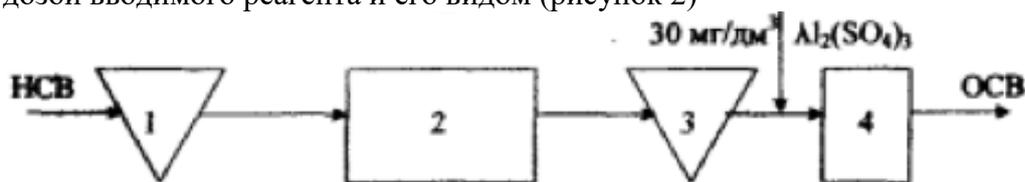
- не требуется дозирование реагентов для удаления фосфора (снижение эксплуатационных затрат по сравнению с химическим методом удаления фосфора);
- нет увеличения концентраций солей металлов (входящих в состав реагентов, используемых при химическом удалении фосфора) в очищенной воде;
- нет увеличения количества избыточного активного ила (из-за дозирования реагентов, как при химическом удалении фосфора);
- нет дополнительного количества тяжелых металлов в активном иле (как при химическом удалении фосфора).

Недостатки:

- процесс не всегда идет стабильно: для достижения стабильного качества очищенной воды по фосфору требуется система дозирования реагента (солей железа или алюминия);
- невозможность использования данного процесса при низких соотношениях БПК_{полн} к Р_{общ} в поступающих сточных водах;
- для повышения эффективности процесса биологического удаления фосфора – требуется (при недостаточном количестве легкоокисляемых органических соединений в поступающих сточных водах) дозирование дополнительного источника легкоокисляемого органического вещества (метанола, этанола, сахарозы и т.д.);
- в зимнее время увеличивается вероятность и интенсивность процессов пенообразования.

Биологическая очистка сточных вод с помощью аэротенков позволяет удалить 50-70 % соединений фосфора, что является высоким показателем по сравнению с другими способами очистки (например, механическая очистка снижает на 8-10 %).

Исследования на лабораторных установках схем биохимической очистки городских сточных вод с введением реагента показали, что эффективность изъятия фосфатов обусловлена дозой вводимого реагента и его видом (рисунок 2)



Параметры, мг/дм ³	После вторичного отстойника	После песчаного фильтра
БПК	10	1,0-1,5
Взвешенные вещества	10-15	10
Общий фосфор	2,5-3,0	0,5
Ортофосфаты-Р	2	0,2-0,3

Рис.2. Реагентное удаление соединений фосфора: 1 – первичный отстойник; 2 – аэротенк; 3 – вторичный отстойник; 4 – песчаный фильтр; НСВ – неочищенные сточные воды

Качество очистки сточных вод по общему фосфору, помимо дозы реагента и его вида, зависит от содержания взвешенных веществ в очищенных сточных водах. Более

высокие концентрации взвешенных веществ в очищенной воде (30-36 мг/дм³) обуславливают снижение эффективности удаления соединений фосфора до 55-60 % при той же дозе реагента. Фильтрация сточной воды через песчаные фильтры после вторичных отстойников приводит к повышению эффективности удаления общего фосфора в целом до 90 %.

Такое влияние взвешенных веществ на эффективность удаления фосфатов из очищенных сточных вод связано со значительным содержанием фосфора во взвешенных веществах (активном иле).

В мировой практике для глубокого удаления соединений фосфора применяется химическая обработка сточных вод в сочетании с биологической очисткой. Однако совершенствование таких технологических схем продолжается по сей день [4].

Выводы

Загрязнения сточных вод соединениями фосфора может привести к серьезным проблемам в использовании воды. Необходимо правильно производить очистку сточных вод, используя эффективные способы и установки. Наиболее качественным и широко используемым методом очистки является аэротенк с биологической дефосфотацией.

Данная биотехнология позволяет удалять соединения азота и фосфора из бытовых, городских и промышленных сточных вод. Качество очищенной воды по содержанию азота и фосфора удовлетворяет самым жестким требованиям на сброс для водоемов рыбохозяйственной категории водопользования. Одновременно достигается эффективная очистка от органических веществ, сокращение расхода воздуха на аэрацию и уменьшение количества образующегося избыточного ила.

Библиографический список:

1. Стельмашук В., Салек М. Возможности адсорбционной очистки воды от о-изопропилметилфторфосфата. // ЭИР. – 2003. - №4 – С. 44-47.
2. О рыбохозяйственном нормативе (ПДК) на фосфаты. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vniro.ru/ru/novosti/novosti-2015/o-rybokhozyajstvennom-normative-pdk-na-fosfaty-24.12.20>.
3. Подорван Н.И., Глоба Л.И., Куликов Н.И., Гвоздяк П.И. Удаление фосфора из сточных вод. // ХИТВ. – 2004. – №6, Т. 26 – С. 591- 603.
4. Жмур Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.

УДК 665

ГРНТИ 87.19.15

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Ю. С. Никонова, Ю. Л. Морева
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. В статье рассматривается вопрос негативного влияния производства синтетических моющих средств на состояние водных объектов.

Ключевые слова (словосочетания): синтетические моющие средства, поверхностно-активные вещества, сточные воды.

С повышением культурного уровня населения и увеличения улучшения социально-экономических факторов соответственно повысилась потребность народа в

моющих средствах. В результате увеличения производства тканей возросли требования к промышленности синтетических моющих средств (далее – СМС) по количеству, качеству и ассортименту выпускаемой продукции. Все больше использовалось нефтехимическое сырье, что значительно расширило сырьевую базу промышленности СМС, что в свою очередь привело к увеличению объема производств различных видов моющих средств, способных удовлетворить различные требования потребителей.

СМС являются сложными смесями поверхностно-активных веществ (далее – ПАВ), неорганических и органических составов веществ, которые увеличивают эффективность СМС. Производство СМС на основе ПАВ с высокой степенью биохимического разложения в сточных водах имеет важное значение. Разрабатываемые СМС различают по составу, применению для различных тканей и выпускаемой форме (таблетки, гранулы, порошки и т.д.) [1].

Основу рынка моющих средств в России в основном составляют иностранные производители или же отечественные производители на базе иностранного капитала. На рисунке 1 приведена диаграмма основного ассортимента, представленного на рынке синтетических моющих средств в России.



Рис. 1. Доля ассортимента синтетических моющих средств

Из рисунка 1 видно, что самым востребованным товаром на рынке бытовой химии в России является производство стиральных порошков.

В таблице 1 представлены крупные представители производства товаров бытовой химии в Санкт-Петербурге и Ленинградской области. Самым крупным производителем является ОАО «Невская косметика» – не только стиральных порошков, но и практически всех товаров бытовой химии [2].

Таблица 1

Крупные производители товаров бытовой химии в Санкт-Петербурге
и Ленинградской области

Наименование предприятия	Ассортимент выпускаемой продукции	Объем выпускаемой продукции, т/год
ОАО «Невская косметика»	Косметика для малышей, мыло, средства для стирки тканей, средства для ухода за домом	9,5
ООО «Спектр»	Моющие и чистящие средства: жидкие и порошкообразные чистящие средства	2,8
НПК «Пластполимер»	Бытовая химия МДЖ, полимерные композиции	2,2
ХИМРОС	Профессиональная бытовая химия (средства для стирки, уборки дома, мытья посуды)	1,0
Компания «Невская Бытовая Химия»	Стиральные порошки	3,2
«Новые Химические Технологии»	Средства для уборки, гели для мытья посуды, средства для посудомоечных машин, гели для стирки, кондиционеры для белья	1,2
ЗАО «Аист»	Высококачественные стиральные порошки, отбеливатели, моющие и чистящие средства, хозяйственное и туалетное мыло, глицерин	2,3

В состав современных стиральных порошков входят комбинации различных ПАВ: анионных и неионогенных, а также сода, силикат натрия (добавляет щелочность порошку и связывает пыль в гранулы), балласт из солей в качестве разбавителя (как правило, сульфат натрия около 40 % состава неконцентрированного стирального порошка с дозировкой 150 г на одну стирку в стиральной машине) или, реже, хлорид натрия) в количестве не более 5 % -10 % [3, 4].

Основные способы производства стиральных порошков представлены в таблице 2. Рассмотрев разные способы производства стиральных порошков, выделяют основные загрязняющие вещества, образующиеся в процессах сушки готовой композиции. Характеристика сточных вод, образующихся в данном процессе, представлена в таблице 3 [5].

Таблица 2

Основные способы производства стиральных порошков

Способ производства стирального порошка	Основные стадии	Преимущества и недостатки
Башенная технология (метод распылительной сушки)	Прием, хранение и подготовка сыпучего и жидкого сырья, приготовление и сушка композиции, расфасовка и упаковка готового продукта	Разложение отдельных компонентов при высокой (300-350 °С) температуре сушки, большие расходы топлива, высокие капитальные вложения на единицу готового продукта, низкая насыпная плотность порошков, большой расход упаковочных материалов
Небашенная технология	Прием, хранение и подготовка сыпучего и жидкого сырья, смешение сухих и жидких компонентов в реакторе, удаление влаги на псевдооживленном слое, дозирование нетермостабильных добавок, расфасовка и упаковка готового продукта	Возможность получения порошкообразных СМС с содержанием ПАВ более 20 % (мас.) Проблемы липкости порошка
Комбинированный метод	Происходит агломерация (склеивания) сыпучих (порошкообразных) и жидких компонентов в гранулированный и химически однородный продукт	Устранение липкости порошка, увеличение его насыпной плотности, расширение области применения неионогенных ПАВ

Таблица 3

Характеристика сточных вод

БПК _н , мг/л	200,0
ХПК, мг О ₂ /л	250,0
рН	7,7
Содержание, мг/л:	
Поверхностно-активных (анионоактивных) веществ	250 - 300
Поверхностно-активных (неионогенных) веществ	10-200
Технических масел (после отстоя)	55,0
Сухой массы	500,0
Прокаленного остатка	600,0
Количество сточных вод, м ³ /сут.	90-135,0
Количество сточных вод, м ³ на 1 т готового продукта	0,54-0,97

Основными загрязняющими веществами являются ПАВ, которые образуются в цехах подготовки композиции для производства готового продукта.

Технико-экономическое сравнение различных методов очистки сточных вод от ПАВ представлено в таблице 4. Концентрация ПАВ до очистки равна 250-300 мг/л.

Технико-экономическое сравнение различных методов очистки сточных вод от ПАВ

Методы очистки	Концентрация ПАВ после очистки, мг/л	Степень очистки, %	Себестоимость очистки сточных вод, руб./м ³	Стоимость удаления 1 кг ПАВ, руб.
Ионный обмен	50-60	80	0,63	3,15
Адсорбция + ионный обмен	5-6	98	0,70	2,88
Облучение электронами - с двумя усилителями - с одним усилителем	Следы	100	0,73	2,94
	То же	100	0,48	1,93
Пенная флотация - одноступенчатая - многоступенчатая	125-150	50	0,55	4,40
	75-90	70	0,46	2,63
Экстракция - одноступенчатая - многоступенчатая	62-75	75	0,32	1,72
	12-15	95	0,60	2,53
Осаждение реагентами	25-30	90	0,47	2,10
Озонирование	20-24	92	0,48	2,08
Разрушение пероксидом водорода	12-15	95	0,70	2,95

На основе различных методов по удалению ПАВ делаем вывод, что в первую очередь необходимо удалить взвешенные вещества (например, методом флотации), затем удалить нерастворимые частицы, а также органические вещества и соли жесткости.

При исследовании методов очистки и составлении схемы по очистке сточной воды, полученной при производстве стиральных порошков, рассмотрим схему по очистке сточной воды, разработанную технопарком РХТУ им. Д. И. Менделеева [6]. Ими были разработаны и запущены в производство модульные установки. Основными преимуществами данной схемы считается надежность в эксплуатации, минимальные эксплуатационные затраты, компактность конструкции.

Технологическая схема очистки сточных вод представлена на рисунке 2.

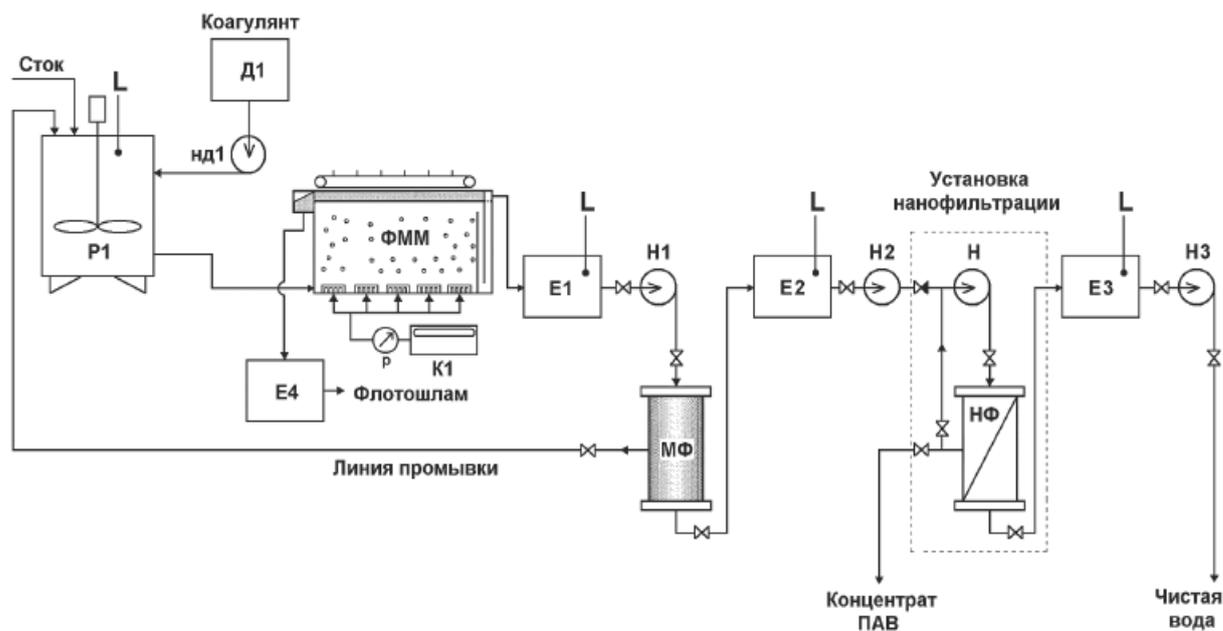


Рис. 2. Технологическая схема очистки сточных вод:

Р – реактор; Е – накопительные емкости и усреднители; Н – насосы Д/НД – станция приготовления и дозирования реагентов; ФММ – флотатор; К – компрессор; МФ – механический фильтр; НФ – установка наночистоты

На первом этапе происходит усреднение сточных вод и обработка коагулянтом. Насос-дозатор НД1 обеспечивает дозирование раствора коагулянта. Затем обработанные сточные воды поступают на флотационную очистку во флотаторе, в котором происходит извлечение не менее 98 % взвешенных веществ и 40–60 % сорбирующихся на них органических веществ. На данном этапе используется электрофлотация, в процессе которой образуется пенный слой, удаляемый пеносборным устройством с поверхности жидкости в сборник-фильтр Е4.

Дальнейший этап предусматривает доочистку осветленной воды с помощью механического фильтра Ф1. Затем очищенная вода поступает в накопительную емкость Е2, откуда далее на установку наночистоты НФ для удаления ПАВ, где идет процесс умягчения воды.

Выводы

Были рассмотрены основные предприятия по производству СМС, где основу составляют производство стиральных порошков. Основными загрязняющими веществами при данном производстве являются анионоактивные и неионогенные ПАВ, образующиеся на этапе подготовки и в цехе сушки.

Использование установок наночистоты может дать возможность получить обратную воду, обеспечивающую снижение объемов использования воды предприятий. Также одним из достоинств наночистоты является снижение щелочности, содержания, снижение жесткости, обеззараживание воды.

Данная схема позволяет повышать производительность очистных сооружений с учетом увеличения мощности производительности предприятий без замены существующего оборудования.

Библиографический список:

1. Паронян В.Х., Гринь В.Т. Технология синтетических моющих средств. – М.: Химия, 1984. – 224 с.

2. Промышленное производство Санкт-Петербурга в 2018 году. Стат.сб/Петростат. – СПб., 2019. – 55 с.
3. Тихонова Ю. В., Хабибуллин Р. Р., Ломакин С. П., Филатова Э. С. Сравнительная оценка основных технологических характеристик, разработанных синтетических моющих средств // Башкирский химический журнал. – 2006. – Том 13. – №5 – С. 5-7.
4. Матвейко Н. П., Алферов С. В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и фосфатами при использовании синтетических моющих средств // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки – 2011. – Вып. 1. – С. 281–290.
5. Миташова Н. И., Грибач Е. А., Назарова Е.А. Очистка сточных вод, содержащих ПАВ, и их повторное использование // Известия МГТУ «МАМИ» – 2013. – № 3(17). – С. 40-43.
6. Павлов Д. В., Вараксин С. О., Колесников В. А. Очистка сточных вод и оборотное водоснабжение прачечных предприятий//Сантехника. – 2018. – №4.– С. 20-23.

УДК 721.02 728.1 502.1
ГРНТИ 67.01.11

ПУТИ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

М. С. Веригина, Е. А. Соколова, А. Айлыева
Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий
и дизайна
191186, Россия, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

***Аннотация.** Строительная промышленность оказывает наибольшее влияние на окружающую среду. Здания, возведённые в период индустриализации, не только не соответствуют современным представлениям о здоровой окружающей среде, но и потребляют слишком много энергии и производят большое количество отходов, приводящее к ухудшению качества жизни населения. Данная статья рассказывает о некоторых проблемах в области экологии, возникающих при современном строительстве, и о том, какие меры принимаются, чтобы эти проблемы решить.*

***Ключевые слова (словосочетания):** экологические проблемы, строительство, экология, здания, современные решения, окружающая среда*

Экология и экологические проблемы современности

Экология — наука, которая исследует взаимодействия и воздействия живых организмов друг на друга, а также на окружающую среду. Экология природы и человека крепко связаны между собой. В стремлении рационализировать жизнедеятельность на Земле человек потребляет больше, чем возвращает, и этим причиняет вред окружающей среде. Экологическая ситуация во всем мире усугубляется с каждым днем. Многие научные работники полагают, что деятельность общества привела к экологической катастрофе.

Экологическая проблема — это изменение природной среды, в результате антропогенных воздействий или стихийных бедствий, ведущее к нарушению структуры и функционирования природы [1]. На данный момент существует несколько экологических проблем, оказывающих огромное влияние на нашу планету. Далее приведем несколько из них.

Крупнейшей из них является загрязнение атмосферы. Эта проблема коснулась каждой

страны на Земле. Общественный транспорт, автомобили, различные предприятия и заводы давно стали частью нашей привычной жизни, а ведь именно выхлопные газы и продукты переработки, выбрасываемые из-за них в воздух, являются главными загрязнителями атмосферы.

Следующей проблемой является разрушение озонового слоя. Примерно в 30 км от Земли находится тонкий озоновый слой, который поглощает ультрафиолетовые лучи. Он защищает нас от многих заболеваний кожи, а также онкологии. Основными его разрушителями являются аэрозоли, различные распылители, двигатели самолетов и космических кораблей. Если этот слой атмосферы продолжит разрушаться, то климат нашей планеты может кардинально измениться.

Также стоит отметить и такую проблему, как загрязнение почвы. Ее загрязняют не только предприятия, но и люди. Это происходит посредством утилизации в земле различных отходов, которые стремительно увеличиваются в объеме и нередко используются в качестве удобрений для выращивания фруктов и овощей, польза которых становится крайне мизерна.

Строительная индустрия как источник ряда экологических проблем

Не сложно проследить, что большинство из этих проблем напрямую связано с промышленностью. Отрасль строительства, которая неразрывно с ней связана, является одной из ключевых в появлении многих из этих проблем.

Строительная индустрия в современном мире имеет колоссальное воздействие на развитие государства. Она составляет важнейшую экономическую и технологическую роль в росте.

Бурное развитие современных мегаполисов, являющееся неотъемлемой частью развития любой страны, требует более современных архитектурных, технологических решений для качественного и быстрого возведения всевозможных сооружений.

При строительстве здания используется большое количество стройматериалов, которые могут быть как натуральными, так и синтетическими. Различные краски, лаковые покрытия, утеплители и другие искусственно созданные стройматериалы будут негативно воздействовать на окружающую среду, не говоря уже об их производстве. К примеру, по статистике металлургические заводы являются одним из ключевых источников загрязнения атмосферы, они выбрасывают огромное количество вредных веществ в воздух, которым мы дышим.

Мы постарались объединить все проблемы, вызываемые строительной индустрией, в один список:

- чрезмерное потребление энергоресурсов, что приводит к истощению природных ресурсов;
- изменение ландшафта окружающей среды;
- уничтожение представителей флоры и фауны за счёт их выселения с привычного ареала обитания;
- перегрузка транспортной системы, которая приводит к загрязнению атмосферы;
- негативное воздействие сточных вод;
- производство материалов, необходимых для строительства, загрязняет воздух;
- увеличение количества бытового и промышленного загрязнения водоемов;
- затенение территорий, на которых производится застройка, что приводит к дефициту солнечного света, необходимого для жизнедеятельности флоры и фауны;
- локации, используемые для строительства, становятся менее устойчивыми к землетрясениям;
- вырубка лесов для создания стройматериалов [2].

Думаю, очевидно, что вред, оказываемый строительством, бесспорен, однако в наше время строители вместе с учёными активно стараются решить эту проблему.

Способы их решения и принципы современного экологического строительства

Чтобы понять, что же нужно для того, чтобы сделать дом по-настоящему зелёным, а

также безопасным для окружающей среды, для начала необходимо понять, что же такое зелёное строительство и какие здания называют зелёными. Зелёное строительство — это практика строительства, целью которой считается сокращение уровня потребления энергетических и материальных ресурсов в течение всего жизненного цикла сооружения от выбора места, проектирования и постройки, вплоть до эксплуатации и ремонтных работ. В наше время, когда всем жителям нашей планеты грозят такие проблемы, как глобальное потепление, истощение природных ресурсов, а также большие проблемы, в мировой экосистеме строительство подобных сооружений с применением современных экологических технологий, приобретает колоссальную значимость и становится приоритетным по сравнению со строительством традиционных зданий.

Резюмируем основные задачи зелёного строительства:

- создание новых промышленных продуктов;
- снижение нагрузок на региональные энергетические сети и повышение надёжности их работы;
- сокращение пагубного воздействия за все время эксплуатации здания на здоровье человека и окружающую среду;
- снижение затрат на содержание нового строительства.

Существует несколько принципов экологического строительства, мы постарались изучить основные шесть:

Первым принципом является необходимость комплексного подхода. Нельзя сосредоточиться только на одном аспекте дома и проигнорировать все остальные не менее важные элементы. Например, проектирование воздухонепроницаемой, хорошо изолированной настенной системы будет абсолютно бессмысленным, если после этого выбрать некачественные окна. Необходимо держать баланс между теми мерами, которые нужно принять для создания зелёного дома.

Следующее – это оптимизация и анализ всех возможностей предстоящего проекта. Данный принцип подразумевает под собой такие аспекты, как верный подбор места расположения участка, изучения расположения всех существующих домов и инфраструктуры, ориентация улиц и зданий на пассивное и активное солнечное освещение, размещение подъездных путей, стоянок, возможных опасностей, а также различных высокоприоритетных ресурсов, которые обязаны быть сохранены, – таких как деревья, водные пути, коряги и зоны обитания животных.

Следует свести к минимальному количеству потребление энергии, для этого применять стратегию использования возобновляемых источников энергии. Здесь необходимо учитывать такие нюансы, как немаловажность резкого сокращения общей энергетической нагрузки, ограничение числа требуемого ископаемого топлива, внедрение в проект возобновляемых источников энергии, таких как гальванические батареи и тепловые насосы. Одним из действенных способов энергосбережения считается применение системы «умный дом», осуществляющей автоматическое контролирование инженерных систем здания (отопление, вентиляция, освещение).

Не менее значимым принципом также считается необходимость защиты воды. Этот принцип включает в себя такого рода проблемы, как сокращение, контролирование, а также обработка стока на объекте; проектирование и возведение дома с целью экономии воды, используемой внутри и снаружи, а также минимизация утечек путём обеспечения должного контроля в период постройки [3].

Наверное, самый очевидный принцип — это использование экологических продуктов. Он гласит о необходимости использования продуктов, которые утилизируются, производятся с использованием переработанных материалов, сохраняют природные ресурсы, являются исключительно прочными и не требующими особого обслуживания, с естественной или минимальной обработкой, а ещё лучше, если они экономят энергию или воду. Грамотный подбор материала является ключевым моментом при строительстве зелёного дома. Выбор материала – это сложный процесс, включающий в себя множество

спорных моментов. Обычно он включает в себя оценку воздействия жизненного цикла продукта на окружающую среду. Осуществляя покупки строительных материалов, необходимо обратить внимание на маркировку, расположенную на их упаковке. Она может сказать об экологичности покупаемой продукции. К примеру, если на товаре имеется маркировка *EcoMaterial*, это уже свидетельствует о его экологичности. Сейчас на рынке есть много производителей, занесенные в каталог *Green Book*, которые занимаются производством только натуральных материалов.

Обеспечение комфортной атмосферы внутри дома также считается очень значимым аспектом. Это включает в себя обеспечение отличных акустических, тепловых и визуальных свойств, которые оказывают существенное воздействие на здоровье, удобство и эффективность работы. Кроме того, нужно создать надлежащие условия с целью того, чтобы в дом проникало максимальное количество дневного света, была установлена соответствующая система вентиляции, а также контроль влажности [4].

Заключительным, однако не менее важным принципом является необходимость оптимизации методов эксплуатации и технического обслуживания. Данный принцип распространяется на использование материалов и систем, которые упрощают и снижают эксплуатационные требования; используют меньше воды, энергии и токсичных химических веществ, а также чистящих средств для поддержания; считается экономически эффективными, а также уменьшают расходы за жизненный цикл.

В следующем разделе было разобрано, какие системы способствуют созданию умного дома.

Системы, способствующие созданию эко дома

Умный дом принято позиционировать системой обеспечения удобства и безопасности. Как главный ее плюс, принято считать энергоэффективность, которая помогает пользователю минимизировать расходы на содержание жилья, и его экологичность. Это возможно посредством таких функций умного дома, как интеллектуальное освещение, умное отопление, контроль производительности работы приборов.

Интеллектуальное освещение: осветительные приборы снабжаются регуляторами яркости. Детекторы устанавливаются в помещении и выбирают наилучший режим свечения. Если в комнате есть еще и занавески или жалюзи, они также подключаются к системе. Сенсоры движения отслеживают присутствие человека в помещении и в его отсутствие отключают освещение, что позволяет существенно сохранить электроэнергию [5].

Умное отопление: система программируется на поддержание обусловленных параметров микроклимата во всех комнатах дома. Контроль производительности работы приборов: каждый из электрических приборов имеет обусловленную величину энергопотребления. При сбое в его службе она может увеличиваться. Система регулирует эти показатели, а при появлении проблем сообщает пользователю о необходимости замены или починки прибора. Умный дом отслеживает работу всех устройств и отключает от сети не работающее в данный момент оборудование. Это минимальные возможности УД по сохранению ресурсов, однако даже они позволяют понизить энергопотребление дома практически на треть, а это немало.

В настоящее время изготовители умных домов основательно занимаются вопросом еще большей экологичности системы. Планируется, что эти умные дома не только продуктивно потребляют, но и самостоятельно вырабатывают энергию. Чтобы достичь желаемого результата, в них встраиваются системы производства так называемой альтернативной энергии. В качестве снабжения световой энергией и нагрева воды используют энергию солнечного света и ветра. Использование энергии солнца с преобразованием совершается за счет фотоэлектрических пластин. Пластины производятся из кремния, который является самым часто встречающимся на планете элементом. Солнечные батареи из кремниевых пластин могут прослужить большую часть жизни

человека – свыше 25 лет. Плюсом такой системы является свойство сохранять до 80 % своей эффективности на протяжении всего ресурса. Объем энергии от солнечных батарей изменчив, в зависимости от местоположения установки и активности солнца в различную погоду.

Использование установок, в которых сила ветра способствует получению электричества, уместно в местах с высокой величиной средней скорости ветра или в часы малой активности солнца. Эффективность ветроустановок можно приравнять к эффективности гелиоустановок.

Однако немаловажны критерии расположения конструкции и точности посчитанного территориального потенциала.

Геотермальное тепло земли обширно эксплуатируется для прогрева зданий. Геотермальное тепло земли, воды и воздуха используется в качестве ресурсов для тепловых насосов. В холодную погоду ресурсоиспользование тепла направлено для нагревания зданий, а в теплую пору дает возможность в полной мере выводить тепло, кондиционируя помещения.

Самым оптимальным решением будет установка геотермального теплового насоса. Существует два способа установки данной системы: при помощи горизонтального грунтового коллектора или же вертикального глубинного зонда. При пиковых нагрузках в период холодов тепловые насосы демонстрируют самый высокий показатель эффективности.

Большим плюсом можно отметить мощность, требуемую тепловому насосу. Она не так велика — среднее значение 3–4 кВт.

В случае перебоев в работе электросети или аварийных ситуаций, как резервного источника питания, теплового насоса будет достаточно.

Помимо использования в стенах дома, вырабатывать электроэнергию тепловой насос может и на участке [6].

Для увеличения производительности водопользования в настоящее время применяются как устройства для контроля за водопотреблением, так и приборы для его снижения. Сантехническое оборудование, разработанное в данный момент с целью сокращения расхода воды, можно объединить в две большие группы. К первой из них причисляются санприборы и их модификации, уменьшающие поток воды посредством смесителя, а ко второй – устройства, ограничивающие слив воды из бачка унитаза. Конструкторы придумали различные виды оборудования, позволяющего на 15–70 % уменьшить водопотребление при мытье рук и посуды, при приеме душа или ванны, такие как:

- однорычажные смесители;
- термостатические смесители, предназначенные для поддержания задаваемой пользователем температуры горячей воды;
- усовершенствованные картриджи смесителей с двухступенчатой регулировкой, ограничивающие максимальный расход воды;
- аэраторы, подмешивающие к воде воздух, благодаря чему струя меньшего напора приобретает лучшие моющие качества и кажется более интенсивной и мягкой. Еще одна группа приборов высокого водопотребления – унитазы, где фиксируется нерациональный расход воды при смыве. В настоящее время особенно распространенными вариантами водосбережения при использовании смывного бачка, призванными не только экономить воду, но также гарантировать необходимую гигиену, является система прерывания смыва «старт/стоп» и двухрежимная арматура сливного механизма, позволяющая сливать как весь объем воды в бачке (обычный режим), так и его половину (режим экономии). В таких бачках кнопка (клавиша) слива разделена на две части (реже устанавливаются две отдельные клавиши). Кроме того, в последние годы на рынке сантехники появились бачки с поворотной ручкой для регуляции объема смываемой воды.

Библиографический список:

1. Кочуров Б. И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). — М.: ИГ РАН, 1997. — 156 с.
 2. Экологические проблемы строительства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecportal.info/ekologicheskie-problemy-stroitelstva/> - 19.11.2020.
 3. Конюшкова Е. «Зеленое» строительство: Экологичный дом как часть образа жизни [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.the-village.ru/village/city/vlesu/113903-zelenoe-stroitelstvo-ekologichnyu-dom-kak-chast-obraza-zhizni> - 23.11.2020.
 4. Sustainable Buildings Industry Council, United States. Dept. of Energy. Building America Program, United States. Dept. of Energy. Building Technology, State and Community Programs, National Renewable Energy Laboratory (U.S.). Green building guidelines: meeting the demand for low-energy, resource-efficient homes. Washington.: Book. 5 p.
 5. Виды альтернативных источников энергии. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.helios-house.ru/alternativnaya-energiya.html> - 25.11.2020.
- Фадеева А. Какие возобновляемые источники энергии появятся в России к 2020 году.:// Ведомости. Новости Москвы, Санкт-Петербурга [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/business/articles/2014/11/25/borba-za-zelenye-stancii> - 25.11.2020.

УДК 658

ГРНТИ 87.53.13

ИЗМЕНЕНИЕ СОСТАВА ТКО В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

А. И. Чухачёва, Е. А. Васильева
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Исследование характеристик твердых коммунальных отходов и их изменения в период пандемии является актуальной экологической задачей. Отходы средств индивидуальной защиты, являющиеся неликвидной фракцией ТКО, в контексте сложившейся эпидемиологической ситуации, могут значительно повлиять на степень экологической угрозы ТКО и интенсивность распространения вирусных инфекций. Результатом данного исследования является ряд рекомендаций по налаживанию системы обращения с отработанными средствами индивидуальной защиты в коммунальном секторе.*

***Ключевые слова (словосочетания):** твердые коммунальные отходы, средства индивидуальной защиты, пандемия, селективное накопление, утилизация.*

Проблема обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО) всегда была и остается актуальной как в России, так и во всем мире. По сведениям Всемирного банка (THE WORLD BANK), в мире образуется более 2 млрд т/год ТКО и это количество ежегодно возрастает на 2-5 %. Порядка 3,5 % от указанного количества ТКО образуется на территории России. При этом вовлечение ТКО в хозяйственный оборот в мире остается на уровне 30-40 %, а в России, по различным прогнозам, составляет от 3 % до 10 % [1].

Проблема обращения с ТКО особенно актуальна для крупных городов и административных центров. Согласно данным Росприроднадзора, за последние 5 лет в Санкт-Петербурге и Москве наблюдается увеличение количества отходов (табл. 1).

Таблица 1.

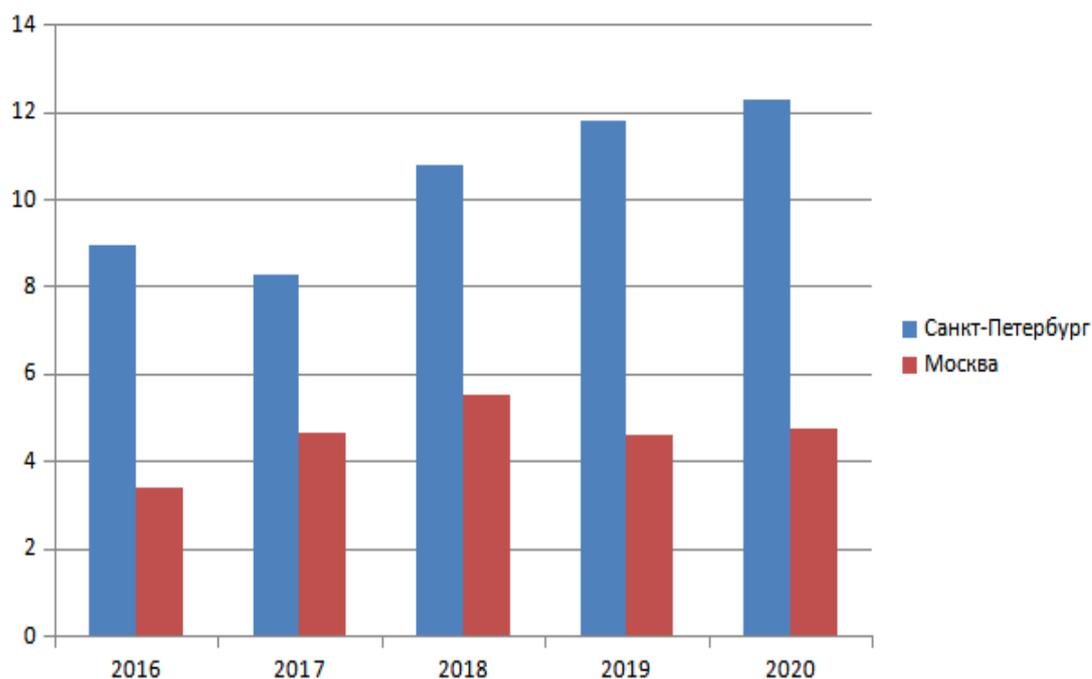
Образования отходов в Санкт-Петербурге и Москве [2]

Отчетный год	Количество образовавшихся ТКО, м ³ /год	
	Санкт-Петербург	Москва
2016	8957698,70	3365436,73
2017	8260066,76	4622187,24
2018	10748723,59	5515773,67
2019	11775689,47 [9 648 032,26]	4575326,99 [4 009 907]
2020	12246717,05*	4758340,07*

Примечания: В квадратных скобках указаны данные Территориальной схемы обращения с отходами в Санкт-Петербурге [3] и Москве [4] соответственно;

* – значения, приведенные в графе 2020 год, являются прогнозными и не учитывают условия, сформировавшиеся в период пандемии.

При этом, если в Москве рост отходов слабо выражен, то в Санкт-Петербурге это увеличение куда более явное (рис.).

Рис. Диаграмма образования отходов (млн м³/год) за 5 лет

Так, в 2018 году в Санкт-Петербурге количество образованных ТКО резко увеличилось более чем на 30 %. В следующие годы увеличение идет уже более плавно.

В Москве явный рост наблюдается с 2016 по 2018 год, после чего количество ТКО уменьшилось в 2019 году на 17 %.

Можно выделить несколько факторов, влияющих на увеличение количества отходов:

- рост производства одноразовых товаров массового потребления;
- увеличение потребления упаковки;

- излишнее потребление товаров длительного использования;
- излишнее потребление продуктов питания;
- экологически необоснованный выбор товаров.

Повышение уровня жизни, которое, с одной стороны, является явлением положительным, с другой – дает возможность заменять пригодные к использованию вещи на новые, приобретать в избытке и выбрасывать излишние продукты питания, что является отрицательным и противоречит принципам устойчивого развития общества [5].

Также на диаграмме можно заметить значительную разницу в количестве отходов между Москвой и Санкт-Петербургом, нелогичную с учетом численности населения. Это связано с тем, что в столице лучше налажена инфраструктура раздельного сбора и переработки отходов.

Поэтапное решение проблемы утилизации ТКО явилось одной из стратегических задач национального проекта «Экология», в рамках которого в России в 2019 году началась «мусорная реформа». Пандемия новой коронавирусной инфекции 2020 года сразу привела к ряду нежелательных последствий, усугубляющих друг друга.

С одной стороны, поскольку по прогнозам условия пандемии могут продлиться до 2022 г., руководство страны было вынуждено отодвинуть сроки достижения целевых показателей по обработке, обезвреживанию и утилизации ТКО до 2030 года, с другой стороны, частично реализованные процессные решения привели ряд региональных операторов на грань разорения [6]. Одновременно с этим условия пандемии привели к изменению в составе и количестве ТКО, что требует от законодателей и регоператоров принятия оперативных решений.

Согласно данным Территориальной схемы обращения с отходами в Москве [4], за 5 лет содержание в ТКО пищевых отходов увеличилось на 10%, а количество макулатуры уменьшилось на 5,3 %, пластика – на 10 %. Это связано с активным развитием в городе площадок по сбору полимеров.

В Санкт-Петербурге за последние 10 лет значительно выросло процентное содержание в ТКО таких компонентов, как пищевые отходы, макулатура, стекло и текстиль (табл. 2) [3].

Сравнивая данные по Санкт-Петербургу и Москве, можно сделать вывод о противоположных тенденциях, складывающихся в обоих городах. Например, в то время как содержание макулатуры в отходах столицы снижается, в Санкт-Петербурге оно растет.

Однако самая значимая тенденция – увеличение доли пластиковых отходов в ТКО большинства городов России, которая наблюдается в последние два десятилетия. Это связано в первую очередь с интенсивным увеличением производства пластика по всему миру, активным использованием композитных материалов, ростом потребления упаковки. В целом, в России на утилизацию и термическое обезвреживание отправляется лишь 4-5 % от общего объема образующихся отходов, и лишь 6 % от перерабатываемых отходов приходится на синтетические полимеры и композиты [8, 9].

В связи с возникшей эпидемиологической ситуацией в 2020 году произошли резкие изменения в количестве, составе и распределении образующихся ТКО.

Морфологический состав ТКО в Санкт-Петербурге

Компонент	Содержание, %		
	Год		
	2009	2010*	2019
Пищевые отходы	23,4	26,1	27,4
Бумага, картон	16,0	18,0	21,5
Дерево	2,2	-	2,5
Металл черный	0,3	2,8	0,8
Металл цветной	1,2		
Текстиль	3,5	3,2	4,3
Кожа, резина	1,8	-	-
Стекло	4,8	8,6	8,9
ПЭВД	11*	16,5*	1,0
ПЭТ			3,4
Полиэтиленовые пленки			7,4
Другие пластики (в т.ч. ПП)			2,5
ПВХ			0,1
Камни, керамика	2,3	-	-
Прочие	20,5	7,6	2,8
Отсев	14	37,1	12,8

* – по результатам исследования ТКО в Санкт-Петербурге кафедрой охраны окружающей среды ПГТУ [7];

** – полимеры.

Так, по данным мусороперерабатывающих организаций Санкт-Петербурга, во II квартале 2020 г. количество отходов от юридических лиц уменьшилось на 30% по сравнению со вторым кварталом 2019 г. В Москве наблюдается аналогичная тенденция: по данным компании «Эколайн», специализирующейся на сборе, транспортировке, сортировке и утилизации ТКО, почти 80% контрактов на вывоз ТКО в коммерческом секторе было приостановлено [10]. Это, главным образом, связано с карантином и, как следствие, ограничением деятельности организаций.

Также полученные данные свидетельствуют о том, что образование ТКО от населения в этот же период изменилось в меньшую сторону на 4,5 %, что, вероятно, является следствием того, что значительный процент населения на время самоизоляции переместился за пределы Санкт-Петербурга. Об этом свидетельствуют и данные по Московской области. Так, в Подмоскowie за весну число отходов выросло на 28 % по сравнению с аналогичным периодом в 2019 г. [11].

Изменились и данные по морфологическому составу ТКО. По данным «Эколайн», в составе мусора в Москве весной на 10-15 % увеличилось содержание одежды и текстиля, что обусловлено массовым избавлением от ненужных вещей в период самоизоляции [10].

По данным регионального оператора в Москве МСК-НТ, в составе твердых коммунальных отходов увеличилась доля неперерабатываемых (неликвидных)

компонентов, в частности, пищевых материалов и отсева. Рост числа доставок на дом привел также к увеличению в составе отходов одноразовой пластиковой, картонной и композитной упаковки [12].

В связи с пандемией в составе ТКО в 2020 году резко возросло количество отработанных средств индивидуальной защиты (далее – СИЗ).

Средства индивидуальной защиты на сегодняшний день являются обязательными во многих общественных пространствах, их использование регламентировано положениями нормативной документации. Однако в нормативной документации практически не содержится требований и рекомендаций относительно идентификации, сбора, накопления и обезвреживания использованных СИЗ.

Средства индивидуальной защиты могут быть идентифицированы с позиции экологической и эпидемиологической безопасности. Бытовые СИЗ (медицинские маски, респираторы и перчатки), образующиеся за пределами медицинских учреждений, на законодательном уровне относятся к твердым коммунальным отходам, а внутри медицинских учреждений – к медицинским отходам класса «Б», то есть к отходам с потенциалом инфицирования, которые могут привести к эпидемиям [14]. Такое двойное определение СИЗ вызывает ряд трудностей в организации обращения с ними.

По данным Комитета Госдумы по экологии, в сутки используется в среднем 10 млн масок, не относящихся к категории «медицинские отходы» [13]. Учитывая среднюю массу маски 4 г, можно сделать вывод о том, что общее количество отходов одноразовых медицинских масок во II квартале составило более 3 тыс. т, причем, по разным оценкам, от 40 до 70 % этих отходов могли попасть в состав ТКО, поскольку обращение с указанными отработанными СИЗ законодательством не регулируется. Кроме того, в ТКО поступает неопределенное количество респираторов, многоразовых масок и одноразовых перчаток.

Средства индивидуальной защиты изготавливаются из полимерных материалов и пластика, который, оказываясь в отходах, влечет за собой нарастающую экологическую, а также эпидемиологическую угрозы.

Так, одноразовые медицинские маски чаще всего сделаны из нескольких слоев полимерных материалов – мейлблэуна и спанбонда, нетканых мембран из волокон полипропилена. Обычно изделия из полипропилена могут быть подвергнуты утилизации после завершения эксплуатации, но отработанные многослойные медицинские маски могут содержать на поверхности и в порах возбудителей инфекционных заболеваний – бактерии и вирусы, и имеют более высокий класс опасности. То же самое касается многоразовых тканевых масок, респираторов и одноразовых перчаток.

На рынке сейчас представлены несколько видов перчаток: из полиэтилена (ПЭ), латекса, поливинилхлорида (ПВХ) и нитрила. Поскольку перчатки окрашены в разнообразные цвета, не имеют маркировки и схожи по некоторым свойствам, их сортировка на мусоросортировочной станции практически невозможна [15]. Между тем, если упомянутые СИЗ не накапливать селективно от остальной массы ТКО, при попадании в контейнер, мусоровоз или на объект обработки или размещения они сообщают прочим компонентам свои опасные свойства и весь массив ТКО становится источником эпидемиологической опасности.

Развитию негативной тенденции способствует недостаточный уровень государственной, правовой, материальной и информационной поддержки экологической безопасности в данной сфере, разночтения в официальных документах федерального, регионального и локального уровня.

В рекомендациях Минздрава отмечено, что для исключения риска распространения коронавируса, СИЗ после их использования больными должны подвергаться дезинфекции, помещаться в пакет ярко-желтого цвета с маркировкой «Опасные медицинские отходы класса Б», а затем утилизироваться в соответствии с санитарными требованиями. Однако известно, что бессимптомное протекание коронавирусной инфекции наблюдается почти у

половины инфицированных, на которых вышеупомянутые требования не распространяются.

На сегодняшний день существуют рекомендации Роспотребнадзора, основанные на рекомендациях ВОЗ для здоровых граждан, в которых говорится о необходимости упаковки использованных масок и других средств индивидуальной защиты в один или два пакета с последующим хранением до трех дней перед их непосредственным выбрасыванием. Но упаковка СИЗ приводит к образованию дополнительных зараженных отходов.

В инструкциях железнодорожных и авиаперевозчиков указывается, что использованную одноразовую маску нужно поместить в закрывающийся контейнер. Но в настоящее время специальная система по сбору и накоплению отработанных средств индивидуальной защиты отсутствует, а специальные контейнеры для накопления СИЗ расположены лишь в некоторых госучреждениях, супермаркетах, аптеках и на отдельных предприятиях, но отсутствуют в аэропортах, на железнодорожных и автобусных вокзалах, в поездах дальнего следования.

Анализ информационной обеспеченности накопления, сбора и утилизации отработанных СИЗ показал, что надлежащим образом до населения рекомендации не доводятся. Информация, размещаемая на официальных ресурсах и информационных стендах, содержит подробные сведения о необходимости ношения СИЗ и правилах их использования, но рекомендации о порядке накопления и утилизации СИЗ в инструкциях отсутствуют, указаны некорректно или не полностью.

Кроме того, в результате исследования был отмечен низкий уровень экологической и правовой культуры населения, что выражается в тотальном нежелании людей выбрасывать СИЗ в мусорные контейнеры даже совместно с прочими ТКО [14-16].

По результатам изучения проблемы в Санкт-Петербурге и Москве также была выявлена чрезвычайно низкая вовлеченность организаций, ответственных за обращение с ТКО, в формирование грамотного порядка обращения с бытовыми СИЗ. Отсутствуют даже минимальные базовые решения, касающиеся организации раздельного накопления, сбора и транспортирования использованных СИЗ.

Одной из причин бездействия специализированных организаций по обращению с ТКО, вероятно, является отсутствие у них специальных производственных мощностей для утилизации средств индивидуальной защиты, однако в медицинских учреждениях указанное оборудование активно используется для обезвреживания или уничтожения отходов класса «Б». Поэтому проблема может быть решена путем найма субподрядчика. Однако для осуществления данной схемы потребуется внесение изменений в нормативные документы.

Одним из возможных нормативных решений, способствующих нормализации эпидемико-экологической обстановки, может стать законодательный перевод бытовых средств индивидуальной защиты из разряда ТКО в разряд медицинских отходов класса «Б». Так, для СИЗ будет установлен тот же порядок обезвреживания и утилизации, что и для медотходов с территорий медицинских учреждений.

Сбор использованных СИЗ стоит осуществлять в специальные герметичные контейнеры или медбоксы с обеззараживающим средством внутри. Транспортирование таких отходов до мест обезвреживания должно осуществляться только в контейнерах и селективно. Такие меры уже предприняты рядом организаций в крупных городах России.

Другим возможным решением может быть создание новых мощностей по утилизации бытовых СИЗ на базе существующих мусороперерабатывающих заводов, например, установка инсинераторов на заводах МПБО и мусоросортировочных станциях. При этом вышеописанные рекомендации по селективному накоплению и транспортированию указанных отходов остаются актуальными.

В случае бездействия ответственных лиц и организаций, появляется риск установления эпидемико-экологического замкнутого круга. Так, СИЗ будут выбрасываться гражданами в бытовые контейнеры без последующей обработки и обезвреживания, в связи

с чем неминуемо проконтактируют с представителями организаций, занимающихся вывозом мусора и иными лицами, что повлечёт увеличение числа заражённых и, как следствие, необходимость в увеличении масштабов изготовления, потребления, утилизации СИЗ.

Сложившаяся ситуация может повториться в дальнейшем, поэтому предприятия по обращению с ТКО, должны иметь механизмы быстрой адаптации к изменению качественных и количественных характеристик отходов и перераспределению их потоков. Для этого необходима корректировка территориальных схем.

Библиографический список:

1. Всемирный банк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vsemirnyjbank.org/>. – 22.01.2021.
2. РОСПРИРОДНАДЗОР. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования: открытые данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rpn.gov.ru/opendata/>. – 16.11.2020.
3. Электронная модель Территориальной схемы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gov.spb.ru/gov/otrasl/blago/elektronnaya-model-territorialnoj-shemy/>. – 16.11.2020.
4. Территориальная схема обращения с отходами города Москвы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mos.ru/upload/documents/files/5871/02_TSOO-Moskva-2019-12-26-v19.pdf. – 16.11.2020.
5. Экология города (урбоэкология). Проблема отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://u.to/9RpeGg>. – 16.11.2020.
6. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. N 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/hotlaw/federal/1401794/>. – 22.01.2021.
7. Определение морфологического состава ТБО г. Санкт-Петербурга. – Пермский государственный технический университет. – Пермь, 2010.
8. Ресурсная ценность основных групп отходов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://жкхпортал.рф/resursnaya-cennost-osnovnyh-grupp-othodov.html>. – 22.11.2020.
9. На Земле слишком много пластикового мусора, вот несколько способов это исправить [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meduza.io/feature/2018/12/11/na-zemle-slishkom-mnogo-plastikovogo-musora>. – 16.11.2020.
10. Как намусорили москвичи во время самоизоляции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/06/22/833174-namusorili-moskvichi>. – 16.11.2020.
11. Оператор сообщил о «переезде» отходов из Москвы вслед за горожанами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/business/02/04/2020/5e85a0949a7947d4f2d858aa>. – 16.11.2020.
12. Эксперты сообщили о существенном изменении состава мусора в Москве из-за пандемии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/moscow/714317>. – 16.11.2020.
13. Кризис уйдет, а мусор останется [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://plus-one.rbc.ru/ecology/musor-ostanetsya>. – 22.11.2020.
14. Когда СИЗ становятся мусором [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://getsiz.ru/sredstva-zashchity-vliyayut-li-oni-na-ehkologiyu.html>. – 22.11.2020.
15. Заражены и опасны: как использованные маски становятся угрозой [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://profile.ru/society/zarazheny-i-opasny-kak-ispolzovannye-maski-stanovyatsya-ugrozoj-313145/>. – 22.11.2020.
16. Дискуссия о масках. Как утилизировать средства индивидуальной защиты? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://russian-greens.ru/node/6098>. – 24.11.2020.

ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУХОСНАБЖЕНИЯ В ПОМЕЩЕНИЯХ ОБЩЕСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Е. В. Баженичев, Д. А. Иванова
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Организация распределения воздуха в больших зрительных залах представляет собой сложную задачу, решение которой возможно только в процессе совместной деятельности конструкторов, проектировщиков, акустиков, дизайнеров и других специалистов. В данной статье рассматривается проблема организации воздухообмена в помещении концертного зала Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, анализируются различные варианты решения, как с технической, так и с экономической стороны.*

Ключевые слова (словосочетания): системы вентиляции, воздухообмен, системы кондиционирования.

Вентиляцией называется совокупность мероприятий и устройств, используемых при организации воздухообмена для обеспечения заданного состояния воздушной среды в помещениях и на рабочих местах в соответствии со СНиП (строительными нормами и правилами). Системы вентиляции обеспечивают поддержание допустимых метеорологических параметров в помещениях различного назначения.

Кондиционирование воздуха – это создание и автоматическое поддержание (регулирование) в закрытых помещениях всех или отдельных параметров (температуры, влажности, чистоты, скорости движения) воздуха на определенном уровне с целью обеспечения оптимальных метеорологических условий, наиболее благоприятных для самочувствия людей, ведения технологического процесса и обеспечения сохранности ценностей культуры.

В настоящее время проблема организации циркуляции воздуха в закрытых помещениях очень актуальна, особенно в условиях пандемии COVID-19. Примером такого рода помещений является концертный зал Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского государственного университета промышленных технологий и дизайна (далее КЦЗ ВШТЭ СПбГУПТД), находящийся на 5-6 этажах корпуса “Б” по адресу: ул. Ивана Черных, дом 4, общий вид которого представлен на рисунке.

Организация распределения воздуха в больших зрительных залах представляет собой сложную задачу, решение которой возможно только в процессе совместной деятельности конструкторов, проектировщиков, акустиков, дизайнеров и других специалистов. Немаловажное значение имеет выбор альтернативных воздухораздающих устройств (ВРУ), отвечающих требованиям комфорта, дизайна и конструктивного исполнения зала [1]. Для проектирования систем вентиляции кинотеатров, концертных залов и других помещений большой вместимости пользуются СП 118.13330.2012 «Общественные здания и сооружения», актуализированной редакцией СНиП 31-06-2009; СП 60.13330.2012 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», актуализированной редакцией СНиП 41-01-2003; СанПиН 2.4.1.1249. [2] Согласно нормативным документам кратность воздухообмена в зрительных залах вместимостью до 800 мест с эстрадой, вместимостью до 600 мест со сценой должна составлять не менее 20 м³ в час притока наружного воздуха на одного зрителя.



Рис. Концертный зал Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД

После ремонта данного зала не были предусмотрены системы вентиляции и кондиционирования, следовательно, в помещении не происходит достаточный воздухообмен, что не приемлемо для помещения, где проводятся общественные мероприятия с большим количеством посетителей.

Для решения данной проблемы предлагается рассмотреть 3 оптимальных варианта.

Первый вариант – это применение организованной естественной вентиляции. В таких системах смена воздуха в помещении осуществляется за счёт открывания форточек, оконных фрамуг, специальных фонарей и т.п. Второй вариант – установка местных автономных кондиционеров в верхней части зала. Автономные системы кондиционирования отличаются тем, что в каждом кондиционируемом помещении устанавливаются автономные кондиционеры с индивидуальными, встроенными в общий корпус кондиционера, холодильными машинами. Третий вариант – проектирование и монтаж приточно-вытяжной вентиляционной установки с механическим побуждением и прокладка всей соответствующей трассы воздухораспределения. При общеобменной вентиляции необходимо, чтобы весь подаваемый воздух участвовал в поглощении вредных выделений и удалялся после того, как его концентрация достигнет расчётных значений. Воздух должен равномерно распределяться по помещению, что обеспечивается взаимным расположением приточных и вытяжных отверстий [3].

Итак, сравним предложенные варианты по основным показателям, которые влияют на использование и их установку в КЦЗ ВШТЭ СПбГУПТД (табл.).

Вывод: исходя из сравнения вариантов возможных решений, получается, что организованная система естественной вентиляции проблему организации необходимого воздухообмена не решает и не обеспечивает выполнение требований СНиП, но это самый дешёвый вариант. Установка кондиционера подходит по всем показателям, установка вентиляционной установки – очень дорогой вариант, для которого необходимо выделять и обустроить дополнительное помещение, что экономически нецелесообразно для университета.

Сравнительная характеристика решений по воздухообеспечению

Показатели	Естественная вентиляция	Кондиционер	Вентиляционная установка
Стоимость	бесплатно	250.000-500.000 руб	От 700.000 руб
Работа зимой	+ (не в соответствии со СНиП)	+	+
Работа летом	+ (из-за открытого окна помещение будет заполняться пылью с улицы)	+	+
Энергопотребление	нет	Около 7 кВт/ч	Около 7 кВт/ч
Дополнительное помещение для установки	-	Устанавливается в потолок между 6 этажом и чердаком, с возможностью установки всего необходимого оборудования на чердаке	Устанавливается в отдельном помещении с шумоподавляющими стенами, потолком, полом и дверьми, подходящее для установки вибрирующего оборудования
Возможность удалённого управления	-	+	+ (при установке контроллера с возможностью подключения установки к сети)
Соответствие СНиП	-	+	+
Возможность регулирования температуры	-	+	+

Библиографический список:

1. Зеликов, В.В. Справочник инженера по отоплению, вентиляции и кондиционированию / В. В. Зеликов — М.: Инфра-Инженерия, 2011. - 624 с.
2. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности" (утв. и введен в действие Приказом МЧС России от 21.02.2013 N 116). СП 7.13130.2013. – М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2013. - 29 с.
3. Казаков В. Г., Луканин П. В., Громова Е. Н. Отопительно-вентиляционные системы в целлюлозно-бумажной промышленности: Учеб. пособие. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 200 с.

РАЗРАБОТКА СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЯ, ПРОИЗВОДЯЩЕГО РАСТВОРИМЫЙ КОФЕ

М. А. Девизорова, Ю. Л. Морева
СПбГУПТД ВШТЭ
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. *Исследованы основные технологические процессы производства растворимого кофе. Проанализированы характеристики образующихся сточных вод. Предложена схема очистки сточных вод.*

Ключевые слова (словосочетания): *производство растворимого кофе, сточные воды, очистка сточных вод.*

Кофе — это тонизирующий напиток, приготовленный из специально обработанных семян кофейного дерева. В своем составе кофе содержит кофеин, возбуждающе действующий на нервную систему, и тем самым смягчающий чувство усталости как после умственного, так и физического труда.

Ассортимент кофе очень широк, а объемы производства постоянно растут. Потребление кофе в РФ растет в среднем на 10-15 % ежегодно.

Структурируя российский рынок кофе, можно выделить пять основных сегментов: растворимый — 75 %, зерновой — 8 %, молотый кофе — 5 %, кофейные смеси — 10 % и напитки — 2 % [1].

Растворимый кофе представляет собой продукт, полученный в результате их обжаривания, дробления, экстрагирования водой и сушки полученного экстракта. Так получают привычные многим гранулы растворимого кофе. Данный продукт производится согласно ГОСТ 32776-2014 [2].

Блок-схема производства растворимого кофе представлена на рис. 1.

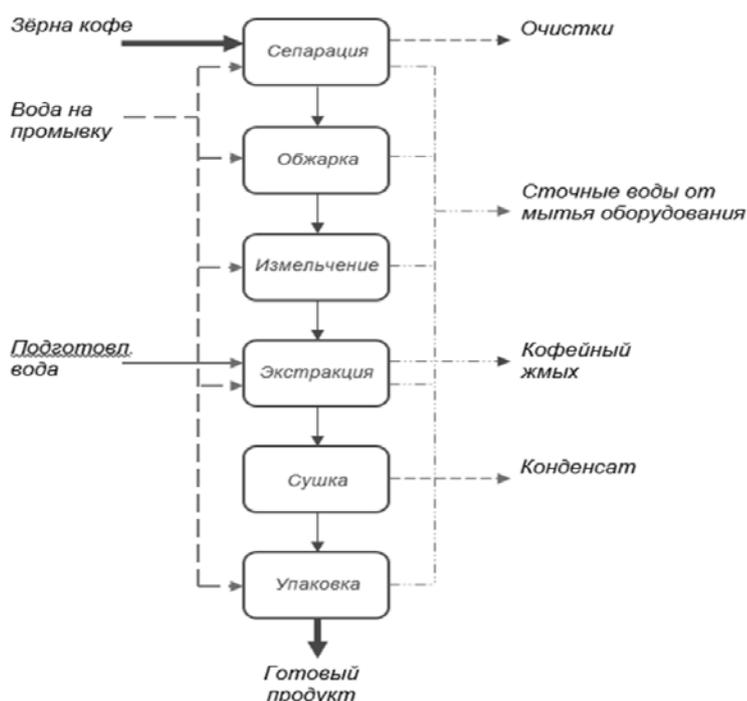


Рис. 1. Блок-схема производства растворимого кофе [3]

Предприятия по производству кофе относятся к предприятиям пищевого производства, которые потребляют большое количество воды для технологических целей. Потребление воды в пищевой технологии связано с использованием её в качестве сырья, мойкой и очисткой сырья и оборудования, применением гидротранспорта, использованием воды как охладителя (теплоносителя) в машинах и аппаратах, а также хозяйственными потребностями. Следовательно, при работе производства образуется большое количество сточных вод, загрязненных различными веществами.

В результате производственного процесса образуются сточные воды, которые делятся на два потока: высокой и низкой степени загрязнённости (ВЗП и НЗП соответственно).

Сточные воды высокой степени загрязнённости образуются в основном в результате промывки экстракторов, оборудования и трубопроводов. Стоки низкой степени загрязнённости представляют собой конденсат после испарения экстракта при концентрации и сушке.

Параметры качества сточных вод для сброса в городскую канализацию в настоящее время регулируются Постановлением Правительства РФ от 29.07.2013 № 644 (ред. от 22.05.2020) «Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» и распоряжением Правительства Санкт-Петербурга от 08.11.2012 № 148 (ред. от 06.09.2016) «Об установлении нормативов водоотведения по составу сточных вод в централизованные системы водоотведения Санкт-Петербурга» [4, 5].

В таблице представлены параметры потоков, а также требования муниципальной канализационной системы.

Таблица

Максимальные параметры потоков и требования муниципальной канализационной системы

№ п.п	Параметры исходящего потока	Ед.	ВЗП	НЗП	Требования	
					№ 148	№ 644
1	рН		14,0	14,0	-	6-9
2	Взвешенные вещества	мг/л	2983	20	-	300
3	БПК ₅	мг/л	6443	900	-	300
4	ХПК	мг/л	12000	2000	-	500
5	Азот общий	мг/л	565	100	-	50
6	Фосфор общий	мг/л	16,53	-	-	12

Сточные воды предприятий по производству растворимого кофе отличаются очень высоким содержанием взвешенных веществ, а также ХПК и БПК, что обуславливает необходимость механической, физико-химической и биологической очистки.

Существующая на предприятиях схема очистных сооружений представлена на рис. 2.

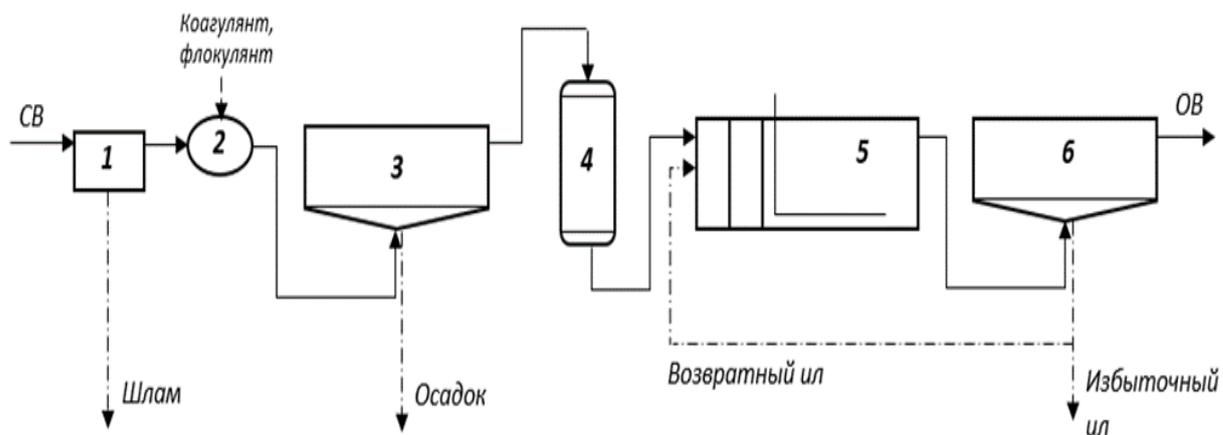


Рис. 2. Схема очистки сточных вод (существующая):

- 1 – барабанное сито; 2 – смеситель; 3 – первичный отстойник; 4 – анаэробный реактор; 5 – аэротенк с зонами нитри- денитрификации; 6 – вторичный отстойник

В качестве механической очистки выступает барабанное сито. Блок физико-химической очистки включает усреднитель, где вводятся коагулянт и флокулянт, и отстойник, в котором происходит отделение образовавшихся агрегатов.

В связи с высоким содержанием ХПК и БПК необходима двухступенчатая биологическая очистка. Первой ступенью является анаэробный реактор, где происходит метановое брожение – сложные углеводороды разлагаются до более простых, а они, в свою очередь, окисляются до метана. Вторая ступень – аэротенк с зонами нитрификации и денитрификации, где происходит удаление азота и окончательное удаление органических веществ.

После блока биологической очистки стоит вторичный отстойник, отделяющий активный ил от воды.

Преимуществом использования отстойников являются низкие энергозатраты, простота конструкции и обслуживания. Однако в то же время имеются и такие минусы, как невысокая производительность, необходимость больших площадей, а также высокая влажность осадка (99,2 - 99,7 %), что обуславливает сложную схему обработки осадков. Кроме того, осадок в отстойниках хранится достаточно долгое время из-за чего осадок может портиться.

Помимо этого, процесс нитрификации-денитрификации достаточно дорогостоящий и сложный с точки зрения организации и поддержания необходимых условий. К тому же практика показывает, что в рассматриваемом случае при ликвидации зон нитрификации-денитрификации эффективность очистки практически не меняется, так как необходимая эффективность достигается при исправной работе аэротенка.

Предлагаемая схема (рис. 3) отличается от существующей заменой отстойников на флотаторы, а также отсутствием зон нитрификации-денитрификации.

Флотаторы, несмотря на свою дороговизну и необходимость в электроэнергии, обладают рядом преимуществ в сравнении с отстойниками: они значительно компактнее, имеют более высокую производительность и эффективность, флотошлам удаляется непрерывно (не успевает испортиться) и влажность флотошлама ниже (около 95 %), что позволяет напрямую отправлять его, например, в метантенк, минуя стадию обезвоживания.

Также достоинством данной схемы является сокращение эксплуатационных затрат путём ликвидации зон нитрификации-денитрификации.

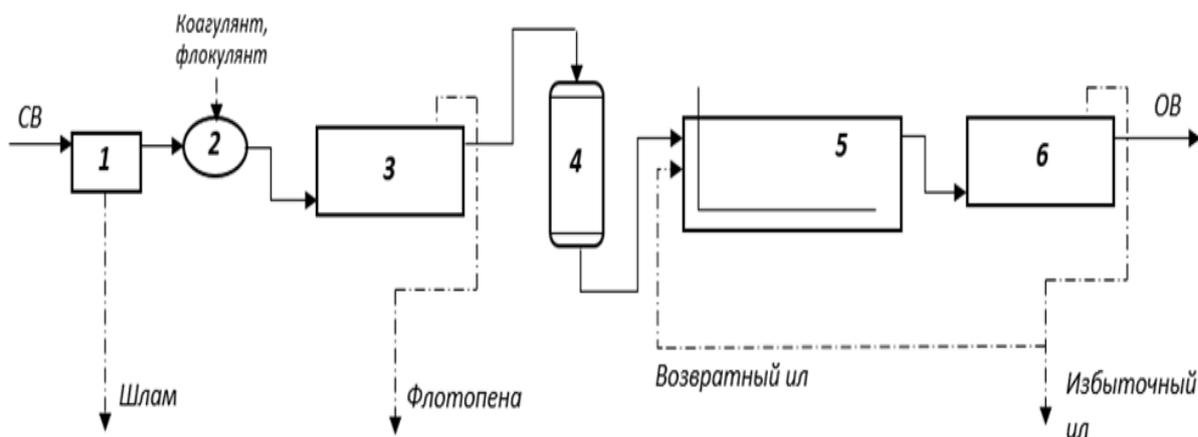


Рис. 3. Схема очистки сточных вод (предлагаемая):

1 – барабанное сито; 2 – смеситель; 3 – первичный флотатор; 4 – анаэробный реактор;
5 – аэротенк; 6 – вторичный флотатор

Таким образом, исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что существующая схема очистки справляется с поставленной задачей, однако предлагаемая схема обладает рядом преимуществ: более высокой производительностью и экономией площади предприятия, что немаловажно, поскольку большинство предприятий пищевой промышленности располагаются в черте города или пригородах и имеют небольшие промышленные площадки.

Библиографический список:

1. Кофе, который растёт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://expert.ru/expert/2020/30/kofe-kotoryij-rastet/> – 17.10.2020.
2. ГОСТ 32776-2014 Кофе растворимый. Общие технические условия (с Поправками) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200112662> – 14.01.2021.
3. Бачурская Л.Д., Гуляев В.Н. Пищевые концентраты. – М.: Пищевая промышленность, 1976. - 335 с.
4. Об утверждении Правил холодного водоснабжения и водоотведения и о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации (с изменениями на 22 мая 2020 года) (редакция, действующая с 1 июля 2020 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499036854> – 13.01.2021.
5. Об установлении нормативов водоотведения по составу сточных вод в централизованные системы водоотведения Санкт-Петербурга (с изменениями на 6 сентября 2016 года) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/499036854> – 13.01.2021.

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

С. А. Шалимова, Ю. Л. Морева

СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. В данной работе рассмотрена проблема сооружений по очистке поверхностных сточных вод на атомных электростанциях. Приведена характеристика атомных электростанций, ливневых стоков. Описываются методы очистки сточных вод и их дальнейшая обработка от загрязняющих веществ.

Ключевые слова (словосочетания): атомные электростанции, водоснабжение, водоподготовка, сточные воды, осадки, утилизация.

Атомная электростанция или сокращенно АЭС – это комплекс технических сооружений, предназначенных для выработки электрической энергии путём использования энергии, выделяемой при контролируемой ядерной реакции.

Строительство первой в мире атомной электростанции мощностью 5 МВт было закончено в 1954 году, и 27 июня 1954 года она была запущена – так начала работать Обнинская АЭС.

Атомные электростанции можно классифицировать по нескольким направлениям:

По типу реакторов:

- Реакторы на тепловых нейтронах, использующие специальные замедлители для увеличения вероятности поглощения нейтрона ядрами атомов топлива.
- Реакторы на лёгкой воде.
- Реакторы на тяжёлой воде.
- Реакторы на быстрых нейтронах.
- Субкритические реакторы, использующие внешние источники нейтронов.
- Термоядерные реакторы.

По виду отпускаемой энергии:

1. Атомные электростанции (АЭС), предназначенные для выработки только электроэнергии
2. Атомные теплоэлектроцентрали (АТЭЦ), вырабатывающие как электроэнергию, так и тепловую энергию [1].

При строительстве и эксплуатации АЭС и АТЭЦ, которые вырабатывают базисную электроэнергию, в большей или меньшей степени существуют негативные воздействия на окружающую среду.

Воздействие АЭС на окружающую среду начинается с момента возведения, продолжается при эксплуатации и даже по ее окончании. На территории расположения станции по выработке электроэнергии и за ее пределами следует предусматривать возникновение таких негативных влияний:

- Изъятие земельного участка под строительство и обустройство санитарных зон.
- Изменение рельефа местности.
- Уничтожение растительности из-за строительства.
- Загрязнение атмосферы при необходимости взрывных работ.
- Переселение местных жителей на другие территории.
- Вред популяциям местных животных.
- Тепловое загрязнение, влияющее на микроклимат территории.

- Изменение условий пользования землей и природными ресурсами на определенной территории.
- Химическое воздействие АЭС – выбросы в водные бассейны, атмосферу и на поверхности почв.
- Загрязнение радионуклидами, которое может вызвать необратимые изменения в организмах людей и животных. Радиоактивные вещества могут попадать в организм с воздухом, водой и пищей. Против этого и других факторов существуют специальные превентивные меры [2].

Основные цели водоподготовки:

- вода для хозяйственно-питьевых нужд;
- вода, используемая для охлаждения реактора;
- вода после прохождения по контуру охлаждения реактора.

Содержание в природных водах примесей различной степени дисперсности вызывает необходимость очистки её в несколько стадий. На первом этапе из воды удаляются коллоидные и грубодисперсные вещества, на последующих – растворенные вещества и растворенные газы. Такой системный подход к выбранной последовательности технологических приёмов обработки воды связан с оптимизацией технико-экономических показателей различных стадий очистки, с возможностью автоматизации работы отдельных аппаратов и повышения надежности работы водоподготовительной установки (ВПУ) в целом. Неэффективная очистка добавочной воды от коллоидных растворов и грубодисперсных веществ является одной из причин образования отложений на поверхностях нагрева и коррозии поверхности элементов проточной части турбин, что характеризует важность первого этапа очистки воды от коллоидных грубодисперсных примесей, называемого предочисткой.

Предочистка осуществляется на основе методов, в результате реализации которых при дозировке специальных реагентов некоторые примеси выделяются из воды в виде хлопьев, имеющих размеры 0,1-1 мм. Основными технологическими процессами предварительной очистки воды являются *коагуляция коллоидных примесей и известкование*, которые обычно совмещаются одновременно в одном аппарате-осветлителе в целях улучшения суммарного технологического эффекта и снижения денежных затрат. Дополнительная очистка воды от грубодисперсных примесей производится фильтрационными методами [3].

Обычно эти процессы совмещаются и проводятся одновременно в одном аппарате – осветлителе. Первичное осветление воды производится в осветлителях, а окончательная очистка от осадка осуществляется при помощи процесса фильтрации, на осветлительных фильтрах.

Для дальнейшей очистки воды в настоящее время широко применяют *ионный обмен*, а также мембранные методы. Ионообменная технология – самая применяемая в настоящее время для умягчения и обессоливания воды. Сущность ионного обмена заключается в способности специальных материалов (ионитов) изменять в желаемом направлении ионный состав обрабатываемой воды.

Обработка воды методом ионного обмена принципиально отличается от обработки воды методами осаждения тем, что удаляемые из нее примеси не образуют осадка, требующего постоянного удаления, и тем, что такая обработка не требует непрерывного дозирования реагентов.

Умягчение воды

В энергетике к потребителям химически умягченной воды относятся паровые котлы, испарители, парообразователи, тепловые сети с закрытой или открытой системой теплотребления (включая водогрейные котлы), системы горячего водоснабжения. Выбор конкретной схемы умягчения определяется требованиями, предъявляемыми к качеству обработанной воды, составом исходной воды, типом применяемых фильтров, а также

условиями надежности, экономичности и минимального количества сбросов сточных вод в водоисточники.

Обессоливание воды

В отличие от умягчения воды, где требовалось удалить из нее в основном катионы жесткости Ca^{2+} и Mg^{2+} , обессоливание воды предполагает удаление всех катионов и анионов растворенных в воде примесей [4].

Эксплуатация АЭС сопряжена с использованием природной воды и образованием жидких отходов, часть из которых после переработки направляется в цикл повторно, но основное количество потребляемой воды выводится в виде стоков, к которым относятся:

- 1) сбросные воды систем охлаждения;
- 2) шламовые, регенерационные и промывочные воды водоподготовительных установок и конденсатоочисток;
- 3) сточные воды систем гидрозолаудаления;
- 4) воды, загрязнённые нефтепродуктами;
- 5) отработанные растворы после химической очистки стационарного оборудования;
- 6) воды от обмывки конвективных поверхностей;
- 7) воды от гидравлической уборки помещений;
- 8) дождевые и талые воды с территории энергообъекта;
- 9) сточные воды систем водопонижения.

Системы очистки сточных вод делятся на несколько видов в зависимости от используемых в них способов водоподготовки и стоимости. Всего их три:

1. Механический. Поток проходит через пескоулавливающие элементы, задерживающие крупный бытовой мусор, песок, мелкодисперсные взвеси, нерастворимые органические отходы (семена, траву, листья). Обычно этот тип фильтров устанавливается на входе в сборочные емкости.

2. Физико-механический. Осуществляется с помощью центрифуг и адсорбционных установок, отделяющих нефтяные загрязнения.

3. Химический. Очистка ливневых стоков химическим методом реализуется преимущественно на предприятиях и в моечных цехах, где высок риск попадания в воду опасных реагентов [5].

Характеристиками ливневых стоков, по которым проводят подбор и проектирование сети и сооружений, являются:

- расход – количество воды, образующееся за единицу времени;
- степень неравномерности (равномерности) – показатель распределения объёма воды по часам суток;
- состав стоков;
- концентрация и количество определенных загрязнений (необходима для разработки очистных сооружений).

В качестве систем очистки ливневых стоков могут быть использованы отстойники с устройствами отделения осадка, дополненные фильтрами с загрузкой активированного угля [4].

Бытовые или хозяйственно-бытовые сточные воды – это хозяйственно-бытовые стоки жилого сектора или близкие к ним по составу промышленные стоки. Они содержат целую гамму загрязняющих веществ, но основными являются растворенные органические вещества, механические примеси, ПАВ и т.д. Для очистки канализационных сточных вод применяются биологические способы очистки.

Загрязнения производственных стоков определяются, главным образом, типом предприятия, на котором они образуются. Концентрацией примесей (кислот, щелочей, нейтральных солей, нефтепродуктов, органических соединений) в сточных водах, подлежащих переработке и повторному использованию, может достигать несколько граммов на 1 дм³ воды [4].

Для очистки сточных вод от нефтепродуктов применяются методы отстаивания, флотации и фильтрования. Схема очистки от нефтепродуктов приведена на рис.1.

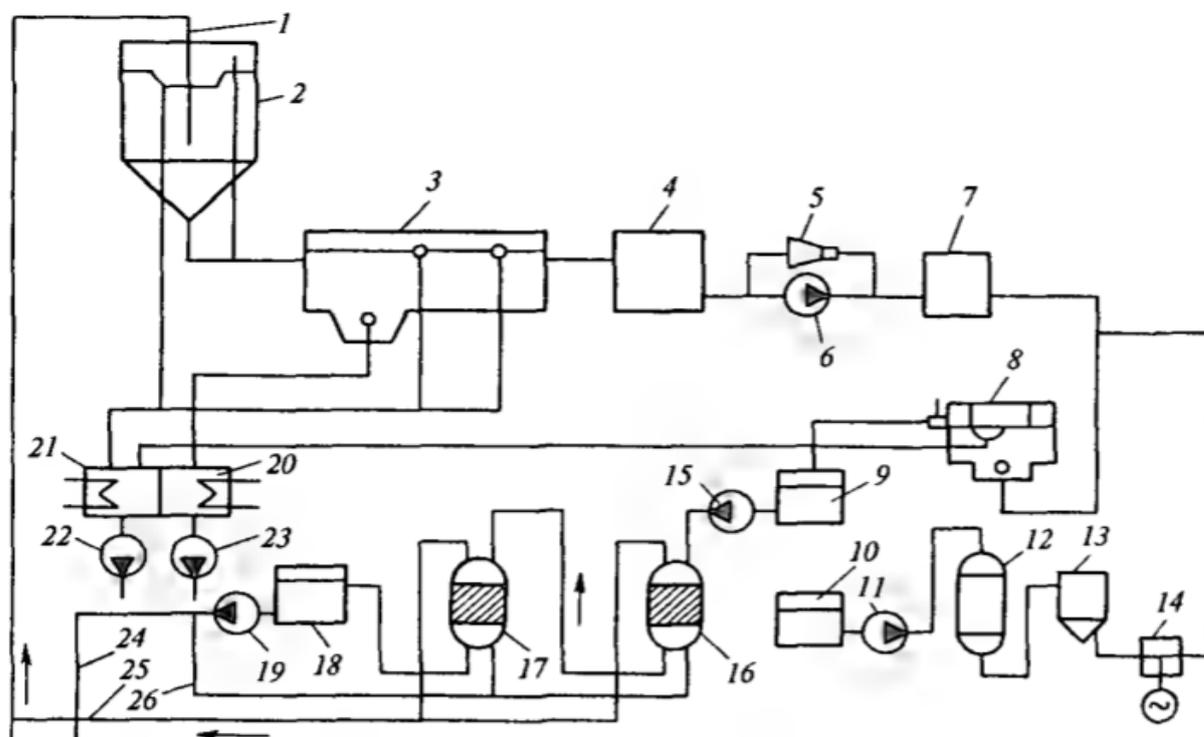


Рис.1. Схема очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами:

- 1 – трубопровод замазученных и замасленных вод; 2 – приемный бак-отстойник; 3 – нефтеловушка; 4 – промежуточный резервуар; 5 – эжектор насыщения воды воздухом; 6 – насос; 7 – напорный бак; 8 – флотатор; 9 – промежуточный резервуар; 10 – ячейка коагулянта; 11 – насос для перекачки коагулянта; 12 – осветлительный фильтр коагулянта; 13 – бак-мерник коагулянта; 14 – насос дозатор; 15 – насос для подачи воды на фильтр; 16 – двухслойный осветлительный фильтр; 17 – фильтр с загрузкой активированного угля; 18 – резервуар очищенной воды; 19 – насос очищенной воды; 20 – ёмкость для сбора осадка; 21 – ёмкость для сбора уловленных нефтепродуктов; 22 – насос для подачи уловленных продуктов на сжигание; 23 – насос для подачи осадка в накопители; 24 – трубопровод очищенной воды на повторное использование; 25 – трубопровод сбора промывочных вод; 26 – трубопровод промывки фильтрующих материалов [3]

Таким образом, состав и количество стоков АЭС различны. Они зависят от типа и мощности основного оборудования, вида используемого топлива, качества исходной воды, способов водоподготовки. Попадая в водотоки и водоёмы, примеси сточных вод могут менять солевой состав, концентрацию кислорода, значение рН, температуру, показатели воды, затрудняющие процессы самоочищения водоёмов и влияющие на жизнеспособность водной фауны и флоры.

Недостаточно очищенные нефтесодержащие сточные воды, попадая в водоёмы, образуют пленку на поверхности воды, ухудшая условия аэрации, а тяжелые нефтепродукты, оседая на дно, губительно действуют.

Согласно действующим нормативам, нефтесодержащие стоки АЭС должны очищаться и повторно использоваться в качестве исходных вод. Схема очистки производственно-ливневых сточных вод АЭС предложена на рис.2.

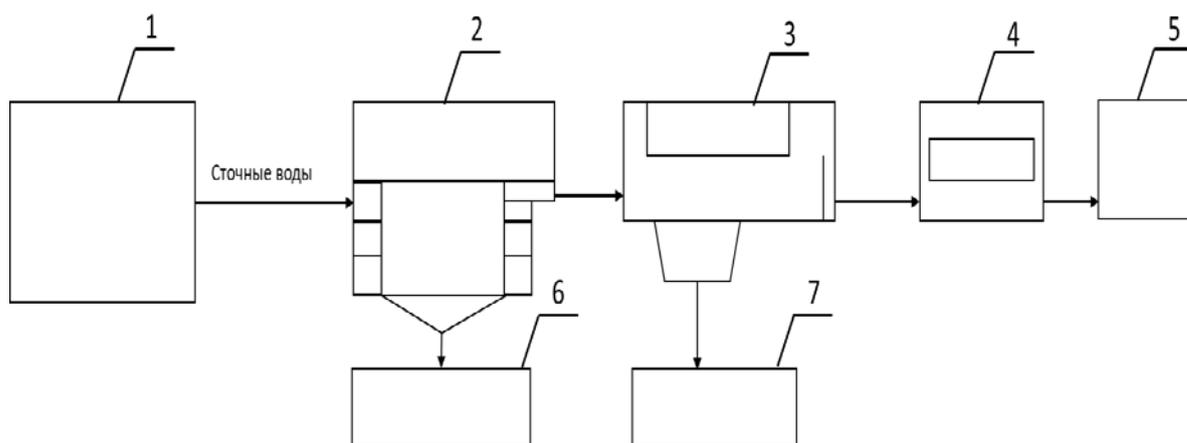


Рис. 2. Схема очистки сточных вод от нефтепродуктов:

- 1– приёмная камера; 2 – пескоуловитель; 3 – нефтеуловитель с тонкослойными блоками;
 4 – камера ультрафиолетового обеззараживания; 5 – водоотводной канал;
 6 – песковой бункер; 7 – сборник нефтепродуктов.

Сточные воды из приёмной камеры поступают в пескоуловитель, принцип очистки которой основан на гравитации, когда выделяемые из сточных вод взвешенные вещества оседают на дно. Осадок отводится в промежуточный бак. В нефтеуловителе из сточных вод выделяют свободные, а также частично эмульгированные нефтепродукты. Капельки нефтепродуктов проходят вверх, отделяются. При этом в нефтеуловителе на поверхности образуется единый слой масла и нефтепродуктов. Взвешенные частицы оседают. Далее вода поступает в камеру УФ обеззараживания. Для воды используется биологически активная область спектра УФ излучения с длиной волны от 205 до 315 нм, называемая бактерицидным излучением. Затем очищенная вода поступает в водоотводной канал. Очищенные воды будут использоваться в качестве подпиточной воды для оборотной системы технического водоснабжения.

Библиографический список:

1. Энергетика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-3/3-1> – 25.10.2020.
2. Новости энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://novostienergetiki.ru/> – 25.10.2020.
3. Водоподготовка в энергетике: Учебное пособие для вузов.-2е изд. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006. – 309 с.
4. Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС: учеб. пособие / В.А. Чиж, Н.Б. Карницкий, А.В. Нерезько. – Минск: Выш. шк., 2010. – 351 с.
5. Пиролиз ЭКО [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://energetika.in.ua/ru/books/book-5/part-3/section-3/3-1> – 25.10.2020.

ВЫВОЗ И УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ВШТЭ СПбГУПТД

Д. А. Иванова, Е. В. Баженичев
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Каждая организация сталкивается с проблемами вывоза и утилизации твердых бытовых отходов. В данной статье рассматривается состав и организация сбора бытовых отходов в Высшей школе технологии и энергетики СПбГУПТД. В результате проведенного анализа выявляются наиболее перспективные пути утилизации отходов. Предлагается включение СПбГУПТД в проект +1 Город (Полезный Город) — первую онлайн-карту социальных и экологических сервисов.

Ключевые слова (словосочетания): твердые бытовые отходы, утилизация отходов, вывоз мусора

В настоящее время каждая организация сталкивается с проблемой вывоза и утилизации твердых бытовых отходов. Наш вуз не исключение, как и любая другая организация имеет достаточно твердых бытовых отходов (ТБО), которые нужно утилизировать. Сейчас удаление ТБО происходит с помощью вывоза его на свалки (полигоны). Следует рассматривать этот способ как вынужденное, сиюминутное решение проблемы, в принципе противоречащее экологическим требованиям. Постепенный переход от полигонного захоронения к промышленной переработке является основной тенденцией решения проблемы с ТБО.

На рис. 1 представлены категории отходов, наиболее характерные для учебных заведений. Из данной диаграммы видно, что преимущественный вес имеют 2 категории:



Рис. 1. Категории ТБО

«Отходы (мусор) от уборки территории и помещений учебных» и «Мусор от офисных и бытовых помещений организаций несортированный (исключая крупногабаритный)». К ним относятся такие виды отходов, как бумага, древесина, пластмасса, пищевые отходы, текстиль, стеклбой и металлы [1].

Данные категории отходов можно на начальном этапе, выбрасывания в урну или в пухто, сортировать, что в университете не практикуется, так как для этого не созданы необходимые условия. Сейчас все отходы собирают в одну большую кучу и везут на свалку, в то время как их можно сдавать на переработку.

Одним из вариантов решения данной проблемы может стать внедрение системы сортировки мусора по отдельным контейнерам, что может быть оптимальным решением проблемы для университета. Данное решение может реализовать сам вуз или нанять компанию, которая оказывает услуги по отдельному сбору отходов на объектах и, в свою очередь, отвечает за установку баков, их обслуживание, вывоз и грамотную утилизацию мусора. После передачи отходов на перерабатывающие предприятия компания возвращает заказчику стоимость полезных отходов. Таким способом возможно покрыть стоимость услуг компании частично или полностью, а также получить прибыль за утилизацию твердых бытовых отходов.

Для внедрения системы сортировки отходов по контейнерам необходимо определить основные отходы организации и исходя из этих данных уже устанавливать необходимые контейнеры, которые подходят для данных категорий отходов. Результаты полученных данных по определению категорий ТБО приведены на рис. 1, исходя из них можно внедрять следующие категории контейнеров, которые можно установить в вузе.

Категории контейнеров:

1. Металл (для сбора микросхем, радиодеталей, процессоров и т.д.).
2. Пластик (пластиковые бутылки, канистры, флаконы, ведра, упаковки, контейнеры и т.д.).
3. Стекло (бутылки, банки и т.д.).
4. Бумага (картон, газеты, книги, тетради, бумажные упаковки и т.д.).
5. Органика (пищевые отходы, несъедобные части фруктов или овощей, яичная и ореховая скорлупа, кофейные фильтры, использованные чайные пакетики, а также садовый мусор, например, листья и скошенная трава) [2,3].



Рис. 2. Категории контейнеров

Важно учесть, что ТБО могут быть смешанными по содержанию (т.е. стеклянная банка может быть с пластиковой крышкой и бумажной этикеткой, следовательно, данная банка должна быть утилизирована отдельно. Банка – контейнер «стекло», крышка – «пластик», этикетка – «бумага»). И что батарейки и аккумуляторы должны быть утилизированы отдельно посредством сдачи в специализированные пункты приема как опасные отходы.

Также сортировка мусора несет плюсы не только организации, но и для окружающей среды. Любые отходы несут большую угрозу для мира, в котором мы живем. Сортируя мусор, мы вносим огромный вклад в очищение нашей планеты. Не стоит забывать, в чем заключается опасность свалок и почему стоит перейти на правильную сортировку ТБО. Опасность заключается в том, что происходящие химические реакции между различными компонентами ТБО, а также биохимические процессы приводят к образованию токсических соединений и становятся источниками инфекционного заражения. Свалки подвергаются воздействию атмосферных осадков, что ведет к образованию сточных вод. Обогащенная токсическими соединениями вода проникает в грунт, где загрязняет уже грунтовые воды. Помимо химических токсических соединений, тяжелых металлов, сточные воды содержат и патогенные микроорганизмы [4].

В мире нет ни одной страны, где проблема с накоплением отходов решена на 100 %. Мусор производится, и это естественно. В то же время существуют методы по снижению количества мусора. Сортировка мусора и повторное использование сырья — наиболее перспективный и гуманный способ утилизации.

Из этого следует, что для уменьшения затрат на вывоз ТБО, следует поставить контейнеры для сбора пластика, бумаги и органических отходов, так как данные виды ТБО занимают больше 75 % всех отходов. Внесение СПбГУПТД в проект +1 Город (Полезный Город) поможет найти добровольцев или компанию, которая поможет с утилизацией отходов, а также создаст положительную эко-кампанию вокруг нашего вуза. +1 Город — это первая онлайн-карта и городская навигация по социальным и экологическим сервисам для ответственных горожан.

Библиографический список:

1. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки: Учеб. пособие / Лобачева Г. К., Желтобрюхов В. Ф., Прокопов И. И., Фоменко А. П. – Волгоград: ВолГУ, 2005. 176 с.
2. Васильева Е. А., Левин А. В. Технология обращения с твердыми коммунальными отходами: Учеб. пособие. Ч. 1.– СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2019. 61 с.
3. Пономарев, М. В. Комментарий к Федеральному закону «Об отходах производства и потребления»: моногр. / М. В. Пономарев, Н. В. Кичигин, Н. А. Енисейская. – М.: Деловой двор, 2019. 232 с.
4. Масленников А.Ю. Отраслевой портал «Отходы.ру» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.waste.ru/modules/section/item.php?itemid=334> – 08.12.2020.

ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ В АКВАТОРИЯХ

Е. В. Цой, А. В. Епифанов
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Проанализированы основные физико-химические процессы, происходящие с нефтепродуктами при их растекании в акваториях, включая: испарения, растворение, фотоокисление, седиментацию и взаимодействие с минеральными частицами. Изучены основные алгоритмы расчета испарения нефтепродуктов. Рассмотрены модели переноса нефтепродуктов в акваториях.*

***Ключевые слова (словосочетания):** разливы нефтепродуктов, моделирование переноса нефтепродуктов в акваториях, испарение, движение нефтяных пятен.*

Разливы нефтепродуктов в акваториях происходят при возникновении аварийных ситуаций на водном транспорте, морских нефтедобывающих платформах, прибрежных нефтехранилищах и т.д. Высокие концентрации нефтепродуктов губительны для водных гидробионтов, а загрязнение нефтепродуктами водных акваторий может приводить к значительному экологическому ущербу.

Практически сразу после разлива нефти в воде происходит ее изменение – меняется ее расположение, масса и физико-химическая структура. В акваториях перемещение нефтяного пятна зависит от морфометрических, гидрологических и гидрометеорологических условий. Процессы, вызывающие изменения массы и природы нефти называют «нефтяным выветриванием» [1]. Для большинства поверхностных разливов доминирующими процессами выветривания являются испарение нефти в атмосферу и испарение воды в нефтяную эмульсию. Вторая группа процессов связана с движением нефти в окружающей среде. Моделирование разливов объединяет знания о начальных свойствах нефти и параметрах окружающей среды, в которой они распространяются.

Процессы выветривания происходят с разной скоростью, но начинаются сразу после того, как нефть попала в окружающую среду. Интенсивность выветривания не является постоянной на протяжении всего разлива нефти и обычно достигает максимума сразу после разлива. Большинство процессов выветривания сильно зависят от температуры и часто будут замедляться до незначительных скоростей по мере приближения температуры к нулю градусов.

В процесс выветривания входят испарение, эмульгирование, естественное диспергирование, растворение, фотоокисление, осаждение, взаимодействие с минеральными частицами, биоразложение и образование смолистых шариков. Эти процессы перечислены в порядке важности с точки зрения их влияния на свойства нефтяного пятна.

Испарение

Испарение обычно является наиболее важным процессом выветривания [2]. Оно имеет наибольшее влияние на количество нефти, остающейся на воде или на суше после разлива, особенно для легких сортов нефти.

Нефть и нефтепродукты испаряются несколько иначе, чем вода, и этот процесс гораздо меньше зависит от скорости ветра и площади поверхности, однако значительно замедляется из-за образования «корки» на поверхности нефти. Это происходит в первую очередь на суше или в спокойных местах, где нефтяной слой не смешивается. Корка

образуется, когда более мелкие соединения в нефти удаляются, оставляя более крупные соединения, такие как воск и смолы, на поверхности. Эта корка затем изолирует остатки нефти и замедляет испарение.

Скорость испарения очень высока сразу после разлива, а потом значительно замедляется. Около 80 % испарений происходит в первые 2 дня после разлива.

Свойства нефти могут существенно меняться в зависимости от степени испарения. Если около 40 % (по весу) нефти испаряется, то вязкость может увеличиться в тысячу раз. Плотность нефти может увеличиться на 10 %, а точка воспламенения – на 400 %. Во многих случаях испарение является ключевым процессом в изменении вязкости и плотности. Однако для масел, чувствительных к эмульгированию, последний процесс может доминировать.

Работу по разработке уравнений испарения воды провел Саттон [3]. Он предложил следующее уравнение (1):

$$E = M_s \cdot C_s \cdot U^{\frac{7}{9}} \cdot d^{\frac{1}{9}} \cdot S \cdot S_c^{-r}, \quad (1)$$

где E – средняя скорость испарения на единицу площади;

M_s – коэффициент массопереноса;

C_s – концентрация испаряющейся жидкости (масса/объем);

U – скорость ветра;

d – площадь квадратного или круглого бассейна;

S_c – число Шмидта (это безразмерное число, определяемое как отношение импульсной диффузии воздуха (вязкости) и коэффициента диффузии массы, и используется для характеристики потоков, в которых одновременно происходят процессы конвекции диффузии импульса и массы), а r – эмпирическая экспонента, которой присвоены значения от 0 до 2/3.

Наиболее часто используемые модели изложены в работе Стивера и Маккея [4]. Расчет начинается с предположения об испарении жидкости. Если жидкость пролита, скорость испарения определяется формулой (2):

$$N = KAP/(RT), \quad (2)$$

где N – молярный поток испарения (моль/с);

K – коэффициент массопереноса при преобладающем ветре (м/с);

A – площадь (m^2);

P – давление пара в объеме жидкости;

R – универсальная газовая постоянная;

T – температура в Кельвинах.

Это уравнение составлено так, чтобы дать уравнение (3):

$$\frac{dF_v}{dt} = \frac{KAP_v}{V_oRT}, \quad (3)$$

где F – объемная доля испаренной жидкости;

n – молярный объем жидкости (m^3 /моль);

V_o – начальный объем пролитой жидкости (m^3).

Переставляя, получаем уравнение (4), (5):

$$dF_v = \left[\frac{P_v}{RT} \right] \left(\frac{KAd_v}{V_o} \right) \quad (4)$$

Или

$$dF_v = Hd\theta, \quad (5)$$

где H – постоянная закона Генри, а θ – испарение.

Растворение

В процессе растворения некоторые из растворимых компонентов нефти теряются в воде под пятном [5]. К ним относятся некоторые ароматические углеводороды с более низкой молекулярной массой. Поскольку только небольшое количество нефти, обычно

менее доля процента, растворяется, то этот процесс не оказывает сильного влияния на баланс массы нефти. Значение растворения заключается в том, что растворимые ароматические соединения крайне токсичны для водных организмов. Если разлив нефти, содержащей большое количество растворимых ароматических компонентов, происходит на мелководье, то может погибнуть значительное количество водных организмов. Бензин, дизельное топливо и легкая сырая нефть наиболее токсичны для водных биоресурсов. Сильно выветрившаяся нефть плохо растворяется в воде. Растворение нефти происходит сразу после разлива, и скорость растворения быстро снижается в связи с быстрым истощением растворимых компонентов. Существует множество методов оценки растворения, однако общепринятая модель отсутствует.

Фотоокисление

Фотоокисление может изменить состав нефти [6]. Это происходит, когда солнечный свет вызывает насыщение кислородом нефтяного пятна и, таким образом, образует новые продукты. Смолы могут быть до некоторой степени растворимыми и растворяться в воде, или они могут вызывать образование эмульсий вода-в-нефти. Для большинства масел фотоокисление не является важным процессом при оценке баланса массы после разлива.

Осаждение, адгезия к поверхностям и взаимодействие с мелкими частицами нефти

Седиментация – это процесс, при котором нефть оседает на дно водного объекта. Седиментация происходит при достижении каплями нефти более высокой плотности, чем вода, при взаимодействии с минеральными веществами в толще воды. Эти взаимодействия в основном происходят на береговой линии. Когда нефть оказывается на дне, она покрывается другими отложениями и очень медленно разлагается. По осредненным данным около 10 % оседает на дно, что несет значительную опасность для водной биоты.

Нефтяные пятна и нефть на береговой линии иногда взаимодействуют с минеральными частицами, взвешенными в толще воды, и нефть, таким образом, переносится на взвешенных частицах.

Движение нефти и моделирование разливов нефти

Нефть, пролитая на лед или подо льдом, распространяется относительно быстро, но не до такой тонкой пленки, как на воде. На любой поверхности, кроме воды, такой как лед или земля, большое количество нефти остается в углублениях, трещинах и других неровностях поверхности.

После разлива нефти на воде она растекается в виде пятна по поверхности воды. Для легких продуктов, таких как бензин, дизельное топливо и легкая сырая нефть, образуются очень тонкие пятна. Тяжелая нефть может создавать пятна толщиной в несколько миллиметров и образовывать смолистые шарики и смоляные маты.

Горизонтальное растекание нефти вызвано силой тяжести и межфазным натяжением между нефтью и водой. Этим силам противодействует вязкость нефти. Со временем действие силы тяжести на нефть ослабевает, но сила межфазного натяжения продолжает распространять нефть. Переход между этими силами происходит в первые несколько часов после разлива.

Пятно часто разбивается на «валки» на море под воздействием волн или зон конвергенции или расхождения. Нефть имеет тенденцию концентрироваться между гребнями волн из-за силы тяжести. В верхних 20 м моря часто встречаются ячейки вертикальной циркуляции. Когда два течения расходятся, образуется зона расхождения. Нефть, движущаяся вдоль этих зон, поочередно концентрируется и распространяется циркуляционными потоками, образуя ленты или валы нефти, а не сплошные пятна [7].

Распространение нефти может быть рассчитано по алгоритму, предложенному Фэйем. Формулировка Фейя гравитационно-вязкого растекания приведена ниже (6):

$$\text{Начальная область } A_0 = \pi \frac{k_1^4}{k_2^2} \left(\frac{V_0^5 \cdot g \cdot \Delta\rho}{V_w^2} \right)^{\frac{1}{6}}, \quad (6)$$

где ρ_w – плотность воды;

ρ_0 – плотность нефти;
 k_1 и k_2 – постоянные распределения;
 g – ускорение свободного падения;
 V_0 – объем разлитой нефти;
и μ_w – вязкость воды.

Как функция времени, определяемая уравнением (7):

$$A_t = \pi \cdot k_2^2 \left(\frac{V_0^2 \cdot g \cdot \Delta\rho \cdot t^{1,5}}{U_w^{0,5}} \right)^{\frac{1}{3}}, \quad (7)$$

где все переменные определены ранее, а t – это время, прошедшее с момента разлива в часах.

Движение нефтяных пятен

Помимо своей естественной тенденции к распространению, нефтяные пятна на воде перемещаются вдоль поверхности воды, главным образом, под действием поверхностных течений и ветров. Если нефтяное пятно находится близко к суше и скорость ветра менее 10 км/ч, пятно обычно движется со скоростью, которая составляет 100 % поверхностного течения и приблизительно 3 % скорости ветра.

Однако, если ветер более 20 км/ч и пятно находится в открытом море, ветер преобладает в определении движения пятна. В большинстве ситуаций необходимо учитывать как ветер, так и поверхностный ток.

При расчете движения нефтяного пятна необходимо знать точную скорость ветра и направление течений во времени, а также учитывать силу Кориолиса, которая за счет вращения Земли слегка отклоняет движущийся объект вправо в северном полушарии и влево в южном полушарии.

Модели разливов

Современные сложные модели разливов объединяют информацию о составе нефтепродуктов, погодных условиях и гидрометеорологических режимах. Основным ограничением при моделировании движения нефтяного пятна является отсутствие точных сведений о скоростях и направлениях течений и скорости ветра. Точное моделирование разливов является важной частью планирования действий в чрезвычайных ситуациях и фактического реагирования на разливы.

Библиографический список:

1. Моделирование нефтяных разливов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/313425375_Introduction_to_Oil_Spill_Modeling. – 23.02.21.
2. Fingas M. Oil and petroleum evaporation // Handbook of oil spill science and technology, vol. 207, 2015.
3. Лер В., Симечек-Битти Д., Алиседа А., Буфадель М. Обзор недавних исследований распределения капель дисперсной нефти – М.: АМОР, 2014. – 701 с.
4. Экрот Д.Р., Мадсен М.М., Хоел Е. Динамическое моделирование операций по ликвидации разливов нефти – М.: АМОР, 2015. – 16 с.
5. Danchuk S., Willson C.S. Numerical modeling of oil spills in the inland waterways of the lower Mississippi River Delta. IOSC 2008;887.
6. Fingas M. Introduction to spill modeling // Handbook of oil spill science and technology, vol. 287, 2015.
7. Возвращение к естественной дисперсии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.journals.elsevier.com/marine-pollution-bulletin> – 19.12.2020.

РИСК АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА МОРСКИХ АКВАТОРИЯХ И ПЛАНЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ

С. М. Гумбатова
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Аварии на танкерах, при которых происходит попадание нефти и нефтепродуктов в морские акватории, считаются одними из наиболее трудно устранимых чрезвычайных ситуаций (ЧС). Морские акватории в большей степени подвержены опасности нефтяного загрязнения в связи с расположением на ее территории достаточно большого количества нефтяных танкеров и проведения различных нефтеналивных работ. Нефтяные загрязнения могут являться следствием как аварии и утечки на танкерах, так и аварии и технологических утечек на нефтеналивных терминалах.

Ключевые слова (словосочетания): морская акватория, аварийный разлив, нефтепродукт, лёгкие нефтепродукты, тяжёлые нефтепродукты, разлив нефти и нефтепродуктов, чрезвычайная ситуация.

Исследование путей поступления нефтепродуктов в акваторию

На загрязнение водоёмов нефтяными продуктами влияют два фактора: природный и антропогенный. Схема источников поступления нефтепродуктов в акваторию представлена на рисунке [1-4].

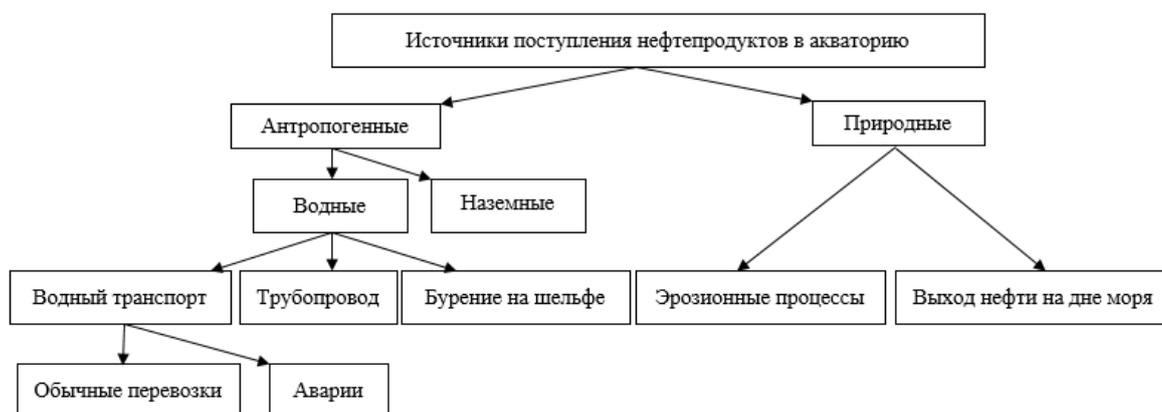


Рис. Источники поступления нефтепродуктов в акваторию

Суммарное количество нефтепродуктов в питьевой воде не должно превышать 0,1 мг на литр; в рыбохозяйственных водоёмах – не более 0,05 мг на литр.

Поведение нефти, разлитой на поверхности чистой воды

В результате аварии нефть растекается по поверхности моря и образует нефтяное пятно [5], перемещение которого зависит от ветра и течения, т.е. при отсутствии ветра и течения образуется круг, радиус которого изменяется во времени; а при наличии ветра и течения – имеет вытянутую форму.

Разлившаяся на поверхности воды нефть перемещается в том же направлении и с той же скоростью, что и поверхностный слой воды.

Нефть в воде находится в виде прямой эмульсии («нефть в воде»), но так же и в виде обратной эмульсии («вода в нефти»), которая является высокой стойкостью и содержит 50-80 % свободной воды.

Организация мероприятий по предупреждению разливов нефтепродуктов

Мониторинг аварийных разливов нефти и нефтепродуктов (МАРНП) прогнозирует и оценивает экономические и экологические последствия возможных аварий [6-8]. При решении подобных задач пользуются ГИС-технологиями, которые используются для моделирования последствий аварийных разливов нефти.

Оперативные этапы ликвидации разливов нефти

1-й этап. Оповещение при разливе нефти.

Плавающие средства, которые находятся во внутренних морских водах и территориальном море, сообщают об инцидентах, в результате которых произошёл или мог произойти сброс загрязняющих веществ на собственном судне или в случае обнаружения нефтяного пятна [9].

Сообщения с судов передаётся в МСКЦ – морской спасательно-координационный центр или МСПЦ – морской спасательный подцентр.

МСКЦ и диспетчер пункта управления воздушным движением передают полученные сообщения о разливе в МПР России, Госморспасслужбу России, территориальный орган МЧС России и соответствующее бассейновое управление органов рыбоохраны Госкомрыболовства России.

Если разлив подходит под определение чрезвычайной ситуации федерального значения, то региональный штаб руководства операцией (ШРО) обращается за помощью в федеральный штаб руководства операцией (ФШРО).

2-й этап. Предварительная оценка и начало операций по ЛАРН.

После обращения ШРО за помощью в ФШРО, он, в свою очередь, через Центр управления в кризисных ситуациях Министерства чрезвычайных ситуаций (ЦУКС МЧС) России уточняет полученную информацию для определения масштаба разлива и возможности ликвидации разлива силами регионального ШРО [10]. И для этого организуется оперативное обследование района разлива с необходимыми протоколами, картами, схемами, в гидрометцентре узнается прогноз погоды на ближайшие 6, 12, 24, 48 часов – эти данные в дальнейшем используются в работе группой по ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН), которая направляется к месту разлива со схемой первоочередных действий.

Немедленно, после получения сообщения о разливе, задействуется система прогнозирования распространения нефти для оценки необходимости в защите берега и зон приоритетной защиты.

3-й этап. Локализация, сбор и сдача собранной нефти.

В первую очередь, на место разлива доставляется личный состав и технические средства для локализации разлива нефти (где указано место разлива, погодные условия, тип аварии, тип танкера и выбор метода локализации). При этом обеспечивается порядок выполнения операции, сдачи собранной нефти и пожарная безопасность района разлива.

При этом состав поступает в подчинение тому ШРО, который прибыл на место разлива (регионального или федерального ШРО).

Технологии ликвидации разливов нефти на море

Выбор методов локализации и ликвидации разлива производится, исходя из условий разлива и реальных возможностей, определяющихся имеющимися силами и средствами, а также местными условиями, связанными с разрешением использования сжигания, диспергаторов для защиты районов высокой экологической ценности.

Сбор нефти механическими способами

В зависимости от температуры и обстановки на море и масштабов разлива лёгкие продукты при благоприятных условиях фактически исчезнут с поверхности моря в течение 1-2 дней, лёгкие нефти – в течение 2-5 дней и нефти средней плотности – в течение 5-10

дней. Тяжёлые нефтепродукты сохраняются в течение более длительных периодов, но и они со временем рассеиваются естественным образом.

Существует 2 способа сбора разлившейся нефти:

1. Боновые заграждения и нефтесборщики, которые по рабочим характеристикам (габариты и прочность) должны соответствовать поставленным задачам (стационарный способ). Боновые заграждения для их поставки на место аварии используют суда бонопоставщики.

2. Скиммеры, которые размещаются в контактной подвеске буксируемого двумя судами бонового заграждения, U-, V- или J-образной конфигурации (передвижной способ).

Передвижные системы сбора должны планироваться таким образом, чтобы свободная нефть могла собираться в течение начальной фазы работ по ЛАРН.

Средства сбора обычно дают возможность работать от 8 до 12 часов в сутки в зависимости от длины светового дня, времени транзита к очищаемому участку и от него.

При разливах нефти регионального и федерального значения суммарная производительность устройств сбора нефти принимается: через два часа после начала работ – 200 куб. м/ч, через восемь часов – 2 тыс. куб. м/ч и через 24 часа – 20 тыс. куб. м/ч.

Применение диспергентов

При угрозе загрязнения приоритетных зон применяются диспергенты, которые эффективны, если с момента аварии прошло не более 72 часов и температура окружающей среды выше 5°C. Диспергенты применяют на мелководье (при глубине меньше 10 м), т.к. они нарушают естественное диспергирование.

Диспергенты наносятся с вертолетов и самолётов при больших разливах нефти, которые позволяют их распылять и в штормовую погоду.

В России к применению допускаются диспергенты, разрешённые Минздравом России и зарегистрированные в российском реестре потенциально опасных химических и биологических веществ. Применение диспергентов должно быть санкционировано Госкомрыболовством России и МПР России.

Применение сорбентов

Ликвидация нефтяных загрязнений включает в себя локализацию разлива боновыми заграждениями (время локализации не должно превышать 24-72 часа с момента аварии), после чего следует нанесение сорбента на загрязнённую поверхность механизированным или ручным способом до полного поглощения нефтяной плёнки. Далее происходит стягивание бонового заграждения для сбора отработанного сорбента с поверхности воды. При использовании порошкообразных сорбентов увеличивается время проведения мероприятий по локализации разлива.

Биосорбент может применяться как автономно, так и в сочетании с традиционными средствами механического сбора. Распыление биосорбентов с судов ограничивается погодными условиями.

Контролируемое сжигание нефти

Возгоранию подвержены только более легкие и летучие фракции нефти, поэтому для осуществления контролируемого сжигания разлитой нефти первоначально производится локализация нефтяного разлива, утолщение слоя нефти (до нескольких сантиметров).

Так же для уничтожения нефтяной пленки используется метод лазерного излучения с длиной волны 10,6 мкм, глубиной проникновения для нефти 100-300 мкм и воды – 10 мкм. Лазерное излучение сильно поглощается водой и слабо нефтью. Этот метод проводится только на больших расстояниях (с берегов).

Слой воды под действием лазерного излучения нагревается и переходит в состояние метастабильности. Происходит парообразующий взрыв метастабильно перегретой воды и разрывается тепловой контакт нефти и воды, который препятствует горению нефтяной плёнки в обычных условиях. Нефтяная плёнка подбрасывается вверх и дробится на фрагменты. Капли нефти подбрасываются на высоту 30-40 см, смешиваются с

атмосферным воздухом и образуют горючую смесь. Происходит самовоспламенение смеси, и капли нефтяного загрязнения сторают в воздухе.

Метод лазерного излучения также эффективно применять на завершающей стадии очистки поверхности воды от нефтяного пятна, а также на гидротехнических сооружениях.

Библиографический список:

1. Российская Федерация. Законы. Об охране окружающей среды: Федеральный закон №7-ФЗ: (принят Государственной думой 20 декабря 2001 года: одобрен Советом Федерации 26 декабря 2001 года]. – Москва: Проспект; Санкт-Петербург: Кодекс. 2019. – 80 с.
2. Российская Федерация. Законы. Водный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 29.07.2017): (принят Государственной думой 12 апреля 2006 года: одобрен Советом Федерации 26 мая 2006 года]. – Москва: Эксмо. 2006. – 64 с.
3. Российская Федерация. Законы. О промышленной безопасности опасных производственных объектов от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018): (принят Государственной думой 20 июня 2008 года]. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ – 21.08.2020.
4. Постановление Правительства РФ от 21.05.2007 N 304 (ред. от 20.12.2019) "О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_68490/ – 25.08.2020.
5. Гольдберг В.М. В. П. Зверев, А. И. Арбузов и др. Техногенное загрязнение природных вод и его экологические последствия. / Гольдберг В.М. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://search.rsl.ru/ru/record/01000717919>. — 08.11 2001.
6. Постановление Правительства РФ от 30.12.2003 N 794 (ред. от 02.04.2020) "О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_45914/ – 25.08.2020.
7. Постановление Правительства РФ от 15.04.2002 N 240 (ред. от 14.11.2014) "О порядке организации мероприятий по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_36284/ – 2.09.2020.
8. Постановление Правительства РФ от 21.08.2000 N 613 (ред. от 14.11.2014) "О неотложных мерах по предупреждению и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28293/ – 5.09.2020.
9. Постановление Правительства РФ от 01.03.1993 N 178 "О создании локальных систем оповещения в районах размещения потенциально опасных объектов" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_86328/ – 5.09.2020.
10. Приказ МЧС России от 28.12.2004 N 621 (ред. от 12.09.2012) "Об утверждении Правил разработки и согласования планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов на территории Российской Федерации" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_52946/ – 03.09.2020.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДИСТИЛЛИРОВАННОГО ГЛИЦЕРИНА НА СТАДИЯХ ОЧИСТКИ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ГЛИЦЕРИНОВЫХ ВОД

А. А. Дюмина
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Работа посвящена изучению технологии получения дистиллированного глицерина, исследованию сырья и основных факторов, влияющих на очистку жирных кислот. Предложены добавки по очистке глицерина от ПАВ.

Ключевые слова (словосочетания): глицерин, дистиллированный глицерин.

Потребление глицерина непрерывно растет в связи с его большим значением для различных отраслей промышленности: производство медицинских препаратов, табачных изделий, пищевых и парфюмерно-косметических продуктов, пластичных масс. Также можно выделить новые продукты: биометанол, пропиленгликоль, эпихлоргидрин, акриловую кислоту, 1-3-пропандиол, охлаждающие и антизамерзающие жидкости. При этом необходим светлый, чистый глицерин с минимальным содержанием примесей.

Европа, Китай и США – основные лидеры по потреблению глицерина (34 %, 26 % и 20 % от мирового производства (2,88 млн. тонн в год), это более 200 тысяч тонн в год), Япония и Индия – по 3,5 % [1]. При этом единичная мощность за рубежом составляет 20-100 тыс. тонн в год, в нашей стране же – не более 5 тыс. тонн. Соответственно, имеющийся спрос полностью не удовлетворяется, поэтому остальной глицерин (более 90 тыс. тонн в год) экспортируют Германия, Нидерланды, Польша, Бельгия.

Так как побочным продуктом в биодизельной отрасли становится глицерин, она является главным снабженцем в мире. В России большой тоннаж глицерина поступает со стороны мыловаренной и масложировой промышленности в связи с отсутствием собственного производства биодизеля. ОАО «Нэфис-косметикс», ОАО «Косметическое объединение Свобода», ОАО «Невская косметика» – основные производители глицерина в этой области. Глицерин используется на 85-90 % для производства дистиллированного глицерина, и только остальные 10-15 % используются в виде сырого глицерина в приготовлении различного рода продукции (мыла твердого, жидкого и т. п.).

На расщеплении насыщенных жиров с получением глицерина и жирных кислот основан процесс гидролиза, который остается на сегодняшний день одним из ведущих промышленных методов и реализуется при 220-225 °С и 2,5 МПа в автоклавах [2]. Гидролитическое расщепление жира протекает по уравнению, представленному на рисунке 1:

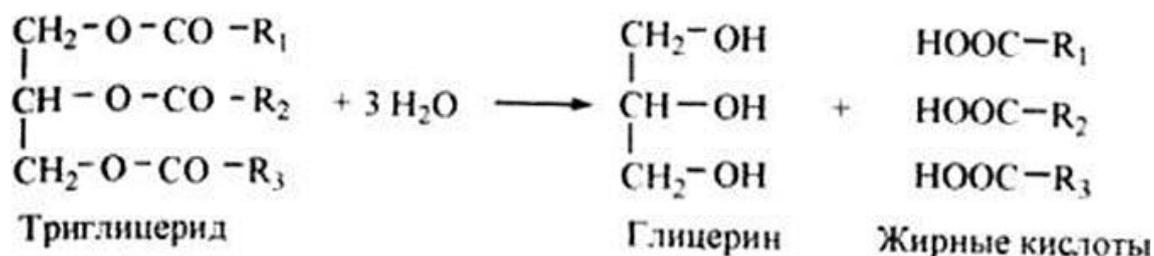


Рис. 1. Гидролитическое расщепление жира

Исходным сырьем являются жиры растительного и животного происхождения. Очистку и концентрирование глицериновой воды совершают (из-за 9-14 %-ного содержания глицерина в растворе на стадии расщепления) сепарацией, обработкой серной кислотой, сернокислым алюминием, гидроксидом кальция, с помощью ионообменных смол. От степени очистки исходного жира и параметров процесса расщепления зависит содержание жировых веществ, которое составляет 0,1-1,5 % к массе глицериновой воды [3], [4].

Выходит, при взаимодействии жира с водой получают продукты его гидролиза (жирные кислоты и глицерин). Их количество зависит от природы жира, его химического состава, сортности, методов получения и обработки. В результате расщепления полученные сырые жирные кислоты используются в качестве сырья для производства мыла, СМС или направляются на дистилляцию с последующим использованием в мыловарении.

Цель работы – исследование технологии получения дистиллированного глицерина на стадиях очистки и концентрирования глицериновых вод.

Факторы для проведения очистки от жирных кислот:

- получение глицерина, соответствующего требованиям качества (основные физико-химические свойства сырого глицерина должны соответствовать требованиям ГОСТ 6823-2000 «Глицерин натуральный сырой», а глицерина дистиллированного – ГОСТ 6824-96 «Глицерин дистиллированный»);
- осуществление благоприятных условий выпаривания (устранение вспенивания в выпарном аппарате, накипи на трубах подогревателя);
- защита оборудования от коррозии.

Схема очистки глицериновой воды изображена на рисунке 2. Отделение основной массы жировых веществ производится в сепараторе А-001. Окончательное удаление совершается в нейтрализаторе В-003.

В растворе содержится некоторое количество жирных кислот, которые удаляются отстаиванием с последующей нейтрализацией известью. Сепаратор ограничивает расход известкового молока, ввиду снижения содержания жировых веществ до 0,04-0,08 %, и делает возможным увеличение выхода глицерина из-за сокращения его потерь с кальциевыми мылами. После нейтрализации – стадия выпарки, выполняется на двухкорпусной установке, позволяющей понизить расход пара на концентрирование вдвое [4]. Растет концентрация глицерина с 12 до 86 %.

На стадии выпарки соединения, входящие в состав глицериновых вод (аминосоединения, карбонильные соединения, углеводы, минеральные соли), обладают поверхностно-активными свойствами, это приводит к появлению стойких водно-жировых эмульсий, которые порождают сильное вспенивание. Поэтому рекомендуется (в результате патентного поиска) ввод в нейтрализованную глицериновую воду особой присадки – 2,6-дитрет-бутил-4-метил-фенола, больше всего при использовании низкокачественного жирового сырья [5]. Стабилизируется процесс выпарки, улучшается качество технического глицерина: снижается массовая доля золы, нелетучего органического остатка, ПАВ. Полученный глицерин подвергается дистилляции: при 290 °С (температура кипения) распадается с образованием акролеина, различных кислот и других продуктов. При 170-180 °С и вакуумметрическом давлении в токе перегретого острого пара устраняют термическое разложение и уменьшение потерь.

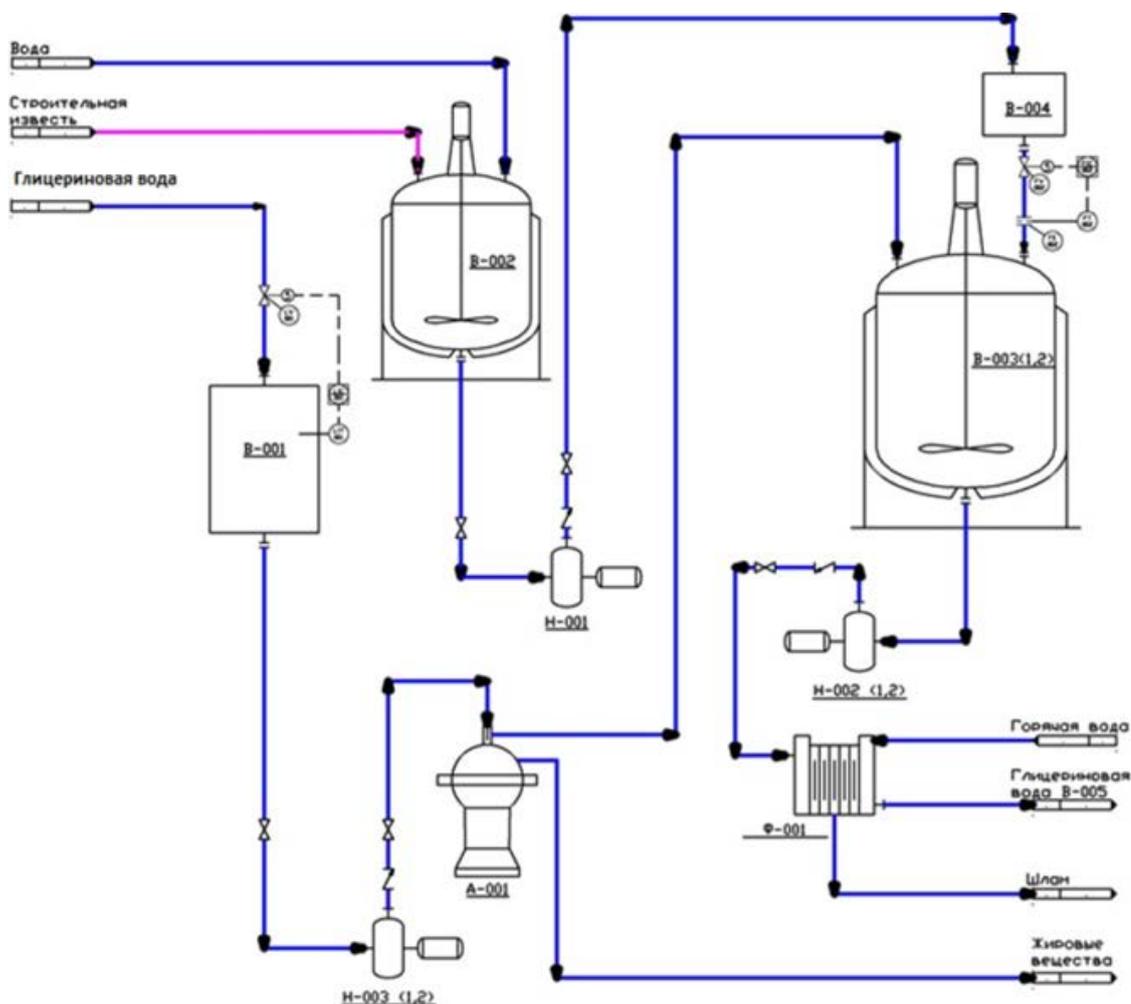


Рис. 2. Очистка глицериновой воды

Из чего можно заключить, что технологическая схема получения глицерина состоит из блоков сепарации, нейтрализации, выпарки глицериновой воды и дистилляции технического глицерина с получением глицерина марки Д-98. На стадиях очистки и концентрирования глицериновых вод рассмотрена технология получения дистиллированного глицерина – ввод стадии сепарации и особой присадки (2,6-дитрет-бутил-4-метил-фенола).

Библиографический список:

1. Ким С. Где взять глицерин // The Chemical Journal. – 2013. – № 7-8. – С. 22-27.
2. Тарасова Н.В., Качалова Т.Н. Проектирование установки производства стеариновой кислоты // Вестник Технологического университета. – 2015. – Т.18. – № 11. – С.99 - 100.
3. Арутюнян Н.С., Аришева Е.А., Янова Л.И., Захарова И.Н., Меламуд Н.Л. Технология переработки жиров. – М.: Агропромиздат, 1985. – 368 с.
4. Паронян В.Х. Технология жиров и жирозаменителей. - М.: ДеЛипринт, 2006. – 760 с.
5. Патент РФ 2162836. Способ получения сырого глицерина/ Климова Н. П., Постолов Ю. М., Лисицын А. Н., Ключкин В. В., Губанов А. В., Почерников В. И.; Всероссийский научно-исследовательский институт жиров. 10.02.2001; Бюл. № 4.

ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ, УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ СОЗ

С. С. Ефремова
СПБГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Работа посвящена аналитическому обзору технологий сбора, подготовки отходов, содержащих стойкие органические загрязнители (СОЗ), с целью их последующего обезвреживания и переработки. Представлены технологии, используемые на отечественном рынке.

Ключевые слова (словосочетания): СОЗ (стойкие органические загрязнители), ПХД (полихлорированные дифенилы), ПХБ (полихлорированные бифенилы).

Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (СОЗ) была ратифицирована Россией 27 июня 2011 года. Был подготовлен проект Плана по выполнению обязательств, согласно которому до 2028 года должны будут выполнены все обязательства. Выделяются несколько периодов выполнения: с 2015 по 2020 гг. и с 2020 по 2028 гг. Мероприятия, выполнение которых необходимо в первую очередь [1]:

- комплексная инвентаризация – создание и проведение инвентаризации СОЗ, с выявлением условий их хранения, осуществляется ли ввоз и вывоз СОЗ (в т.ч. устаревших);
- согласно данным инвентаризации создать план мероприятий по уничтожению СОЗ; улучшить законодательную базу РФ в области обращения с ПХБ;
- организация Единой базы данных о стойких органических загрязнителях;
- создание информационной базы для осуществления мониторинга содержания СОЗ в объектах среды обитания человека.

ПХБ – жидкость, относящаяся к стойким органическим загрязнителям, разработанная около 70 лет назад в качестве электроизоляторов в трансформаторах, батареях, системах передачи тепла и охлаждения, гидравлических системах и вакуумных помпах и даже в некоторых бытовых приборах.

В настоящий момент исключены из эксплуатации масла с 100 % содержанием ПХБ (масла марки Совтол), однако согласно исследованию 2015 года ЮНИДО и Российского энергетического агентства на балансе 79 предприятий содержится 7147 тонн синтетического ПХБ (в том числе: трансформаторов – 1311 штук; конденсаторов – 150943 штук). По статистике >80 % конденсаторов и 92 % трансформаторов непосредственно функционируют в организациях [2].

Для сравнения, согласно исследованию бренда запчастей ViPRO 20052 для крупногабаритного оборудования, содержащего ПХД, эти цифры были рассчитаны как чистые ПХД, содержащиеся в жидкостях. Размерность массовых потоков может быть суммирована примерно до 6250 т/год. Данные по ПХД, приведенные в этом отчете, являются цифрами для общего числа ПХД. В настоящее время нет информации о соответствующих концентрациях ПХД-ТЕQ5 [3].

Средним значением срока службы оборудования является промежуток от 25 до 40 лет и более. **Трансформаторы**, содержащие ПХБ в масле, находятся на балансе в 5 организациях: ПАО «Энел Россия», ООО «ЕвразХолдинг», ГК «Росатом», ПАО «Северсталь», ОАО «Газпром» [1].

Конструкционно трансформаторы, произведенные на территории Российской Федерации, состоят из корпуса, сердечника, первичной и вторичной обмоток, брусков из

сухого бука (горизонтальная плоскость: для крепления обмоток, в вертикальной плоскости: для закрепления), картонных элементов толщиной от 3 до 20 мм (для разделения слоев обмотки), жестких картонных прямоугольных каркасов (для изоляции кернов от обмоток), герметичных ёмкостей для совтола, запорной арматуры.

Суммарный вес дерева и картона <20 % от веса всей активной части трансформатора. Масса изолятора, содержащего ПХБ, равна 33 % от общей массы аппарата [1].

Марки и характеристики ПХБ-содержащих трансформаторов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Марки и характеристики трансформаторов, содержащих ПХБ

№	Марка трансформатора	Суммарная мощность, к V Ar	Содержание совтола в изделии, т
1	ТНЗ-25/10	19750	0,16
2	ТНЗ-40/10	51760	0,205
3	ТНЗ-630/10	136080	1,0
4	ТНЗП-630/10	83160	1,0
5	ТНЗ-1000/10	1110000	1,676
6	ТНЗП-1000/10	312000	1,786
7	ТНЗПУ-1000/10	94000	2,21
8	ТНЗ-1600/10	2617600	2,765
9	ТНЗП-1600/10	248000	2,85
10	ТНЗ-2500/10	3430000	2,98

Примерно 80 % **конденсаторов**, содержащих ПХБ, применяются на 3 предприятиях: ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «Российские сети», АО «Курганэнерго».

Аппарат является герметическим контейнером с активными сердцевинами, представляющими собой рулон из двух длинных полос алюминиевой фольги, разделенных изолирующей пленкой (низковольтные: оксид алюминия, в крупных конденсаторах: полипропилен, бумаги и др. изолирующих материалов, пропитанная часто ПХБ). Марки и характеристики основных типов конденсаторов, залитых ПХБ, представлены в таблице 2.

В таблице 2 приведены усредненные значения содержания ПХБ, так как в 1960 – 1980 годы происходила частая модернизация конструкции аппаратов. Разница в значениях может составлять 1-15 % [1].

Обезвреживание аппаратуры, загрязненной стойкими органическими загрязнителями, состоит из слива жидкости, промывки аппарата, обезвреживания аппарата, уничтожения загрязненной жидкости и ПХБ-загрязненных отходов.

Слив ПХБ из конденсатора и трансформатора имеет различные методы. Ввиду сложности строения конденсатора не представляется возможным слить более чем 50 %. Перед сливом ПХБ из трансформаторов необходимо произвести нагрев аппарата (если температура ниже 20-25 %) [4].

После слива стойких органических загрязнителей необходимо произвести отмывку аппарата растворителем от ПХБ. Этот этап позволяет для трансформаторов либо повторное использование аппарата, либо его разборку с последующей утилизацией. А для конденсаторов такой возможности нет ввиду конструктивных особенностей.

Марки и характеристики основных типов конденсаторов, залитых ПХБ

Тип конденсатора	Габаритные размеры, мм	Количество ПХБ (трихлорбифенил), кг	Тип твердого диэлектрика
КШС-6,3-50	380x120x650	23	Бумага
КС2-1,05-60-У1	380x120x650	23	Бумага
КС-2-10,5-75-2У3	380x120x650	23	Бумага
КС-2-10,5-50-2У3;	380x120x650	23	Бумага
КС-2-6,3-75-2У3	380x120x650	23	Бумага
КСК-2-10,5-150-2У3	380x120x650	19	Бумага-пленка
КСК-1-10,5-75-2У3	380x120x335	10	Бумага-пленка
КС-2-0,38-36-2У3	380x120x650	23	Бумага
КС1-0,66-20-1У1	380x120x350	12	Бумага
КС1-0,66-20-1У3	380x120x350	12	Бумага
КС1-0,66-40-1У1	380x120x350	12	Бумага
КСА-0,66-20	380x120x350	12	Бумага
КС2-1,05-60-2У1	380x120x650	23	Бумага
КС2-0,38-50-У1	380x120x650	23	Бумага
КС2-1,05-60-1У1	380x120x650	23	Бумага
КС2-0,66-40-2У1	380x120x650	23	Бумага
КСК2-10,5-125-1У1	380x120x650	19	Бумага-пленка
КС2-6,3-75	380x120x650	23	Бумага
КСА-0,66-20-У1	380x120x350	12	Бумага

На российском рынке представлены 3 технологии отмывки [4]:

- отмывка от ПХБ парами хлористого метилена (опытно-промышленная установка);
- отмывка от ПХБ жидким толуолом (опытно-промышленная установка);
- отмывка от ПХБ водными моющими растворами (опытно-промышленная установка).

Выбор технологии удаления ПХБ из трансформаторов или конденсаторов необходимо производить на основании экологических требований, а также простоте и доступности той или иной технологии и материалов.

На территории Российской Федерации утилизация отходов I класса опасности представляет сложность, так как высока стоимость оборудования и недостаточно развиты соответствующие структуры. В промышленном масштабе разработанные российскими учеными технологии не производятся.

На данный момент существуют две технологии на территории Российской Федерации.

Переработка «ГосНИИОХТ» в г. Шиханы

Данная технология была разработана для утилизации запасов ПХБ и агропромышленных ядохимикатов. Общий вид опытной установки плазмотермического обезвреживания полихлорированных бифенилов представлен на рисунке [5].

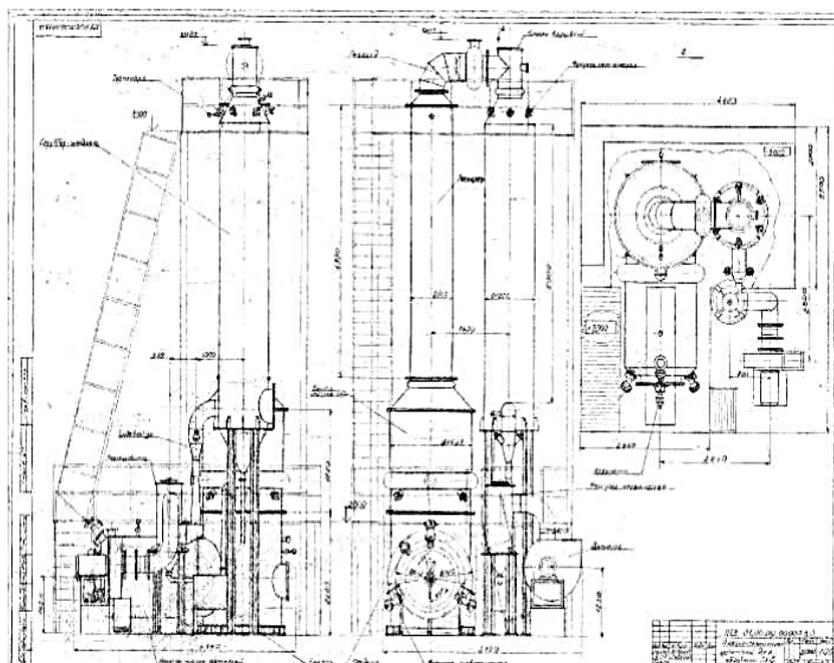


Рис. Общий вид установки плазмотермического обезвреживания

В состав производственного объекта входят: установка по расщеплению и отмывке электротехнического оборудования (трансформаторов) в наполнении совтолом; установка по переработке совтола в антисептическую пасту ПХДС-Т (товарный продукт, широко используемый при пропитке шпал, несущих конструкций, опор электропередач); опытно-промышленная установка плазмотермического уничтожения полихлорбифенилов; комплекс установок плазмотермического уничтожения агропромышленных ядохимикатов различного агрегатного состояния; лабораторный блок, в состав которого входят технологическая лаборатория отработки новых процессов и аналитическая лаборатория. Годовая мощность данной установки составляет 500 тонн/год. Технология не нуждается в подключении к электроснабжению и водоснабжению, так как является полностью автономной. В основе действия данной технологии лежит плазменно-химическое разложение. Происходит сжигание загрязненных отходов в барабанной печи под действием температуры в 1000 °С. Далее происходит нагрев образующихся летучих веществ при температуре до 1200 °С и происходит процесс обработки плазмой при температуре более 1500° С до полного их разложения на простые газы. С помощью специального раствора происходит процесс охлаждения отходящих газов, предупреждая повторное образование стойких органических загрязнителей. Под действием данного раствора также происходит удаление таких элементов, как хлор, сера и т.д., после чего газы окончательно очищают в угольном фильтре. Для устранения аварийных ситуаций в представленной технологии содержится сверхмощный ультрафиолетовый излучатель в фотохимическом реакторе. Мобильный комплекс по уничтожению токсичных отходов не требует значительных капитальных затрат на устройство рабочей площадки. Санитарная зона комплекса составляет не более 100 метров. В настоящее время ООО «Газоаналитические системы» проводятся работы по дальнейшей модернизации мобильного комплекса по утилизации токсичных отходов [6].

Мелиоформ-ПХБ

В марте 2018 года НПО «Декантер» первым получило положительное заключение Государственной экологической экспертизы на установку Мелиоформ-ПХБ [1].

Принцип работы установок серии Мелиоформ-ПХБ основан на комплексном применении процессов нагрева, дегазации, осушки и реагентной нейтрализации полихлорированных бифенилов. В баках-реакторах, оснащенных миксерами, происходит

основной процесс контролируемого смешивания ПХБ-загрязненного масла, реагента (дисперсии натрия - NaD) и воды в качестве катализатора.

В результате переработки на установках серии Мелиоформ-ПХБ заказчики получают на выходе обезвреженное трансформаторное масло, не представляющее более опасности для окружающей среды, а также небольшой осадок (в среднем 0,2-0,3 %), состоящий из продуктов химической реакции ПХБ с натрием в виде загрязненных маслом соды, соли и полифенилов.

Трансформаторное масло может быть повторно применено в промышленности немедленно или после дополнительной обработки — в зависимости от комплектации установки Мелиоформ-ПХБ и исходного состояния масла.

Применение в установке реагентного способа очистки трансформаторных масел от ПХБ позволяет снизить энергозатраты, повысить безопасность обработки по сравнению с огневыми и плазменными методами нейтрализации ПХБ.

Установка стандартной комплектации осуществляет обезвреживание масел от ПХБ без дальнейшей обработки обезвреженного масла от продукта нейтрализации, выделяемого в процессе уничтожения и находящегося в виде твердой фазы, а также повышенной загазованности и влажности. Обезвреженное масло требует дальнейшей переработки для возвращения в трансформаторы, либо может быть после отстаивания применено в качестве топлива [1].

Установка сертифицирована согласно правилам ТР ТС, а также прошла Государственную экологическую экспертизу на всю территорию РФ. Дисперсия натрия не подлежит декларированию, о чем имеется соответствующее письмо от сертификационного центра. Основным реагентом для нейтрализации полихлорбифенилов в установках Мелиоформ-ПХБ является дисперсия (взвесь микрочастиц) металлического натрия. Поставка реагентов (дисперсии натрия) осуществляется НПО «Декантер», цена фиксируется на 3 года вперед. Кроме того, реагенты можно приобрести в Китае, странах Евросоюза и Канаде. Поскольку дисперсия натрия имеет тенденцию к слеживанию, то в комплект всех установок Мелиоформ-ПХБ входит специальный аппарат для бережного взбалтывания бочки с реагентом в нескольких плоскостях. Хранить дисперсию натрия следует в сухом помещении [1].

Библиографический список:

1. «Безопасная эксплуатация ПХБ-оборудования, его очистка и уничтожение». Отчет РЭА-ЮНИДО. –Москва, 2016. – с. 37.
2. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 241 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов» (с изм. и доп. От 28.11.2017 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/ – 29.04.21.
3. BiPRO (2005): Study to facilitate the implementation of certain waste related provisions of the Regulation on POP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ec.europa.eu/environment/waste/studies/pdf/pops_waste_full_report.pdf – 29.04.21.
4. Проект ЮНЕП/ГЭФ «Российская Федерация – Поддержка Национального плана действий по защите арктической морской среды». Итоговый отчет по реализации пилотного проекта «Разработка технологических и логистических решений для внедрения системы сбора и утилизации полихлорбифенилов (ПХБ) и ПХБ-Содержащего оборудования в Арктической зоне Российской Федерации». ООО Научно-производственное объединение «Центр благоустройства и обращения с отходами» (ООО «НПО ЦБОО»). Санкт-Петербург. 2010. – С. 22 - 23.
5. «Учебно-методический комплекс к программе образовательного семинара по теме: «Безопасная эксплуатация ПХБ-оборудования, его очистка и уничтожение». М.: РЭА-ЮНИДО. –2016. – С. 48-51.

ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ОТ ПРОИЗВОДСТВА СУХИХ СМС

А. А. Дюмина
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** Работа посвящена технологии очистки выбросов от производства сухих СМС. Подобраны наиболее оптимальные аппараты очистки выбросов.*

***Ключевые слова (словосочетания):** сухие СМС, технологии очистки выбросов, рукавный фильтр, тарельчатый абсорбер.*

При производстве СМС (синтетические моющие средства) в окружающую среду выбрасываются отработанный теплоноситель, содержащий пыль СМС, отработанные газы отделения сульфатирования, воздух аэролифтов и воздух после рукавных фильтров аспирационных систем (с участков пыления при транспортировке, растарке, перегрузке и переработке компонентов и готового продукта) [1].

Цель работы – исследование технологий очистки выбросов от производства сухих СМС.

Для очистки теплоносителя перед выбросом его в атмосферу и возврата порошка служит система сухой очистки, представленная на рисунке 1. Отработанный теплоноситель проходит стадии сухой очистки:

1. Предварительный пылеотделитель К64, осаждение пыли происходит из-за расширения диаметра газотока и снижения скорости ГВС.

2. Циклоны К65 (4 шт.), отделение пыли осуществляется из-за тангенциально изменяемого направления движения ГВС.

3. Мультициклоны К66, возникает завихрение струи ГВС, которое создается неподвижными турбинками мультициклона, после чего ГВС вентилятором В67 нагнетается в скрубберы К68.

Порошок, осажденный в предварительном пылеотделителе и в циклонах К65 (3, 4), через шлюзовые затворы направляется на транспортер и далее с основной массой порошка по схеме. Пыль, осажденную в циклонах К65 (1, 2) и мультициклоне (во избежание ухудшения гранулометрического состава порошка), направляют через шлюзовые затворы с помощью вентилятора В71 в верхнюю часть сушильной башни под форсунки. Здесь происходит налипание пыли на струю композиции, распыливаемой форсунками.

До 20 % высушенного в сушильной башне порошка уносится вентилятором В67.

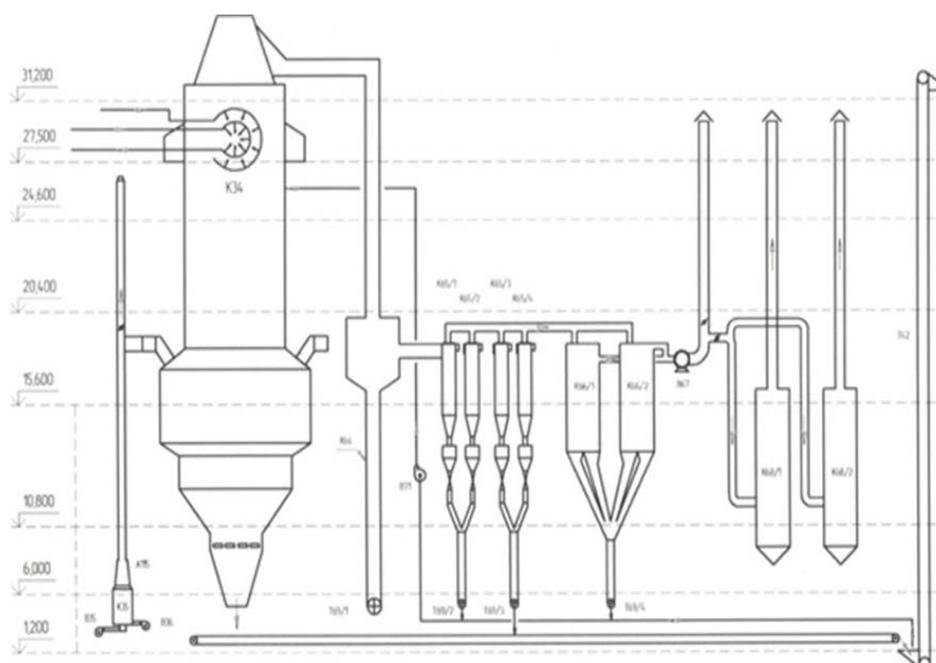


Рис. 1. Сушильная башня

Для очистки ГВС, отходящей от источников загрязнения участка загрузки сырьевых бункеров и участка фасовки, рассмотрен очистной аппарат типа фильтр рукавный.

Достоинства фильтров: высокая степень очистки газов; улавливание частиц при любых давлениях газов; высокая степень очистки при любых концентрациях взвешенных частиц в газах; возможность очистки газов высоких температур; использование химически стойких материалов; полная автоматизация; стабильность; простота эксплуатации. К недостатку относят необходимость периодической замены некоторых фильтрующих перегородок.

Рукавный фильтр – основное оборудование, представлен на рисунке 2. Состоит из корпуса с фильтрующими рукавами и камеры механизма встряхивания (с помощью кулачкового механизма) в сочетании с обратной продувкой от вентилятора, установленного вне фильтра. Фильтр устанавливают непосредственно на фланец опорного устройства [2].

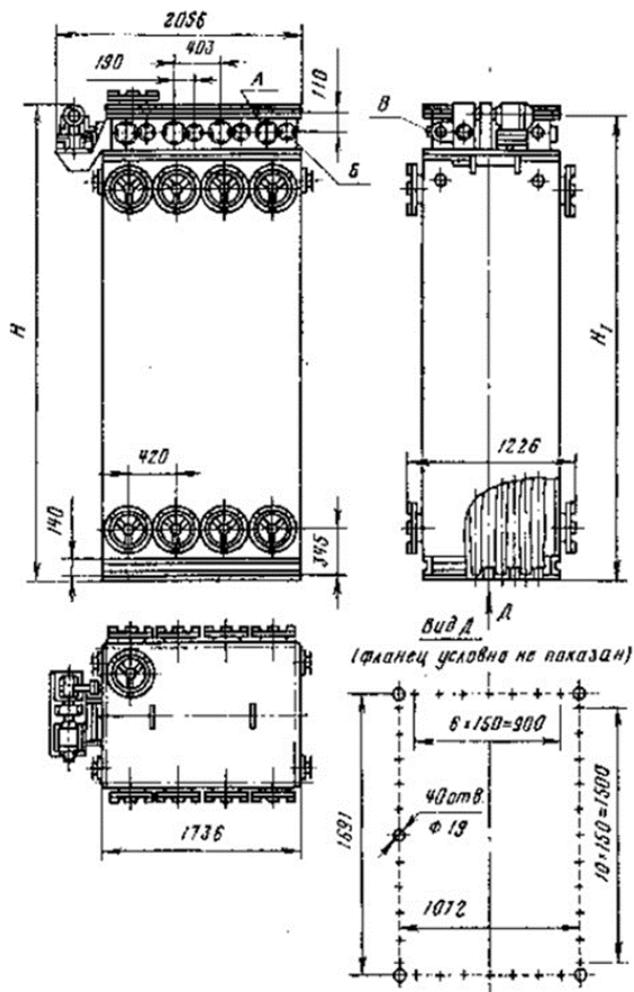


Рис. 2. Рукавный фильтр типа ФРУ IV

Вентилятор – вспомогательное оборудование, представлен на рисунке 3.

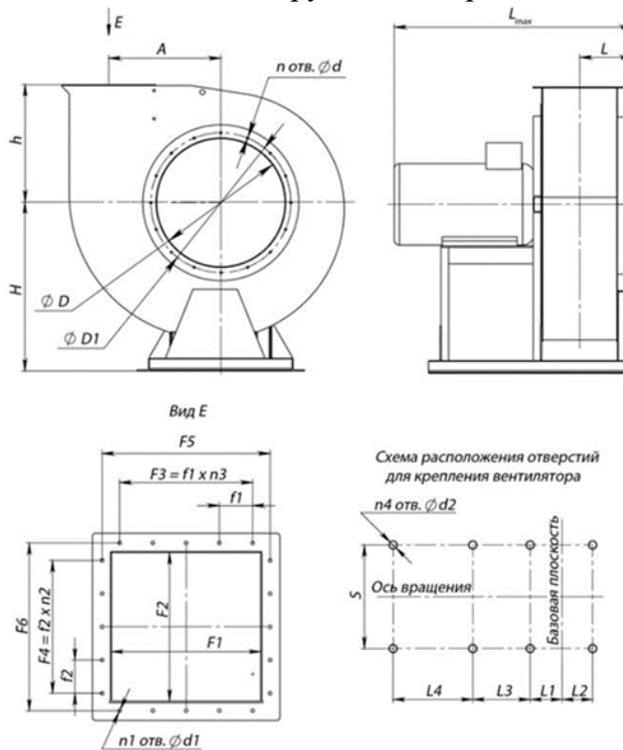


Рис. 3. Общий вид вентилятора ВР 80-75

Для очистки ГВС, отходящей от источников загрязнения участка приготовления композиции, рассмотрен аппарат мокрой газоочистки – тарельчатый скруббер [3].

Преимущества мокрых пылеуловителей: небольшая стоимость; очистка газов от частиц размером до 0,1 мкм; охлаждение и увлажнение газов; очистка высокотемпературных газовых потоков; одновременная очистка от пыли и газообразных вредных веществ. К недостаткам относят необходимость обработки сточных вод; потери жидкости из-за брызгоуноса [4].

Тарельчатый пылеуловитель – аппарат с горизонтальной тарелкой, в которой равномерно распределены мелкие отверстия. Скруббер тарельчатый представлен на рисунке 4. В схеме предусматривается бункер для накопления технологического раствора, образующегося после очистки, насос, который перекачивает раствор в смеситель участка приготовления композиции сухих СМС [5].

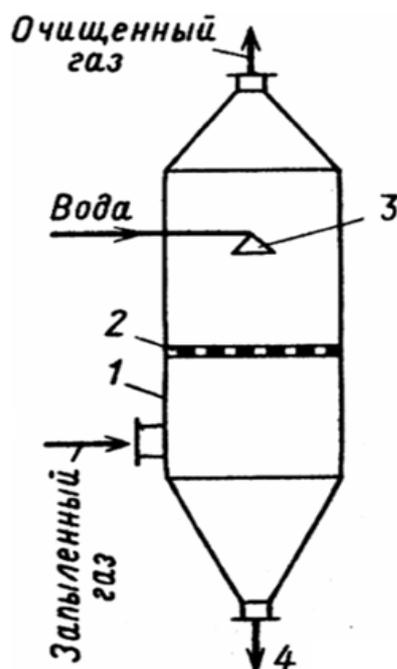


Рис. 4. Скруббер тарельчатый:

1 – корпус; 2 – тарелка; 3 – ороситель; 4 – технологический раствор

Таким образом, рассмотрены мероприятия по сокращению выбросов трех производственных участков цеха СМС: загрузка сырья в сырьевые бункера, приготовление композиции, фасовка готового продукта. Подобраны системы очистки воздуха, включающие в себя следующие схемы очистки отходящих газов: пылеулавливание посредством рукавных фильтров и мокрая газоочистка тарельчатым скруббером.

Библиографический список:

1. Бухштаб, З. И. Технология синтетических моющих средств / З. И. Бухштаб, А. П. Мельник, В. М. Ковалев. – М.: Легпромбытиздат, 1988. – 320 с.
2. Зиганшин, М. Г. Проектирование аппаратов пылегазоочистки: учебное пособие / М. Г. Зиганшин, А. А. Колесник, А. М. Зиганшин. – изд. 2-е - СПб: ЛАНЬ, 2014. - 535 с.
3. Техника и технология защиты воздушной среды: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки и специальностям в области техники и технологии / В. В. Юшин [и др.]. - Изд. 2-е, доп. – Москва: Высшая школа, 2008. – 398 с.
4. Котомин, А. А. Исследование моющего действия композиций СМС / А. А. Котомин, О. Д. Якимчук // Бытовая химия. – 2005. – № 20. – 23 с.

5. Ланге, К. Р. Поверхностно-активные вещества / К. Р. Ланге. – М.: Химия, 2004. – 252 с.

УДК 665
ГРНТИ 87.19.15

ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВА ПОРОШКООБРАЗНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ

Ю. С. Никонова, Ю. Л. Морева
СПБГУПТД ВШТЭ
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье рассматриваются основные процессы производства стиральных порошков и их основные компоненты.*

***Ключевые слова (словосочетания):** синтетические моющие средства, поверхностно-активные вещества, порошкообразные синтетические моющие средства, сушильно-распылительная установка.*

В связи с быстрыми темпами развития химической промышленности, появилось огромное количество разнообразных товаров бытовой химии, получивших широкое распространение. Современный быт человека в настоящее время уже нельзя представить без использования различных моющих средств. Популярность моющих и чистящих средств неуклонно растет, расширяются области их применения, увеличивается выпуск [1].

Современные отечественные порошки – синтетические моющие средства (СМС) – обладают высокими качественными показателями благодаря новейшим технологиям и разработкам их рецептуры. Кроме того, производители добиваются и дополнительных потребительских свойств: отбелить, сохранить или восстановить яркость цветов, придать белью мягкость, продлить срок его носки и избавить от катышков, сохранять элементы автоматических стиральных машин. Отечественные порошки позволяют уменьшить расходы за счет экономии электроэнергии при низкотемпературной стирке.

В составе СМС используют различные виды ПАВ, чаще всего жирные масла – 50 %, а также линейные алкилбензолсульфонаты – 35 %, этоксилаты жирных спиртов – 14 %, разветвленные АБС – 7 %, четвертичные аммонийные соли – 7 %, этоксилаты алкилфенолов – 7 %, сложные эфиры жирных кислот – 7 %, сульфаты жирных спиртов – 5 %, другие ПАВ – 19 %. Создатели рецептур моющих средств стремятся к получению синергических (усиливающих действие) смесей ПАВ [2].

Кроме ПАВ, как основного компонента, в состав моющих средств входят также: комплексообразователи, отбеливатели, активаторы отбеливания, структурообразователи, регуляторы pH, антиресорбенты, наполнители (сульфат натрия). Все представленные органические вещества определяют фракционный состав ХПК (химическое потребление кислорода), которое является наиболее важным экологическим показателем данного типа производств.

Существует более тысячи синтетических моющих средств. Все они имеют такие же молекулярные структуры и свойства, как и мыло. Хотя очищающее действие аналогично, моющие средства не так легко реагируют с ионами кальция и магния в жесткой

воде. Молекулярные структуры детергентов состоят из длинной углеводородной цепи и водорастворимой ионной группы, поэтому их называют анионными детергентами. Большинство из них – алкилсульфаты. Другие – поверхностно-активные вещества, которые обычно известны как алкилбензолсульфонаты [3].

Катионные моющие средства имеют положительный ионный заряд. Помимо того, что они являются хорошими очищающими средствами, они также обладают бактерицидными свойствами. Большинство этих моющих средств являются производными аммиака. Неионные моющие средства не имеют ионных групп, поэтому они не реагируют с ионами жесткой воды. Кроме того, неионные моющие средства пенятся меньше, чем ионные. Молекулы моющего средства должны иметь полярные части, чтобы обеспечить необходимую растворимость в воде.

Алкилфенолы, или анионные поверхностно-активные вещества широко используются в промышленности в качестве моющих средств и смачивающих агентов. Цель состоит в том, чтобы нейтрализовать статические электрические заряды от остаточных анионных (отрицательных ионов) молекул детергента. Поскольку отрицательные заряды отталкиваются друг от друга, положительный катионный детергент нейтрализует этот заряд. Наиболее популярными являются октилфенол и этоксилированные химические вещества, полученные из нонилфенола [4].

Консервант – это не что иное, как вещество, которое защищает мыло и моющие средства от естественных эффектов старения, таких как разложение, обесцвечивание, окисление и бактериальная деградация. Синтетические моющие средства сохраняются иначе, чем мыло. В мыле консерванты используются для предотвращения естественной склонности к прогорканию и окислению при старении. Бутилированный гидрокситолуол и хлорид олова обычно используются в виде таких добавок; ЭДТА также используется в небольших количествах. В моющих средствах консерванты используются для предотвращения порчи раствора бактериями. Метилпарабен и пропилпарабен очень распространены для этого применения. Моющие средства не были бы сохранены, если бы они не были биоразлагаемыми. Бактерии, обнаруженные в воздухе, в системах очистки отходов и в почве, разлагают поверхностно-активные вещества и другие ингредиенты, содержащиеся в наших очистителях, как только они попадают в окружающую среду [6].

С другой стороны, синтетические моющие средства обычно не подвержены или очень мало подвержены воздействию солей металлов или кислот; хотя они могут вступать с ними в химическую реакцию, полученные соединения либо растворимы, либо остаются диспергированными в коллоидной форме в растворе. Другие полезные свойства синтетики, такие как растворимость в холодной воде и гибкость рецептуры, также способствовали их быстрой замене мыльными изделиями [5].

Основное количество СМС получают методом распылительной сушки. В настоящее время большинство современных СМС поступает на рынок в виде гранулированных сыпучих продуктов, полученных на распылительно-сушильных установках. Предпочтительность использования данного метода объясняется его преимуществами: высокая производительность при малой численности обслуживающего персонала; герметичность процесса; автоматизация; малое количество продукта, находящегося в башне; отсутствие коррозии (т.к. в башне находится сухой продукт); возможность регулирования показателей готового продукта (насыпная плотность, влажность и т.д.).

Схема производства большинства стиральных порошков представлена на рисунке [1].

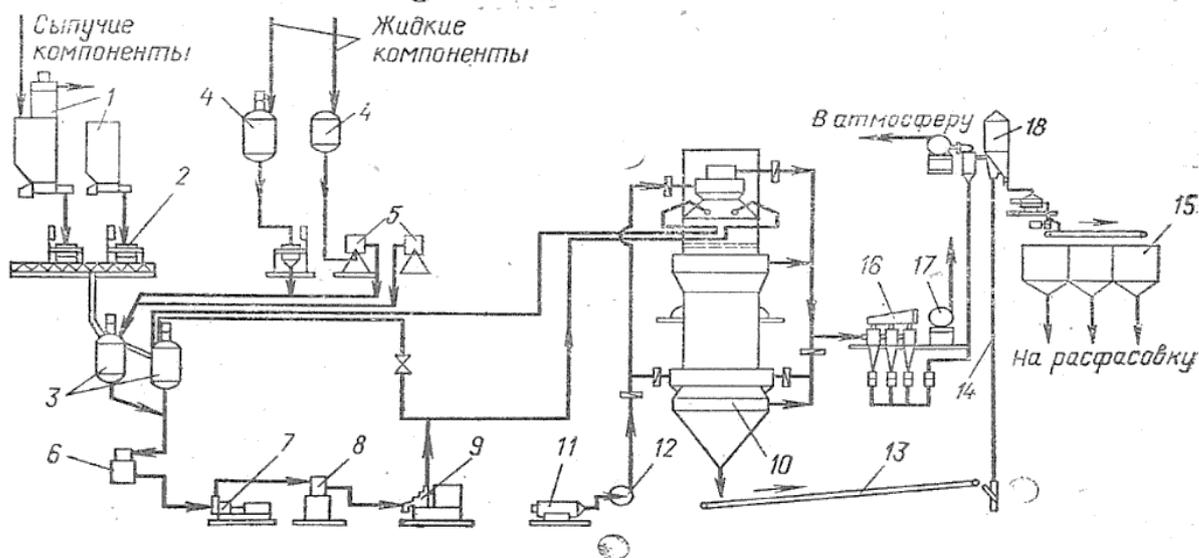


Рис. Схема распылительно-сушильной установки для производства гранулированных СМС:

1 – бункеры; 2,5 – дозаторы; 3 – смесители; 4 – емкости; 6 – фильтр; 7 – насос-гомогенизатор; 8 – насос низкого давления; 9 – насос высокого давления; 10 – распылительно-сушильная башня; 11 – газогенератор; 12 – нагнетающий вентилятор; 13 – транспортер; 14 – эрлифт; 15 – бункеры; 16,18 – циклоны; 17 – вытяжной вентилятор

Сыпучие и жидкие компоненты поступают в один из смесителей 3, где их тщательно перемешивают. Смесь передают во второй смеситель, откуда через фильтр 6 и насос-гомогенизатор 7 с насосами 8 и 9 направляют в распылительно-сушильную башню 10. Здесь композицию высушивают до образования полых гранул, которые подают на транспортер 13 и эрлифтом 14 направляют в бункеры 15 и на расфасовку.

Преимущества: высокая производительность при малой численности обслуживающего персонала, герметичность процесса, возможность его автоматизации, малое количество продукта, находящегося в башне, отсутствие коррозии (так как в башне находится сухой продукт), возможность регулирования показателей готового продукта (насыпная плотность, влажность и т.д.).

Однако распылительно-сушильные установки требуют значительных энергозатрат. Кроме того, велико количество испаряемой влаги (в среднем 6-8 кг/ч), отнесенное к 1 м³ башни. Повысить КПД башен можно, снизив содержание влаги в композиции.

Теперь неотъемлемая часть всех стиральных порошков — это оптические отбеливатели. Они представляют собой красители, поглощаемые текстильными волокнами из раствора, но впоследствии не удаляемые при полоскании. Они преобразуют невидимый ультрафиолетовый свет в видимый свет на синей стороне спектра, заставляя волокно отражать большую долю видимого света и заставляя его казаться ярче. Кроме того, поскольку тон дополнительного отраженного света находится на синей стороне спектра, этот сине-фиолетовый оттенок дополнит любую желтоватость, присутствующую на волокне, чтобы сделать его более белым, а также более ярким [7].

В сегодняшней порошковой индустрии используются, как правило, синтетические вещества – мерзолиты. Если моющее средство предназначено для стирки детских вещей, то в его состав обычно добавляют мыльную стружку. Она абсолютно безвредна и экологически чиста.

Если порошок предназначен для использования в стиральной машине, то обязательным компонентом являются пеногасители. Эти вещества подавляют образование пены во время стирки. В последнее время все большее распространение получают бесфосфатные стиральные порошки, в которых фосфаты заменены цеолитами, цитратами и другими безвредными компонентами. В результате получается продукт, который является полностью безопасным для окружающей среды и человека [8].

Если говорить о последовательности действий при изготовлении порошка, то она такова: паста, получившаяся при сульфировании акибензола, соединяется с остальными термостойкими ингредиентами. Полученная масса распыляется через форсунки распылительной сушильной башни. Высушенные горячим воздухом капли превращаются в гранулы порошка. Далее порошковая масса смешивается с нетермостойкими ингредиентами (перборат, ферменты и пр.). В результате всех этих процессов получается стиральный порошок, который отправляется на упаковку.

Непосредственно производство порошка – довольно понятный и четко определенный процесс. Главное – удачно разработать состав моющего средства.

Библиографический список:

1. Паронян В. Х., Гринь В. Т. Технология синтетических моющих средств. – М.: Химия, 1984. – 224 с.
2. Промышленное производство Санкт-Петербурга в 2018 году. Стат.сб/Петростат. – СПб., 2019. – 55 с.
3. Тихонова Ю. В., Хабибуллин Р. Р., Ломакин С. П., Филатова Э. С. Сравнительная оценка основных технологических характеристик, разработанных синтетических моющих средств // Башкирский химический журнал. – 2006. – Том 13. – №5 – С. 5-7.
4. Матвейко Н. П., Алферов С. В. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и фосфатами при использовании синтетических моющих средств // Известия Тульского государственного университета. Естественные науки – 2011. – Вып. 1. – С. 281–290.
5. Миташова Н. И., Грибач Е. А., Назарова Е. А. Очистка сточных вод, содержащих ПАВ, и их повторное использование // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. - № 3(17). – С. 40-43.
6. Абдурашитова Э. Р., Абдурашитов С. Ф. Селекция новых штаммов микроорганизмов, устойчивых к тяжелым металлам, нефтепродуктам и поверхностно-активным веществам // Приволжский научный вестник. 2015. – № 6-1 (46). – С. 24-27.
7. Горшенко Л. Синтетические моющие средства // Конъюнктура товарных рынков. 2005. – № 4. – С. 20-23.
8. Ковалев В.М., Петренко Д.С. Технология производства синтетических моющих средств: Учебное пособие М.: Химия, 1992. – С.136 – 148.

МЕХАНИЗМ ОЦЕНКИ НАКОПЛЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО УЩЕРБА В ЗОНЕ ВОДОВЫПУСКОВ СУЛЬФИТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Р. П. Беломоев, А. Б. Дягилева
СПБГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В статье рассматривается понятие накопленного экологического ущерба, его предпосылки, основные типы объектов накопленного экологического ущерба, инвентаризация объектов накопленного экологического ущерба, классификация и ранжирование объектов накопленного экологического ущерба.*

***Ключевые слова (словосочетания):** накопленный экологический ущерб, ликвидация накопленного экологического ущерба, объекты накопленного экологического ущерба, реестр объектов накопленного экологического ущерба, классификация объектов накопленного ущерба, ранжирование объектов накопленного экологического ущерба.*

Накопленный экологический ущерб (НЭУ) на территории Российской Федерации образовался в связи с несоблюдением экологических норм и пренебрежением защитой окружающей среды в советские годы. НЭУ является негативным воздействием хозяйственной деятельности не только на окружающую среду, но и на экономику страны. В связи с тем, что ликвидация НЭУ будет проведена с затратой бюджета страны, а еще не ликвидированные НЭУ имеют свои ограничения на хозяйственную деятельность [1-3].

Основными причинами возникновения НЭУ являются:

- ускоренное социально-экономическое развитие страны в советский период;
- процессы интенсивной индустриализации и экстенсивной добычи природных ресурсов;
- большая плотность промышленного производства;
- высокая степень износа основных фондов;
- технологическая отсталость;
- накопление загрязняющих веществ в почвах (землях) с учетом их депонирующих свойств и биогеохимических процессов;
- значительное количество бесхозных или экономически непривлекательных активов, характеризующихся высокой степенью загрязнения, в результате широкомасштабной приватизации в 90-х годах XX в.

Инвентаризация НЭУ проводится в целях выявления загрязненных территорий, незарегистрированных объектов размещения отходов и иных объектов, вокруг которых сформировалось загрязнение или они являются загрязненными, на них остались отходы, негативно влияющие на природную среду [4-6].

Основными типами объектов НЭУ являются:

- результаты прошлой хозяйственной деятельности добывающей и горно-обогатительной промышленности;
- нефтесодержащие загрязнения;
- объекты накопленного экологического ущерба обрабатывающей промышленности;

- полигоны твердых коммунальных отходов;
- экологический ущерб от прошлой хозяйственной и иной деятельности в Арктической зоне Российской Федерации;
- экологический ущерб, связанный с захлаплением прибрежных территорий;
- экологический ущерб, вызванный доконвенциональной деятельностью по уничтожению химического оружия.

Объекты НЭУ, уже определенные в ходе инвентаризации НЭУ, вносятся в реестр объектов НЭУ, жизненный цикл которого изображен на рисунке и представляет собой перечень объектов НЭУ, а также систематизацию сведений о них, составленных на основании данных инвентаризации объектов НЭУ [7-8]. Однако объекты размещения отходов, включенные в Государственный реестр объектов размещения отходов, а также объекты, еще не включенных в Государственный реестр объектов размещения отходов, но эксплуатация которых не завершена, не подлежат инвентаризации НЭУ и, соответственно, внесению в реестр объектов НЭУ [9-10].



Рис. Жизненный цикл объекта накопленного экологического ущерба в РОНЭУ

Классификация объектов НЭУ проводится с учетом степени их негативного воздействия в соответствии с критериями, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Классификация объектов накопленного экологического ущерба

№	Критерии классификации	Результаты оценки/балл п/п			Всего баллов	
		3	4	5		
1	2	3	4	5	6	
1	Численность населения в близлежащем населенном пункте от Объекта	до 10 тыс. чел./1	от 10001 до 40 тыс. чел./3	свыше 40 тыс. чел./5	1 - 5	
2	Класс опасности для окружающей среды	IV - V/1	III/3	I - II/5	1 - 5	
3	Удаленность Объекта от селитебной зоны, м	более 10000/1	3000 - 10000/3	до 3000/5	1 - 5	
4	Расположение Объекта на территории со специальным режимом осуществления хозяйственной и иной деятельности, а также имеющей особое природоохранное значение	Не расположен/1			Расположен/5	1,5
5	Расположение Объекта на территории, входящей в зону экологического бедствия, чрезвычайных ситуаций	Не расположен/1			Расположен/5	1,5
6	Площадь Объекта (га)	5 - 7 га/1	7 - 12/3	> 12га/5	1 - 5	
7	Приоритетность объекта по приложению Б ГОСТ Р 54003-2010	Не включен/1			Включен/5	1,5

Ранжирование объектов НЭУ проводится согласно таблице 2.

Таблица 2

Ранжирование объектов накопленного экологического ущерба

№	Ранг	Баллы
1	1	15 и более
2	2	8-14
3	3	до 7

Объекты НЭУ 1, 2 и 3 ранга – объекты, требующие, в первую, вторую и третью, соответственно, очередь, подготовки рекомендаций о целесообразности проведения работ для ликвидации НЭУ.

Вывод

В данной работе были изучены принципы определения объектов накопленного экологического ущерба его категорированием и возможными способами ранжирования накопленного экологического ущерба.

Библиографический список:

1. Национальный стандарт Российской Федерации. Оценка прошлого, накопленного в местах дислокации организаций экологического ущерба. Общие положения. ГОСТ Р 54003-2010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70330996/>– 19.09.2020.
2. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12125350/> – 19.09.2020.
3. Федеральный закон от 14.03.1995 N 33-ФЗ «Об особо охраняемых природных территориях». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/10107990/>– 19.09.2020.
4. Федеральный закон от 24.06.1998 N 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12112084/>– 19.09.2020.
5. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12147594/>– 19.09.2020.
6. Инструкция по организации и осуществлению государственного контроля за использованием и охраной земель органами Минприроды России, утвержденная Приказом Минприроды России от 25.05.1994 N 160 (зарегистрировано в Минюсте России 16.06.1994 N 602). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=4487/>– 19.09.2020.
7. Приказ Минприроды России от 30.09.2011 N 792 «Об утверждении Порядка ведения государственного кадастра отходов», зарегистрировано в Минюсте России 16.11.2011 N 22313. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/12192135/>– 19.09.2020.
8. Методика «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», утвержденная Минприроды России 30.11.1992. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901797511/>– 19.09.2020.
9. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель, утвержденная 11.07.1994 Минприроды России, Роскомземом и согласованная Минсельхозпродом России и Россельхозакадемией. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/9014048> – 19.09.2020.
10. Перечень методик аналитического контроля. ЦСИ Минприроды России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200036098>– 19.09.2020.

УДК 658.567.1

ГРНТИ 87.53.13

ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ, УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Е. Д. Пешкун

СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

Аннотация. Работа посвящена обзору технологий обезвреживания, утилизации и переработки климатического оборудования. Описаны технологии переработки и демонтажа холодильного оборудования. Рассмотрены основные методы по очистке выбросов, образующихся от переработки климатического оборудования, даны предложения по их оптимизации.

Ключевые слова (словосочетания): холодильное оборудование, технологии обезвреживания, утилизация.

Количество отходов фреонов в РФ и за рубежом: объем российских банков ХФУ (холодильно фреоновые установки), содержащихся в холодильном и климатическом оборудовании, в 2019 году оценивался в 17000 тонн (105 млн тонн в CO₂-эквиваленте). При этом уничтожение 150000 холодильников за смену способно сократить запасы этих «банков» лишь на 271675 тонн CO₂-эквивалента в год. На долю 19 стран с переходной экономикой приходится, ориентировочно, около 17 % от общего объема потребления озоноразрушающих веществ. Это значит, что в оборудовании таких стран содержится до 642400 тонн озоноразрушающего потенциала, или от 2300 до 3400 миллионов тонн эквивалента CO₂. В настоящее время в России выпуск фреона-22 составляет 70 тыс. тонн в год, мировое производство – около 1,2 млн. тонн в год.

Риск переработки заключается в основном в воздействии на окружающую среду – утечка хладагента в случае разгерметизации оборудования. Это может повлиять на нервную систему, оказать угнетающее и удушающее действие, воздействует на слизистые и дыхательные пути. Во время работы цехов возникают повышенные требования к герметизации оборудования. Первая помощь и противогазы необходимы на рабочих местах [1].

Сбор холодильного агента: заключается в его удалении. В нем находится воздух, кислоты, воды, примеси других холодильных агентов или твердые частицы, которые могли появиться в результате сгорания двигателя.

Перспективные технологии переработки отходов фреонов: при рассмотрении перспективных технологий переработки был сделан вывод, что практически во всех методах убирают цветные металлы, электронику, а также детали из пластика и железные коробки холодильников сжимают в прессе и передают на металлургические комбинаты. Но с помощью метода переработки холодильного оборудования с дополнительной стадией каталитической обработки газа, это можно осуществлять все вместе, без дополнительных затрат [2].

Далее рассмотренный метод обеспечивает сочетание механического измельчения и термического каталитического окисления хладагентов и пенообразователей и гарантирует экономичную коррекцию работы холодильных установок. Можно сделать вывод, что процесс удаления озоноразрушающих веществ в отдельной мусоросжигательной печи или цементной печи больше не нужен. Все, что в конечном счете остается, это измельченный материал, CO₂ и солевой раствор. За счет устранения некоторых ограничений стоимость утилизации может быть значительно снижена. Это позволяет избежать дорогостоящего впрыска азота в измельчитель, а также ненужного разжижения, заполнения, транспортировки и обращения с хладагентами и вспенивателями [2].

В таблице рассмотрены основные этапы переработки холодильного оборудования.

Стекло, дерево, пластиковая пленка, электрические кабели, конденсаторы, ртутные реле и компрессоры удаляются и специально демонтируются. Схема предварительного демонтажа приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Схема предварительного демонтажа

Этапы переработки холодильного оборудования

Этап	Процесс
Предварительное удаление	Стекло, дерево, пластиковая пленка, электрические кабели, конденсаторы, ртутные реле и компрессоры удаляются и специально демонтируются. Хладагент и масло удаляются и отделяются методами всасывания. Затем хладагент перед взвешиванием временно хранится в контейнерах и правильно транспортируется на этап 3 для переработки газа. Схема приведена на рисунке 1.
Механическое измельчение	Роторный шредер идеально измельчает материал до нужного размера. После предварительного демонтажа, конвейерная лента подает холодильные устройства в цилиндрическую рабочую камеру роторного шредера. В камере содержатся вращающиеся молоты, прикрепленные шарнирными соединениями к высокоскоростному вертикальному валу.
Обработка газа	Органические примеси удаляются в камере сгорания с максимальной температурой 1000°C. Сначала загрязненный воздух нагревается до температуры, необходимой для процесса каталитического окисления (от 310°C до 370°C). Затем нагретый газ-воздух пропускается через твердый слой катализатора, и газ быстро окисляется.

Общая схема завода по переработке представлена на рисунке 2.



Рис. 2. Общая схема завода по переработке холодильного оборудования

Воздух из камеры дробления непрерывно отсасывается вместе с извлеченными вспенивающими агентами. Он проходит стадию обработки газа, где его продувают перед сбросом обратно в камеру дробления. Хладагенты со стадии 1 и вспенивающие агенты, высвобождаемые на стадии гранулирования, направляются на стадию обработки газа, где они обрабатываются вместе и превращаются в вещества, которые больше не считаются вредными для озонового слоя. На выходе воздух содержит 20 мг / м³ CFC при массовом расходе менее 10 г / ч и для сравнения соответствует всем нормам. Газ проходит очистку в 2-х каталитических реакторах, где изобутан и пентан окисляются, а газ хлористоводородной кислоты и фтористоводородной кислоты преобразуются через солевой раствор. Солевой раствор в дальнейшем выбрасывается наружу [2].

При сжигании органических веществ образуются углекислый газ, азот, хлористоводородная и фтористоводородная кислота. В основном применяется в качестве поглощения кислот добавление гидроксида хлористого кальция, но применение такого метода имеет минус – это необходимость применения циклонов, так как при

взаимодействии гидроксида хлористого кальция с HCl образуется порошок хлорид кальция и фторид кальция. Если усовершенствовать метод, то можно заменить гидроксид хлористого кальция на раствор гидроксида натрия, образуется раствор хлорида натрия и фторида натрия, но необходимо вести контроль pH водного раствора, чтобы не абсорбировался диоксид углерода. Хлорид натрия безопасен, поэтому нет никаких ограничений.

Все остальные отходы, образующиеся при переработке, направляются на продажу, например, полиуретановую крошку используют для ликвидаций техногенных аварий (адсорбция нефтепродуктов), а также дорожники – для применения в дорожных покрытиях [3].

Библиографический список:

1. ИТС 15-2016 Утилизация и обезвреживание отходов (кроме обезвреживания термическим способом). – М.: Росстандарт, 2017. – 198 с.
2. Новый подход к переработке холодильной техники и уничтожению озоноразрушающих веществ [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ozoneprogram.ru/biblioteka/publikacii/podhod_k_pererabotke/ – 25.11.2020.
3. Обезвреживание ОРВ и фторсодержащих газов и содержащего их оборудования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ozoneprogram.ru/holodilnii_sektor/ – 25.11.2020.

УДК 628.13
ГРНТИ 70.27.13

РЕАГЕНТЫ В СХЕМАХ ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ

А. И. Антончик
СПбГУПТД ВШТЭ

198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В данной работе рассмотрена проблема подбора подходящей водоподготовки, необходимой для увеличения срока службы водогрейных и паровых котлов, а также уменьшения использования ресурсов и появления отходов в целом от работы котельной на этапе взаимодействия с водой и отдельного оборудования самой системы водоподготовки.*

***Ключевые слова (словосочетания):** водоподготовка в системе ГВС, горячее водоснабжение, обессоливание воды, реагентные методы обработки воды.*

Принципиальные особенности горячего водоснабжения (ГВС) заключаются в том, что нагрев воды происходит на оборудовании, имеющем незамкнутый контур, в который по мере необходимости поступает подпиточная вода, а температура воды на выходе строго регламентирована (СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества»). В связи с этими особенностями существует целый ряд трудностей в эксплуатации оборудования и пользования ГВС, не свойственных системам отопления и холодного водоснабжения.

Нагрев воды для горячего водоснабжения происходит на оборудовании, имеющем незамкнутый контур. По мере необходимости в него поступает подпиточная вода. Важной особенностью ГВС является то, что горячая вода в точке раздачи должна иметь

определенную температуру. Открывая кран, потребитель не должен ждать, пока стечет остывшая вода. Эта задача обычно решается путем организации постоянной циркуляции воды через теплообменные аппараты с целью поддержания ее температуры в сетях в заданном интервале [1].

Кроме того, возникновение в системах ГВС застойных зон с относительно низкой температурой приводит к размножению микроорганизмов, в том числе болезнетворных; отложения биологического происхождения отрицательно влияют на работоспособность сетей и оборудования.

С другой стороны, эксплуатация систем при повышенных температурах связана с активизацией процессов коррозии металлов. Продукты коррозии совместно с частицами биомассы и другими нерастворимыми примесями образуют отложения на поверхности трубопроводов и теплообменных аппаратов, сужая проход для воды и затрудняя ее нагрев.

В основном наличие нерастворимых примесей связано с низким качеством подпиточной воды, которое во многих случаях определяют состояние источника, а также изношенность либо маломощность оборудования для водоподготовки.

Производственный контроль на источниках теплоснабжения и в точках распределительной сети осуществляется в соответствии с рабочей программой, согласованной с Управлением Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека.

Требования к качеству горячей воды, подаваемой населению, определены Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами: СанПиН 2.1.4.1074-01 [2], СанПиН 2.1.4.2496-09 [3].

В данное время наиболее широкое развитие и применение получили следующие методы:

- 1) метод ионного обмена (катионирование);
- 2) магнитная обработка воды;
- 3) обратный осмос;
- 4) реагентные методы обработки воды.

Ионообменное обессоливание воды

Фильтры смешанного действия (ФСД) применяются для получения деминерализованной воды. ФСД фильтры обычно устанавливаются после установок обратного осмоса или двухступенчатого осмоса. Принцип действия основан на снижении содержания катионов и анионов в воде при прохождении через фильтрующую среду – ионообменную смолу для деминерализации. Данный вид фильтров широко применяется для получения особо чистой воды, на фармацевтическом производстве, в лабораториях, для парогенераторов и во многих других областях.

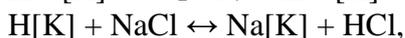
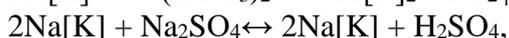
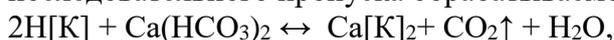
Реагентные ФСД (Н и ОН фильтры) – это последовательно установленные катионитовый фильтр и анионитовый фильтр. По технологии и комплектации фильтры анионитные и катионитные одинаковы, единственное отличие заключается в действии ионообменной смолы.

Ионообменный метод позволяет произвести поверхностную или глубокую очистку. В первом случае молекулы соли заменяются водородом и происходит смягчение воды. Во втором случае удаляются солевые отложения и все другие примеси. Весь процесс проводится в несколько этапов, на которых применяют разные реагенты. Сброс осадков от такой очистки запрещен. Необходимо смешение отходов очистки со стоковыми водами. Такая предосторожность необходима по экологическим показателям, потому что используется большое количество разных реагентов (рис. 1) [4].

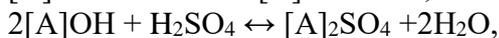
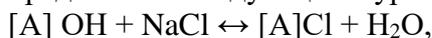


Рис.1.Схема умягчения (снижения солей кальция и магния) методом ионного обмена

Ионообменный метод обессоливания воды основан на способности ионитов обменивать ионы H^+ и OH^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- соответственно на катионы (Ca^{2+} , Mg^{2+} и Na^+) и анионы (SO_4^{2-} , Cl^- , SiO_3^{2-}) растворенных в воде солей и реализуется путем последовательного пропуска обрабатываемой воды через Н-катионитовые фильтры:



и OH , CO_3 или HCO_3 – анионитовые фильтры, в которых процесс обмена может быть представлен следующими уравнениями реакций:



Преимущества данного метода в его экономичности и полном очищении воды. Возможность быстрой очистки, даже если состав резко изменился. Однако недостатки в применении большого количества химических веществ и создании определенных условий для утилизации отходов [5].

Магнитная обработка воды

Использование магнитной обработки воды целесообразно в случае высокой кальциево-карбонатной жесткости.

В процессе прохождения воды сквозь магнитное поле в ней образуются центры кристаллизации, которые укрупняются и выпадают в неприкипающий шлам, удаляемый при продувке. Т.е. выделение осадка идет не на стенках поверхности нагрева, а в объеме воды.

Влияние на противонакипный эффект оказывают такие факторы, как качественный и количественный состав воды, скорость движения жидкости сквозь магнитные силовые линии, напряженность магнитного поля и время пребывания в нем воды.

Условиями для осуществления успешной магнитной обработки воды должно являться высокое содержание карбоната и сульфата кальция, а концентрация свободного оксида углерода IV должна быть меньше равновесной. Так же увеличивают противонакипный эффект содержащиеся в воде примеси оксидов железа и прочих.

Аппараты магнитной обработки воды работают как на основе постоянных магнитов, так и на основе электромагнитов. Недостатком аппаратов с постоянными магнитами является то, что время от времени их приходится чистить от ферромагнитных примесей. Электромагниты чистят от оксидов железа, отключив их от сети.

Метод магнитной обработки нашел применение на тепловых сетях горячего водоснабжения, на ТЭЦ, в теплообменных аппаратах.

Выбор данного метода при решении задачи умягчения воды должен главным образом основываться на его эффективности при очистке воды данного качества – использоваться как основной, последующей ступени или в качестве дополнительного [5].

Система обратного осмоса

Промышленный фильтр с обратным осмосом позволяет получать глубоко деминерализованную воду. Поток исходной воды под высоким давлением поступает на высокоселективную пористую мембрану или несколько мембран, на которой задерживается до 97 – 99 % всех известных загрязнителей. Основные примеси, удаляемые на промышленном осмосе, это: ионы тяжелых металлов, натрий, калий, сульфаты, хлориды, бор, фтор и множество других неорганических ионов. Мембрана имеет пористую структуру, через которую преимущественно проходят только молекулы воды (рис. 2).

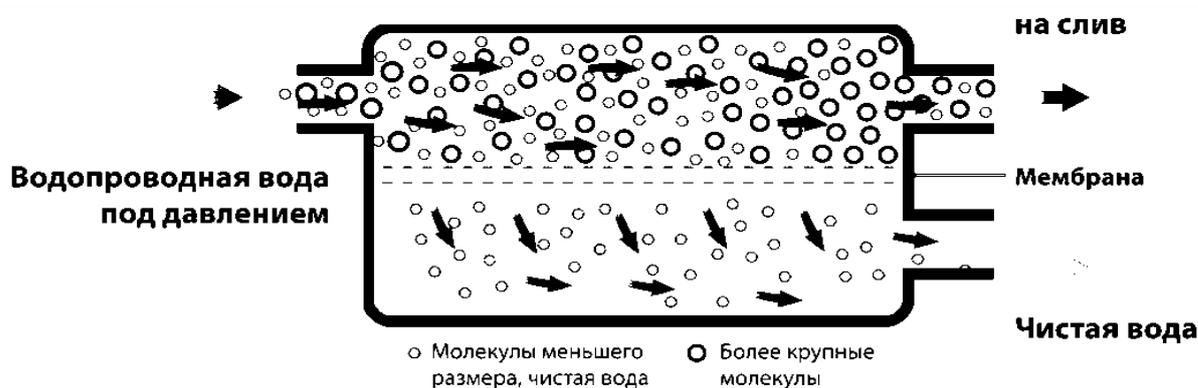


Рис. 2. Схема механизма обессоливания обратным осмосом

Соотношение целевого продукта – очищенной воды (пермеата) и воды, сбрасываемой в дренаж (концентрата), составляет ориентировочно 2:1. То есть, чтобы получить 1000 л/час очищенной воды, необходимо подавать на установку 1500 л/час. При этом в канализацию будет удаляться 500 л/час концентрата.

Преимущества:

1. Полная очистка воды от солей и других примесей.
2. Возможность использования как питьевой.
3. Отсутствие реагентов

Недостатки:

1. Дорогостоящее оборудование.
2. При сильной солености воды необходимо периодически менять фильтры.

Расходы на электроэнергию.

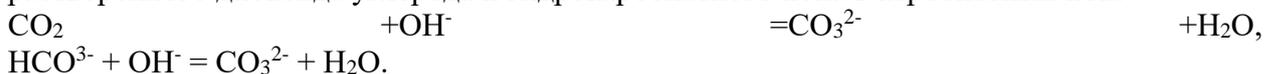
Реагентные методы обработки воды

Реагентные методы обработки воды служат в основном для неглубокого умягчения воды путем добавления реагентов и перевода солей жесткости в малорастворимые соединения с последующим их осаждением.

В качестве реагентов используется известь, сода, едкий натрий и пр. В настоящий момент мало где применяются [6].

Снижение накипи известкованием

Метод применим к воде с высокой карбонатной и малой некарбонатной жесткостью. При добавлении известкового молока рН воды повышается, что приводит к переходу растворенного диоксида углерода и гидрокарбонатного иона в карбонатный ион:



При насыщении воды карбонатными ионами кальций выпадает в осадок:
 $\text{Ca}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} = \text{CaCO}_3\downarrow$.

Также с увеличением pH в осадок выпадает и магний:
 $\text{Mg}^{2+} + \text{OH}^- = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow$.

В случае, если превышение карбонатной жесткости незначительно, то вместе с известью дозируют соду, чье присутствие снижает некарбонатную жесткость:
 $\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$,
 $\text{CaSO}_4 + \text{Na}_2\text{CO}_3 = \text{CaCO}_3\downarrow + \text{Na}_2\text{SO}_4$.

Для более полного осаждения катионов магния и кальция рекомендуется подогревать воду до температуры 30 – 40 градусов. С ее повышением растворимость CaCO_3 и $\text{Mg}(\text{OH})_2$ падает. Это дает возможность снижать жесткость воды 1 мг-экв/л и менее[6].

Лучшие реагенты для водоподготовки

Аниониты и катиониты

Отраслевые требования к материалам этой категории можно изучить по ГОСТ Р 52127-2003. Качество реагентов для водоподготовки и водоочистки в соответствии с этим документом контролируют по следующим позициям:

- -процентное содержание целых гранул;
- -размеры и объемная доля рабочих фракций;
- -осмотическая стабильность;
- -обменная емкость;
- -механическая прочность.

При перевозке и в режиме хранения следует поддерживать положительную температуру (не ниже +2°C). Гранулы в упаковочной таре размещают на расстоянии не менее 100 см от приборов отопления.

Такие наполнители применяют в установках ионного обмена для умягчения воды. При правильной эксплуатации для воспроизведения технологии в бытовых условиях срок службы материала составляет 8-12 лет.

После накопления гранулами предельного количества соединений кальция и магния выполняется промывка водой и регенерационным раствором соли натрия. Восстановительные химические реагенты выпускают в форме крупных таблеток. Такие материалы растворяются равномерно без образования корки на поверхности жидкости. Для автоматизации процесса применяют блок управления с датчиком протока и электромагнитными клапанами [6].

Аминат БП – водный раствор полигуанидинов. Предотвращает развитие биологических обрастаний. Проявляет высокую эффективность по отношению к широчайшему спектру микроорганизмов, актуальных для систем оборотного водоснабжения (в частности, таких компонентов биоценозов, как бактерии, водоросли, грибки, спорообразующие и прочие). Обладает пролонгированным действием, высокой химической стабильностью, отсутствием коррозионной активности по отношению к материалам трубопроводов и оборудования. Сохраняет высокую эффективность в широком диапазоне температур и значений pH. Рекомендуется для обработки накопительных емкостей, в том числе прудов-регуляторов, а также систем оборотного водоснабжения и кондиционирования. Особенно эффективно применение в открытых оборотных системах водяного охлаждения (градирни). В применяемых дозах не имеет привкуса, не токсичен для человека, животных и гидробионтов, экологически безопасен: попадая на дно водоёма, разлагается на простые, нетоксичные вещества под влиянием активного ила [7].

Гидроксид натрия – сода каустическая, едкий натр. Гигроскопичное, расплывающееся на воздухе кристаллическое вещество. Растворяется в воде с выделением большого количества теплоты, хорошо растворяется в этаноле, метаноле, практически не растворим в диэтиловом эфире, ацетоне, жидком аммиаке. Гидроксид натрия входит в состав различных ингибиторов коррозии, ингибиторов солеотложений и биоцидов

окислительного типа действия, составов для удаления органических и неорганических отложений, буровых растворов [7].

Коагулянт РАХ-18 – жидкий полиалюминий хлорид, применяющийся для очистки питьевой воды и сточных вод. В результате коагуляции маленькие, дисперсные частицы объединяются вместе в большие массы (хлопья), которые затем можно легко удалить с помощью осадочных фильтров. Материалы, применяемые с данным реагентом, должны состоять из пластмассы (полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида), армированного полиэфирного стекловолокна, титана, гуммированной стали. Дозирование осуществляется мембранными дозирующими насосами непосредственно из резервуара-хранилища [7].

Библиографический список:

1. Водоподготовка в системе ГВС. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aqua-therm.ru/articles/articles_18.html – 1.12.2020.
2. СанПиН 2.1.4.1074-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/901798042> – 1.12.2020.
3. СанПиН 2.1.4.2496-09 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902156582> – 1.12.2020.
4. Умягчение воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gkhprofi.ru/actual-subjects/vodosnabzhenie-i-ochistka-vody/reagenty-i-apparaty-dlya-goryachego-vodo/> – 1.12.2020.
5. Методы обессоливания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://vagner-ural.ru/o_kompanii/stati-po-vodoochistke/obessolivanie-vody/ – 1.12.2020.
6. Реагенты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ros-pipe.ru/tekh_info/tekhicheskie-stati/vodoprovodnye-sistemy-i-oborudovanie/otraslevye-resheniya/obessolivanie-i-opresnenie-vody/ – 1.12.2020.
7. Реагенты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://startplus.ru/oborudovanie/ximicheskie-reagenty> – 1.12.2020.

УДК 628.31
ГРНТИ 70.27.13

ОБЕССОЛИВАНИЕ ВОДЫ МЕТОДОМ ИОННОГО ОБМЕНА

А. Д. Иванова
СПбГУПТД ВШТЭ
198095, Россия, Санкт-Петербург, улица Ивана Черных, дом 4

***Аннотация.** В данной работе рассмотрена проблема обессоливания воды методом ионного обмена. Приведены технологические схемы водоподготовки. Описаны технологии противоточного и прямоточного ионного обмена, их достоинства и недостатки. Выбран оптимальный метод очистки.*

***Ключевые слова (словосочетания):** обессоливание, иониты, противоточный ионный обмен, прямоточный ионный обмен.*

При техническом и промышленном использовании воды требуется соблюдение определенных регламентов. Потребляемая жидкость должна быть чистой, без посторонних примесей, вкуса и запаха. Неочищенная вода имеет в своем составе много непригодных загрязнений и веществ. Поэтому необходимо обессоливание воды для снижения концентрации минеральных веществ до значений, установленных ГОСТ (ГОСТ Р 55682.12-2013/ЕН 12952-12:2003 Котлы водотрубные и котельно-вспомогательное оборудование.).

Цели обессоливания:

- 1) подготовка питательной воды паровых котлов в соответствии с РД 24.032.01-91;
- 2) подготовка питательной воды водогрейных котлов в соответствии с РД 24.031.120-91 (Методические указания. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля).

Ионный обмен – это один из методов удаления примесей, находящихся в ионной форме, основанный на процессе ионообменной адсорбции [1].

Сущность его состоит в следующем. Любая частица, находящаяся в воде, несет на себе заряд. Избыток ионов противоположного знака (противоионов) находится вблизи заряженной частицы и компенсирует ее заряд. Если в воду ввести электролит, то его ионы могут обмениваться местами с противоионами, окружающими частицу.

В зависимости от того, какие ионы способны обменивать иониты с внешней средой, последние можно разделить на следующие группы:

- 1) Катиониты-ионообменники, способные к обмену катионов.

Чаще всего в тепловой энергетике и других технологических сферах, где есть необходимость в технической воде, используют катиониты марки КУ-2-8 в водородной (H^+) форме и КУ-2-8 (Na^+) в натриевой форме. Катионит марки КУ-2-8чС используется в водоочистке питьевых, деионизованных и деминерализованных вод. [2]

- 2) Аниониты – ионообменники, способные к обмену анионов.

В отечественной практике наибольшее распространение получили марки анионитов: АВ-17-8 и АВ-17-8чС. Первый применяется для водоподготовки технических растворов. Второй – водоочистки питьевых вод, электротехнических и в атомной сфере.

- 3) Амфолиты – ионообменники, способные к обмену как анионов, так и катионов.

Структура ионитов показана на рисунке 1.

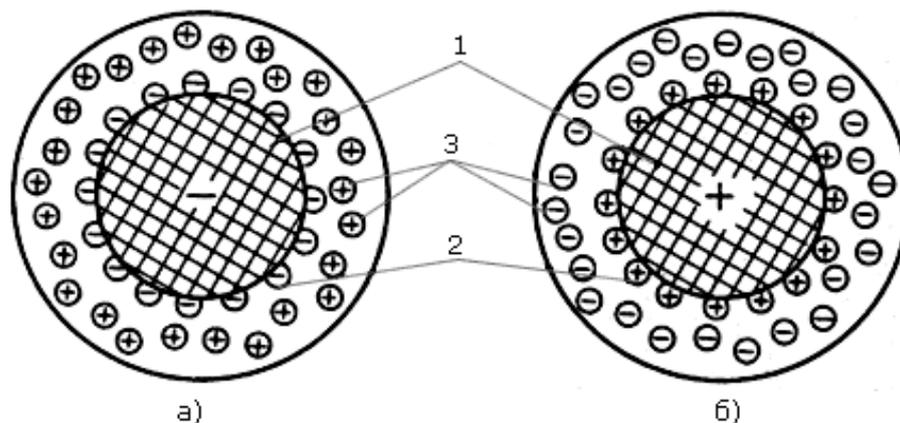


Рис. 1. Структура ионитов (а-катионит, б-анионит):

1 – матрица, 2 – потенциалообразующие фиксированные ионы, 3 – ионы диффузного слоя

Принцип образования ионитов:

Фиксированный на матрице ион (часть функциональной группы) определяет возникновение заряда и носит название потенциалообразующего. Заряд каркаса компенсируется зарядом ионов противоположного знака,

называемых противоионами (рис. 1). Противоионы образуют диффузный слой, они подвижны вокруг матрицы и могут быть заменены другими ионами с зарядом того же знака.

Ионный обмен – наиболее используемый и эффективный метод водоочистки на котельных.

Фильтрация ионообменным методом очистки воды основано на направленном изменении ионного состава водного раствора путем пропускания его через мелкозернистые ионообменные материалы – иониты, которыми предварительно заполняют специальные резервуары – ионные фильтры.

Различают прямоточный и противоточный ионный обмен.

При прямоточной регенерации по мере продвижения регенерационного раствора по высоте слоя истощенного ионита концентрация регенерирующего иона в растворе снижается, а вытесняемого — увеличивается, что приводит к необходимости существенного увеличения избытка регенерирующего вещества. Несмотря на это, в связи с технико-экономическими и экологическими показателями избыток регенерирующего агента ограничивается, что приводит к неполному восстановлению обменной емкости ионитов и соответствующему неблагоприятному распределению ионов в слое отрегеперированных ионитов [3].

При противоточной регенерации процесс протекает иначе. В этом случае концентрированный регенерационный раствор вначале встречается со слоями смолы, незначительно насыщенными минимально сорбируемым ионом, поэтому вытеснение последних проходит в благоприятных условиях. Более того, вытесняемые из нижних слоев ионы не могут сорбироваться в верхних насыщенных слоях. Таким образом, противоточная регенерация проходит в более обратимых условиях, что делает ее более эффективной.

Противоточной регенерации присущи два важных преимущества перед прямоточной:

Во-первых, повышение эффективности и соответственно снижение расхода реагентов при достижении максимума рабочей обменной емкости смолы.

Во-вторых, улучшение качества обработанной воды за счет того, что нижние слои ионита в противоточном фильтре регенерируются свежим раствором при большом избытке реагентов, позволяющим сократить число ступеней очистки. Поэтому лучше использовать противоточную регенерацию.

Кроме того, перевод прямоточных ионообменных фильтров в противоточный режим эксплуатации позволит:

- увеличить производительность фильтров на существующем оборудовании;
- уменьшить ежегодную досыпку материала за счет улучшенной технологии;
- уменьшить количество соли, кислоты, щелочи на регенерацию (8 – 10 %);
- уменьшить сбросы хлоридов, кислоты, щелочи;
- уменьшить потребление воды на собственные нужды фильтров (до 50 %).

Рассмотрим несколько схем водоподготовки методом ионного обмена, представленных в патентах.

На рисунке 2 изображена схема глубокого обессоливания воды с противоточными Н-ОН-ионитными фильтрами, в составе предочистки которой, кроме осветлителя и механического фильтра, предусмотрен Н-Na-катионитный фильтр и Cl-анионитный фильтр. Система относится к области осуществления ионообменных процессов в режиме противотока на Н-ОН-ионитных фильтрах и может быть использована для получения глубоко обессоленной воды в энергетической, электронной, химико-технологической, металлургической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности [4].

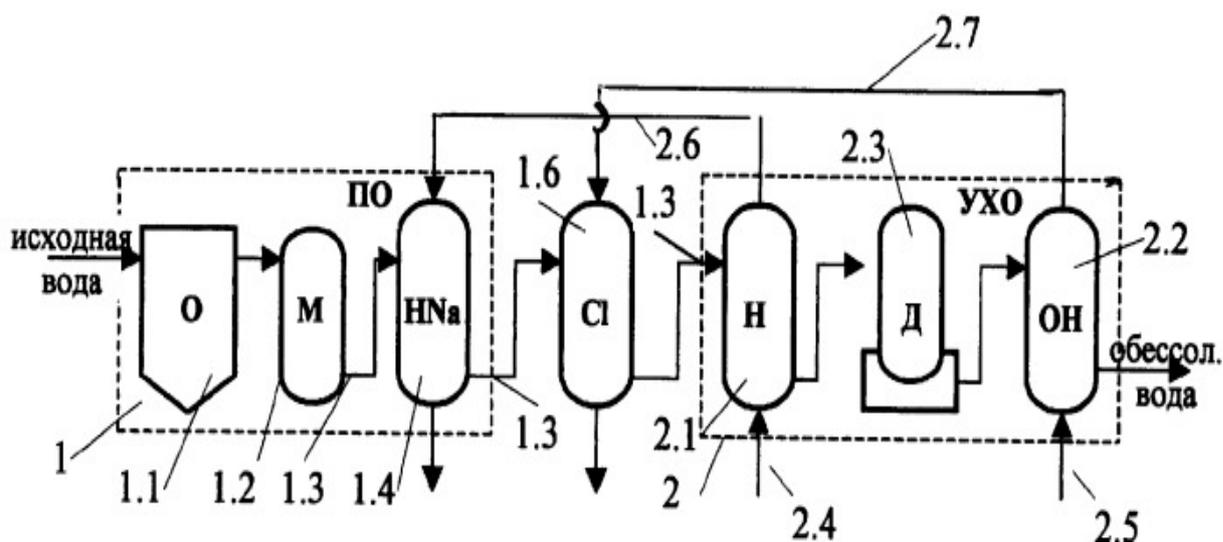


Рис 2. Схема водоподготовки методом противоточного обмена с Н-ОН ионитным фильтром, в состав предочистки которого входит Н Na-катионитный фильтр и Cl-анионитный фильтр:

1.1 – осветлитель; 1.2 – механический фильтр; 1.3 – линия осветленной воды; 1.4 – Н-Na-катионитный фильтр; 1.6 – Cl-анионитный фильтр; 2.1 – Н-катионитный фильтр; 2.2 – ОН-анионитный фильтр; 2.3 – декарбонизатор; 2.4 – линия подвода свежего регенерационного раствора кислоты; 2.5 – линия подвода свежего регенерационного раствора щелочи; 2.6- 2.7 – линии отвода регенерационных растворов

Схема на рисунке 2 работают следующим образом. Исходная вода предварительно подается в ПО 1, где последовательно проходит осветлитель О1.1, механический фильтр (М) 1.2, Н-Na-катионитный фильтр 1.4 и Cl-анионитный фильтр 1.6. Глубоко очищенная от взвешенных веществ, умягченная вода и дополнительно очищенная от органических веществ подается на ХОУ 2, работающую на Н-ОН-фильтрах 2.1, 2.2, между которыми она проходит декарбонизацию в декарбонизаторе Д 2.3. Для регенерации в Н-катионитный фильтр 2.1 по линии 2.4 подается серная кислота, а в ОН-анионитный фильтр 2.2 по линии 2.7 – едкий натр. Отработанный раствор от Н-катионитного фильтра 2.1 подается по линии 2.6 на регенерацию Н-Na-катионитного фильтра 1.4. Отработанный раствор из ОН-ионитного фильтра 2.2 подается по линии 2.7 на регенерацию Cl-анионитного фильтра 1.6.

На рисунке 3 изображена схема с прямоточным ионным обменом. Система относится к области тепловой и промышленной энергетики и может быть использована для обеспечения потребителей химически очищенной и химически обессоленной водой [5].

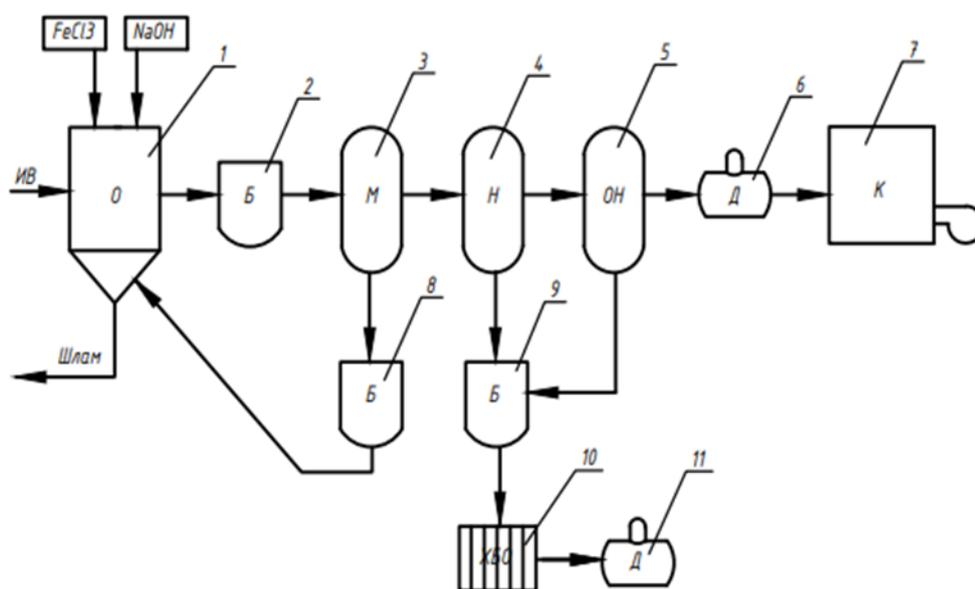


Рис 3. Схема водоподготовки с прямоточным ионным обменом.

- 1– осветлитель; 2 – бак коагулирования воды; 3 – механический фильтр;
 4 – Н-катионитный фильтр; 5 – ОН-анионитный фильтр; 6 – первый деаэратор;
 7– паровой котел высокого давления; 8 – бак промывочных растворов;
 9 – бак нейтрализации; 10 – установка подготовки химически очищенной воды;
 11– второй деаэратор

Схема на рисунке 3 работает следующим образом: исходная вода подается в осветлитель 1, в котором осуществляют процесс коагуляции и умягчения за счет дозирования реагентов, подаваемых из бака раствора $FeCl_3$ и бака раствора $NaOH$, и последующее осветление идет в механическом фильтре 3, который установлен после бака 2 коагулированной воды. Затем осветленная вода поступает в Н–катионитный фильтр 4 и ОН-анионитный фильтр 5. Затем глубоко обессоленная вода поступает в деаэратор 6 с дальнейшей подачей в котел высокого давления 7. Регенерационные воды с фильтров 6 и 7 поступают в бак нейтрализации. Затем вода подается в установку подготовки химически очищенной воды.

Сравнение схем водоподготовки представлено в таблице.

Выводы.

Наиболее оптимальной является схема водоподготовки методом противоточного обмена с Н-ОН ионитным фильтром, в состав предочистки которого входит Н-На-катионитный фильтр и Cl-анионитный фильтр, так как она может быть использована при повышенном содержании железа, алюминия и наличии жесткости, органических соединений и сульфатов в осветленной воде, имеет высокую эффективность и небольшой расход реагентов.

Сравнение схем с прямоточным и противоточным ионным обменом

Название	Достоинства	Недостатки
Схема водоподготовки методом противоточного обмена с Н-ОН ионитным фильтром, в состав предочистки которого входит Н Na катионитный фильтр и Сl-анионитный фильтр	<ul style="list-style-type: none"> - используется при повышенном содержании железа, алюминия и наличии жесткости, органических соединений и сульфатов в осветленной воде; - предотвращение загрязнения противоточных Н-катионитного и ОН-анионитного фильтров; -сокращение числа или исключение химических очисток ионообменных смол; -небольшой расход реагентов; - высокая эффективность, так как процесс проходит в обратимых условиях; -небольшой расход воды на собственные нужды 	<ul style="list-style-type: none"> - сложность регенерации при получении верхнего слоя Н-катионита и нижнего – Na-катионита; - конструкция сложнее, чем в прямоточном фильтре
Схема водоподготовки с прямоточным ионным обменом	<ul style="list-style-type: none"> - повышение чистоты путем снижения соледержания химически очищенной воды; - конструкция проще, чем в противоточном фильтре 	<ul style="list-style-type: none"> - высокий расход реагентов; - неполное восстановление обменной емкости ионита; - меньше эффективность и качество оборотной воды, чем при противоточной регенерации

Библиографический список:

1. Котов Ю.А. Иониты и Ионный обмен. –М:Ленинград «Химия»/Ленинградское отделение, 1980. – 276 с.
2. Фрог Б.Н., Первов А.Г. Водоподготовка. Учебник для вузов:-М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2014. – 512 с.
3. Ионообменные технологии подготовки воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа:
https://ozlib.com/877379/tehnika/protivotochnye_ionoobmennye_tehnologii_obrabotki_vody. - 23.11.2020.
4. Патент № 2322401 РФ. Система глубокого обессоливания/ Малахов И. А., Малахов Г. И. № 2016204460 : опубл. 07.07.2016. Текст: непосредственный.
5. Патент № 2 551 499 РФ. Водоподготовительная установка/ Чичиров А. А, Чичирова Н.Д № 2014227279: опубл. 27.05.2015. Текст: непосредственный.

МАТЕРИАЛЫ
Студенческой научно-практической конференции
«ФЕСТИВАЛЬ НАУКИ – 2020»

2021

Редактор и корректор М. Б. Баранова
Технический редактор Д. А. Романова

Научное электронное издание сетевого распространения

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

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

Дата подписания к использованию 23.11.2021 г. Рег.№ 72/21

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