

МОЙ ВКЛАД В НАУКУ – 2022

МАТЕРИАЛЫ студенческой научно-практической конференции



**Санкт-Петербург
2023**

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

«МОЙ ВКЛАД В НАУКУ – 2022»

Научное издание
2022

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

Санкт-Петербург
2023

УДК 378.1
ББК 74.58
М 341

Редакционная коллегия:

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

кандидат технических наук *О. А. Шанова* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна);

кандидат химических наук *Ю. Л. Морева* (Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна)

М 341 Материалы студенческой научно-практической конференции «Мой вклад в науку – 2022» / Минобрнауки РФ; ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»; под общ. ред. Ю. Л. Моревой. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. — 127 с.

ISBN 978-5-91646-356-9

Сборник включает материалы студенческой научно-практической конференции «Мой вклад в науку – 2022», состоявшейся 1 декабря 2022 г. в Высшей школе технологии и энергетики СПбГУПТД.

УДК 378.1
ББК 74.58

ISBN 978-5-91646-356-9

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

К. А. Автамонова
ИЭИА ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В статье рассматривается понятие нейронных сетей, принцип их обучения, а также их область применения на производстве.*

***Ключевые слова:** нейронные сети, модель, управление, алгоритм, прогнозирование, оптимизация.*

Нейросетевые технологии представляют собой самообучающиеся системы, моделирующие деятельность человеческого мозга. Это математические модели, и их программные системы создаются по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [1].

На сегодняшний день нейронные сети (НС) признаны во всем мире как наиболее эффективная и подходящая технология искусственного интеллекта для распознавания образов. Превосходные результаты в области распознавания образов могут быть непосредственно применены для коммерческих целей прогнозирования, классификации и анализа данных. Такой новый подход дает дополнительное преимущество для решения реальных проблем в бизнесе и инженерии. Тем не менее, чтобы принести оптимальные результаты, нейронные сети требуют правильной предварительной обработки данных, выбора архитектуры и обучения сети. Раньше большинство сбоев в использовании нейронных сетей объяснялось тем, что пользователи не обладали достаточными навыками в соответствующей подготовке данных и проектировании нейронных сетей. Именно эти два вопроса мешали многим предприятиям использовать огромный потенциал этой перспективной технологии. Благодаря автоматической предварительной обработке данных и алгоритмам выбора архитектуры нейронные сети стали достаточно легки в использовании без какого-либо дорогостоящего обучения.

Достоинствами метода нейросетевого управления считаются:

- отсутствие ограничения на линейность системы;
- после завершения обучения управление выполняется в реальном времени;
- результативность в условиях шумов;
- нейросетевые системы управления считаются более адаптивными к реально существующим условиям.

Однако во время использования нейронных сетей появляются трудности, которые связаны с ненадежностью, так как искусственные нейронные сети могут быть неточны даже в нормальных условиях. Поэтому для критических задач использование нейронных сетей должно быть реплицировано другими системами, а будущее интеллектуального контроля заключается в сочетании традиционного управления с искусственной системой, основанной на нейронных сетях [2].

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. Одной из характерных особенностей в процессе обучения является такое свойство нейронной сети, как выявление сложных зависимостей между входными и выходными данными.

Обучение нейронной сети – это процесс, в ходе которого параметры нейронной сети настраиваются посредством моделирования среды, в которую эта сеть встроена (рис.). Тип обучения определяется способом подстройки параметров. Выделяют алгоритмы обучения с учителем и без учителя. Процесс обучения с учителем представляет собой предъявление сети выборки обучающих примеров. Каждый образец подается на входы сети, затем проходит обработку внутри структуры НС, вычисляется выходной сигнал сети, который сравнивается с

соответствующим значением целевого вектора, представляющего собой требуемый выход сети [3]. Затем по определенному правилу вычисляется ошибка и происходит изменение весовых коэффициентов связей внутри сети в зависимости от выбранного алгоритма.

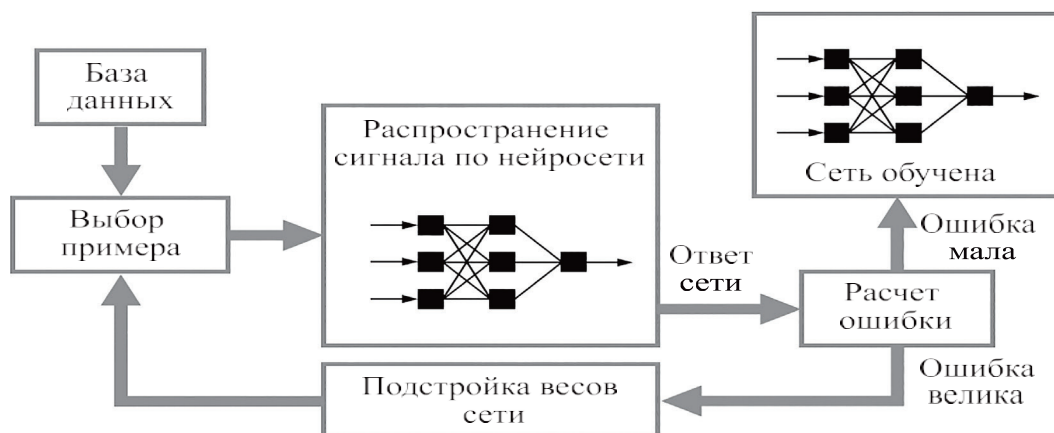


Рис. Процесс обучения нейронной сети [3]

Моделирование производственных процессов во многих случаях является основой для построения сложных систем, применяемых на различных этапах производства [4].

Важным с точки зрения анализа является пример постановки задач моделирования процессов обработки материалов, в частности, процессов резания. Они характеризуются высокой сложностью, достаточно большим количеством постоянных и переменных величин. Их аналитические модели можно построить только при значительном упрощении. Как следствие, такие модели носят в основном оценочный характер. Таким образом, нейронная сеть в этом случае обучается на основе данных численного или реального эксперимента. В дальнейшем выявленная нейросетевая модель будет использоваться, например, для выбора оптимальных параметров управления процессами в реальном времени, инструмента для обработки материала в зависимости от некоторых начальных условий, а также других целей [5].

Прогнозирование производственных процессов на основе нейронных сетей позволяет построить модели, максимально адекватные реальности, с помощью которых даже без глубокого понимания всех нюансов взаимодействия переменных и постоянных величин, характеризующих процесс, а также влияния различных факторов, часто носящих произвольный характер, можно достаточно эффективно спрогнозировать поведение отдельных параметров и процесса в целом.

Искусственные нейронные сети (ИНС) будут полезными при построении систем управления производственными процессами, планировании операционного цикла, систем диагностики и контроля качества продукции.

Также одним из перспективных направлений применения ИНС является промышленное производство. В этой области ощутима тенденция перехода к производственным модулям с высоким уровнем автоматизации, что требует увеличения количества интеллектуальных саморегулирующихся и самонастраивающихся машин. Однако производственным процессам свойственно большое разнообразие динамически взаимодействующих параметров, что усложняет создание адекватных аналитических моделей. Современное производство постоянно усложняется. Это замедляет внедрение новых технологических решений. Кроме того, в ряде случаев удачные аналитические математические модели показывают несостоятельность из-за недостатка вычислительных мощностей. В связи с этим возрастает интерес к альтернативным подходам моделирования производственных процессов с использованием ИНС, предоставляющим возможности создавать модели, работающие в реальном времени с малыми погрешностями, способные дообучаться в процессе

использования. Преимущества нейросетей делают их использование привлекательным для решения задач, таких как:

- прогнозирование;
- планирование;
- проектирование АСУ;
- управление качеством;
- управление манипуляторами и робототехникой;
- обеспечение безопасности производства: обнаружение неисправностей и предупреждение аварийных ситуаций;
- управление процессами: оптимизация режимов производственных процессов; мониторинг и визуализация диспетчерской информации.

Сегодня прогнозирование на основе ИНС наиболее полно реализовано в сфере финансов и в экономике. В промышленном производстве нейросети могут быть полезными, например, при создании модели управления рисками предприятия, планировании производственного цикла. Моделирование и оптимизация производства характеризуется высокой сложностью, большим количеством переменных и констант, определенных не для всех возможных систем. Традиционные аналитические модели часто можно построить только при значительном упрощении, и они носят в основном оценочный характер. В то время как ИНС обучается на основе данных реального или численного эксперимента.

Классические методы построения АСУ технологическими процессами строятся на формализованных знаниях человека об объекте управления. Вариант построения АСУ на основе нейросети реализует свойственные человеку когнитивные приемы. В качестве примеров успешного применения ИНС в данной сфере можно назвать управление сложными процессами и объектами в условиях информационной неопределенности, процессами механообработки, робототехническими системами и др. [6].

В первую очередь системы машинного обучения помогают экономить энергию. В совокупности с умными датчиками (IoT) искусственный интеллект контролирует микроклимат на предприятии и отключает неиспользуемые приборы и механизмы. Нет человека – нет света, можно снизить температуру, отключить вентиляцию. Оптимизация производственных процессов позволяет экономнее использовать сырье.

Большой опыт накоплен в области использования ИНС при управлении качеством в промышленности. Обеспечение качества – это поддержание желаемого уровня качества услуги или продукта. Сборочные линии являются управляемыми данными, взаимосвязанными и автономными сетями. Эти сборочные линии работают на основе набора параметров и алгоритмов, которые обеспечивают рекомендации по производству наилучших возможных конечных продуктов. Системы искусственного интеллекта могут обнаруживать отличия от обычных выходных данных с помощью технологии машинного зрения и цифрового двойника, поскольку большинство дефектов видны в обычном или специальном (инфракрасный, ультразвук, звук) диапазонах. Когда конечный продукт оказывается более низкого качества, чем ожидалось, системы искусственного интеллекта запускают оповещение для пользователей, чтобы они могли отреагировать и внести коррективы. Например, нейронная сеть, примененная на предприятиях Intel, для идентификации брака при производстве микросхем способна забраковать неисправный чип с точностью 99,5 % [6].

В области обнаружения неисправностей использование ИНС позволяет в режиме реального времени следить за состоянием оборудования, выявлять отклонения и предупреждать наступление аварийных ситуаций.

На промышленном производстве ИНС применяются еще и в сфере прогнозирования стоимости материалов и ресурсов. Крайняя волатильность цен на сырье всегда была проблемой для производителей. Предприятиям приходится приспосабливаться к нестабильным ценам на сырье, чтобы оставаться конкурентоспособными на рынке. Программное обеспечение на базе искусственного интеллекта может предсказывать цены на материалы более точно.

Большие перспективы открывает использование нейросетей в области мониторинга загрязнения окружающей среды, что также понижает риск техногенных аварий. С каждым годом со стороны правительства можно наблюдать усиление контроля за влиянием предприятия на окружающую среду. Одна ошибка может привести к прекращению деятельности предприятия. Искусственный интеллект позволяет контролировать влияние предприятия несколькими параллельными способами, предотвращая ошибки расчетов или недостатки систем мониторинга. Само предприятие может иметь достоверную информацию о своем экологическом воздействии. Интересным аспектом является способность нейронных сетей прогнозировать выбросы предприятия в результате изменения тех или иных параметров производства, что позволяет заранее рассчитать необходимые меры для предотвращения санкций [7].

Библиографический список

1. Кузнецова Т. И., Булаев А. В. Нейросетевое моделирование производственных процессов в машиностроительной отрасли // Гуманитарный вестник. – 2018. – Вып. 11. DOI: 10.18698/2306-8477-2018-11-566.
2. Лисовский А. Л. Применение нейросетевых технологий для разработки систем управления // Стратегические решения и риск-менеджмент. – 2020. – № 11(4). – С. 378-389.
3. Кузнецова Т. И., Лобачева Е. Н., Цельсов Н. Ю. Искусственные нейронные сети Т. Кохонена на службе коммерческого банка // Гуманитарный вестник. – 2016. – Вып. 2. DOI: 10.18698/2306-8477-2016-2-340.
4. Кузнецова Т. И. Нейронные технологии в банковской сфере // РИСК: Ресурсы. Информация, Снабжение. Конкуренция. – 2015. – № 2. – С. 177-180.
5. Кузнецова Т. И., Белоусова О. Н. Использование матричных моделей на машиностроительном предприятии в условиях кризиса // Гуманитарный вестник. – 2013. – Вып. 8. DOI: 10.18698/2306-8477-2013-8-100.
6. Нейронные сети в промышленности и информационных технологиях [Электронный ресурс]. – URL: <https://izron.ru/articles/razvitie-tekhnicheskikh-nauk-v-sovremennom-mire-sbornik-nauchnykh-trudov-po-itogam-mezhdunarodnoy-na-sektsiya-2-informatika-vychislitelnaya-tekhnika-i-upravlenie-spetsialnost-05-13-00/neyronnye-seti-v-promyshlennosti-i-informatsionnykh-tekhnologiyakh/> (дата обращения: 03.12.2022).
7. Нейронные сети в промышленном производстве [Электронный ресурс] – URL: <https://upperator.ru/industry> (дата обращения: 04.12.2022).

УДК 67.08

ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННОЕ СЖИГАНИЕ ТВЕРДЫХ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ И ОТХОДОВ СОРТИРОВКИ МАКУЛАТУРЫ, СОДЕРЖАЩИХ СИНТЕТИЧЕСКИЕ ПОЛИМЕРЫ, В КОТЛОАГРЕГАТЕ БКЗ-85-13

А. Е. Алимова, В. А. Рыжиков
ИЭИА ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. Рассматривается возможность совместного сжигания отходов макулатурных предприятий ЦБП, содержащих синтетические полимеры, с древесными отходами деревообрабатывающих предприятий, сформированных в топливный брикет с дальнейшим измельчением в пыль с помощью системы пылеприготовления, в котлоагрегате БКЗ-85-13 с низкотемпературной вихревой топкой В.В. Померанцева. Такие топливные брикеты пригодны для совместного сжигания с угольной пылью в вихревых топках как топливо с повышенной теплотворной способностью и сниженным углеродным следом.

Ключевые слова: экология, энергетика, переработка отходов деревообработки, отходы ЦБП, утилизация, охрана окружающей среды.

В России и мире активно идет обсуждение перехода к углеродной нейтральности, что означает сокращение до нуля выбросов углекислого газа в процессе производственной деятельности или их компенсацию за счет углеродно-отрицательных проектов. Процесс минимизации техногенного влияния на окружающую среду и переход на чистые технологии стал уже не трендом, а неизбежной реальностью. В России в июле 2020 года был подписан Указ Президента о национальных целях развития России на период до 2030 года. Новый документ существенно усиливает значимость экологической повестки. В соответствии с ним в ближайшие десятилетия страна будет двигаться по «зеленому» направлению. В числе главных целей станет создание устойчивой системы обращения с твердыми коммунальными отходами, снижение вдвое вредных выбросов в воздух, оказывающих наибольшее негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Помимо этого, должны быть ликвидированы наиболее опасные объекты накопленного вреда природе и проведено экологическое оздоровление водных объектов [1].

В 2021 году правительство России утвердило Стратегию социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г. Приняв долгосрочную стратегию декарбонизации, Россия заняла подобающее ей место в процессе достижения целей глобального характера по защите климата – озвучена цель по достижению углеродной нейтральности Россией к 2060 г. Ряд европейских стран ставят подобную задачу к 2050 г., а Китай – с определенными оговорками – к 2060 г.; таким образом Россия после данного решения вошла в клуб стран, которые окажут существенное влияние на климатические процессы в ближайшие десятилетия. Для реализации такой цели далеко не на последнем месте стоит переработка отходов производств с получением чистой энергии и минимизацией вредных выбросов, в том числе и двуокиси углерода [2].

В связи с проблемой перехода к низкоуглеродной циркулярной биоэкономике на сегодняшний день актуальна задача переработки отходов картонно-бумажной макулатуры, содержащей целлюлозу и синтетические полимеры. В настоящее время при производстве макулатурного картона не всегда есть возможность утилизировать эти отходы (побочные продукты переработки), и их чаще всего захоранивают на полигонах, что не только увеличивает площади свалок (полигонов), но и приводит при их гниении к дополнительным выбросам диоксида углерода без получения полезной энергии. Таким образом, эти, достаточно крупнотоннажные отходы целлюлозно-бумажной промышленности, ни в России, ни в мире пока что не нашли своего места в процессе переработки с целью получения полезной энергии или топлива [3-5].

4 октября 2022 г. ФАО ООН опубликовала «Глобальный прогноз развития лесного сектора до 2050 года», важнейшим разделом которого является раздел «Древесина для производства энергии». В нем указывается, что в 2020 году 2,3 миллиарда человек по-прежнему полагались на древесное топливо в качестве основного источника энергии для приготовления пищи и отопления. Учитывая, что в ноябре 2022 года население Земли превысило 8 миллиардов человек, четверть населения Земли зависят от древесного топлива [4-6].

В прогнозе указывается, что древесное топливо останется основным источником энергии для многих домохозяйств в странах с развивающейся экономикой до 2050 года, но многие сценарии предполагают, что темпы роста потребления замедлятся. Мировое потребление топливной древесины из лесов в 2050 году может составить от 2,1 до 2,7 миллиарда кубометров по сравнению с 1,9 миллиарда кубометров в 2020 году, увеличившись на 11–42 %.

Четверть века назад в мире и в России стало производиться биотопливо второго поколения – древесные пеллеты и брикеты; за эти годы их производство достигло 50 млн тонн [3-6]. Благодаря своим специфическим свойствам и эффективным системам сжигания они нашли широкое применение и в быту – для отопления индивидуальных домов, и на

электростанциях, для совместного сжигания с каменным углем. Мировая добыча каменного угля составляет около 7,5 млрд тонн в год; содержание общей серы в углях колеблется в основном от 0,2 до 10 %. При этом совместное сжигание каменного угля с древесными пеллетами рассматривается как один из важнейших путей уменьшения карбонового следа угольных электростанций.

В 2020 году Россия экспортировала 2,32 млн тонн древесных пеллет – 6 % от мирового объема производства пеллет. (ФАО 2019 – Древесные пеллеты и прочие агломераты – 46 миллионов тонн). В первом полугодии 2021 года производство топливных пеллет увеличилось на 19 %, цены на гранулы прибавили 17 %. Мировым центром производства и потребления топливных древесных гранул является регион ЕЭК, на долю которого приходится 80 % мирового производства пеллет; а доля стран ЕЭК в ее мировом экспорте составляет 90 %.

В 2019 году в регионе ЕЭК было произведено 36,7 млн т топливных древесных гранул (+8,8 %), при этом показатель их потребления является самым высоким в Европейском субрегионе, в то время как Северная Америка подтвердила свою лидирующую позицию в качестве крупнейшего мирового экспортёра этой продукции [3-6].

Нами предлагается технология утилизации смешанных отходов, содержащих целлюлозу и синтетические полимеры с твердыми древесными отходами в качестве компонентов топливных брикетов, в дальнейшем размолотых в пыль с помощью системы пылеприготовления, в комбинации с угольной пылью, с последующим сжиганием в низкотемпературной вихревой топке В. В. Померанцева (НТВ-топке) [7].

В лабораторных условиях Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, при стандартной технологии прессования, были проведены эксперименты по определению низшей теплоты сгорания комбинированного топливного брикета, в соотношении 50/50, без добавления угольной пыли, в калориметрической бомбе на двух разных поверенных калориметрах. С учетом погрешностей средний результат составил 14,2 МДж/кг при относительной влажности топлива в 6 %. Также была определена зольность топлива с помощью муфельной печи и составила 2,9 % рабочей массы топлива. Химический состав комбинированного топливного брикета, состоящего из твердых древесных отходов и отходов тонкой сортировки макулатуры, представлен в таблице.

В дальнейшем, с добавлением угольной пыли, химический состав изменится в каждом пункте, начиная от повышения теплотворной способности топлива, заканчивая добавлением в состав серы и повышения зольности топлива.

Таблица – Химический состав комбинированного топливного брикета

Топливо	Низшая теплота сгорания Q_i^* , МДж/кг	Влажность, %	Зольность, %	Углерод, %	Водород, %	Азот, %	Кислород, %
Топливный брикет	14,2	6	2,9	47	4,5	0,6	39

Для определения целесообразности внедрения данного топлива в промышленных масштабах необходимо провести ряд расчетов энергетической установки, в которой планируется сжечь топливо с дальнейшим полезным использованием выделившейся тепловой энергии. В нашем случае – это котлоагрегат с низкотемпературной вихревой топкой В.В. Померанцева [7]. В качестве примера был взят котел БКЗ-85-13 (рис. 1) с паропроизводительностью 85 т/ч и давлением перегретого пара 13 кгс/см². В данной энергетической установке необходимо рассчитать: материальный баланс процесса горения топлива, тепловой баланс котлоагрегата, тепловой поверочный расчет топочной камеры и остальных тепловоспринимающих поверхностей нагрева, аэродинамический расчет котлоагрегата, расчет вредных выбросов оксидов азота и в завершение – расчет

экономического эффекта от перехода с полностью угольного топлива на топливо, предложенное в данной работе [8].

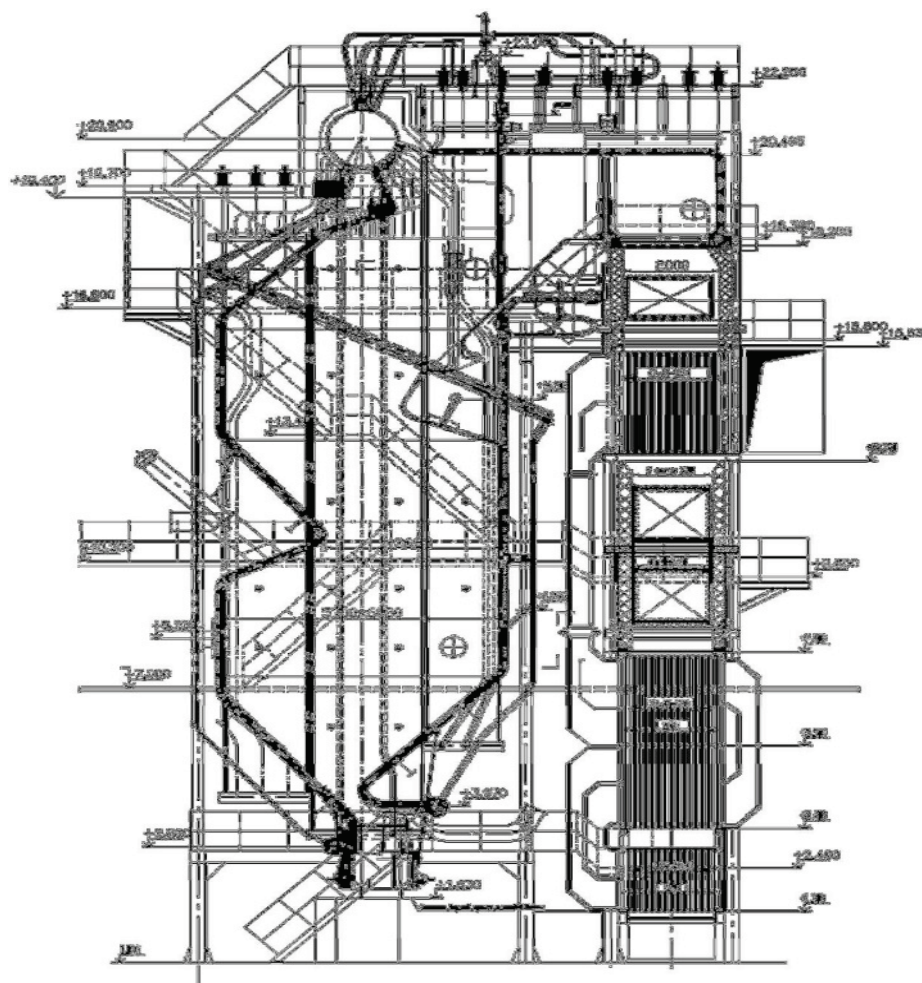


Рис. 1. Котел БК3-85-13

В основу технологии низкотемпературного вихревого сжигания заложен принцип организации низкотемпературного сжигания твердого топлива в условиях многократной циркуляции частиц в камерной топке. В НТВ-топке организованы две зоны горения, которые разнесены по ее высоте: вихревая и прямоточная. Вихревая зона занимает объем нижней части топки – от устья топочной воронки до горелок. Прямоточная зона горения располагается над вихревой зоной в верхней части топки (рис. 2).

Аэродинамика вихревой зоны создается за счет взаимодействия двух организованных потоков: первый поток сформирован из топливно-воздушной смеси, поступающей в топку через горелки; второй поток состоит из горячего воздуха, подаваемого в топку через систему нижнего дутья. Потоки направлены навстречу друг другу и образуют пару сил, создающую вихревое движение в нижней части топки [7].

В отличие от традиционной технологии пылеугольного сжигания, где основная часть топлива (до 92–96 %) сгорает в так называемой «зоне активного горения», расположенной в районе горелок и занимающей относительно небольшой объем камерной топки, в вихревой топке с НТВ-технологией сжигания в «зону активного горения» вовлечен значительно больший объем топочного пространства. Это дает возможность снизить максимальную температуру в вихревой топке (примерно на 100–300 °С) и за счет активной аэродинамики выровнять уровень температуры в объеме вихревой зоны (рис. 3). Применение вихревой топки позволяет нивелировать различия в скорости витания частиц каменного угля, древесины, целлюлозных и древесных отходов.

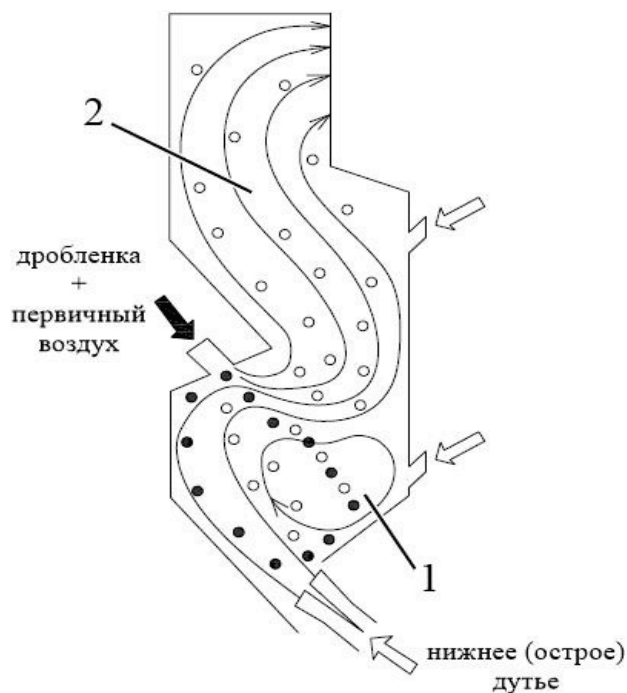


Рис. 2. Топочная камера НТВ-топки

В совокупности пониженный уровень температуры, ступенчатый ввод окислителя, многократная циркуляция горящих топливных частиц и угрубление гранулометрического состава золы обеспечивают улучшенные показатели вихревых топок по вредным выбросам оксидов азота, а также повышают эффективность работы золоулавливающего оборудования котельной установки.

Благодаря предложенной технологии утилизации твердых древесных отходов и отходов картонно-бумажной макулатуры, содержащих синтетические полимеры, с помощью низкотемпературной вихревой топки и добавления их к угольной пыли можно достигнуть положительных эффектов по улучшению экологической составляющей окружающей среды и по полезному использованию тепла, полученного из отходов производства, а также, получить сопутствующий экономический эффект от этой технологической цепочки.

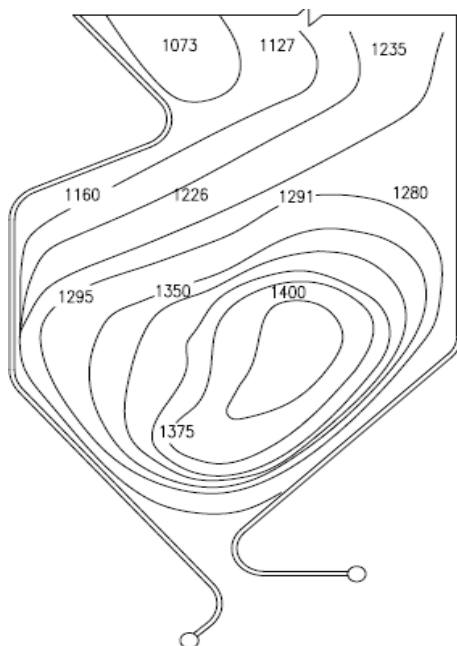


Рис. 3. Распределение температур в НТВ-топке

Библиографический список

1. Указ Президента РФ от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».
2. Распоряжение правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р.
3. Hansen E., Panwar R., Vlosky R. The Global Forest Sector: Changes, Practices and Prospects // NY: CRC Press, Taylor & Francis Group. 2017. P. 462.
4. Forest Products Annual Market Review 2021-2022, UNECE, 70 p.; Forest Products Annual Market Review 2019-2020 - Forestry and Timber – UNECE, 82p. ISBN 978-92-1-117257-7.
5. Ежегодный обзор рынка лесных товаров, 2018–2019 годы: Женева: ЕЭК ООН, 2020- 173с. ISBN 978-92-1-004516.
6. Древесина как источник энергии в регионе ЕЭК ООН: данные, тенденции и перспективы в Европе, Содружестве Независимых Государств и Северной Америке // FAO / ЕЭК ООН. Нью-Йорк и Женева, 2018 – с. 111.
7. Померанцев, В. В. Топки скоростного горения для древесного топлива [Текст] / канд. техн. наук В. В. Померанцев; М-во тяжелого машиностроения СССР. Главкотлотурбопром. Центр. науч.-исслед. ин-т им. И. И. Ползунова. - Москва; Ленинград: [Ленингр. отд-ние] Машгиза, 1948 (Л.: тип. "Профинтерн"). – 74 с.
8. Тепловой и аэродинамический расчеты котельных установок [Текст]: учеб. пособие / С. Н. Смородин [и др.] ; М-во образования и науки РФ, ВШТЭ СПбГУПТД. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2018. – 200 с.: ил. 41. – ISBN 978-5-91646-150-3

УДК 504.06

ВОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А. И. Антончик
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** Рассмотрены водоохранные мероприятия по сохранению и рациональному использованию водных ресурсов на НПЗ. Рассмотрены современные методы очистки сточных вод НПЗ и нефтехимических комплексов.*

***Ключевые слова:** нефтеперерабатывающая промышленность, водоохранные мероприятия, здоровье человека, методы очистки воды.*

Нефтегазовый сектор экономики России в значительной степени обеспечивает экономическую, оборонную и национальную безопасность страны, но предприятия нефтегазового комплекса относятся к объектам высокой степени опасности и вредности, вызванной взрыво-, пожаро- и газоопасностью нефти, нефтепродуктов и природного газа в связи с применением высоких давлений, температур, скоростей, новых, в том числе незамкнутых, технологий добычи и переработки нефти. Поэтому обеспечение на объектах нефтегазовой отрасли промышленности производственной и экологической безопасности, охраны труда и экологических нормативов, а также реализации программ энергосбережения и повышения энергоэффективности, использования ресурсосберегающих, природоохранных, мало- и безотходных технологий является центральным вопросом успешного функционирования этих объектов.

Требования природоохранного законодательства и существующее положение с нормированием качества очищенных сточных вод делает необходимым повышение эффективности работы очистных сооружений путем применения принципиально новых технологических решений и аппаратурного оформления процесса очистки сточных вод.

Целью работы является анализ и предложение водоохраных мероприятий для нефтеперерабатывающих предприятий, направленных на снижение и ликвидацию отрицательного антропогенного воздействия на водные объекты, а также на сохранение и рациональное использование имеющихся водных ресурсов.

Все водоохраные мероприятия можно разделить на три основные группы [1].

К первой относятся мероприятия по совершенствованию производственных процессов (модернизация оборудования, переход на оборотное водоснабжение, повторное использование воды, переход на менее водоемкие технологии и др.).

Ко второй группе относятся мероприятия по очистке сточных вод, образующихся при производстве (все виды очистки воды, выпаривание воды для последующей утилизации или сжигания).

К третьей группе относятся мероприятия, осуществляемые непосредственно в водных объектах, такие как санитарные пропуски из водохранилищ, аэрация, биологическая мелиорация вод, очистка водной поверхности от плавающих примесей и донных отложений, создание санитарно-защитных зон.

За последние годы многие предприятия НПЗ прошли модернизацию основного технологического оборудования. Поэтому в работе более подробно остановимся на разработке мероприятий по очистке сточных вод.

На НПЗ реализованы две системы производственной канализации:

I – для отведения и очистки нефтесодержащих нейтральных производственных и производственно-ливневых сточных вод.

II – для отведения и очистки производственных сточных вод, содержащих нефть, нефтепродукты и нефтяные эмульсии, соли, реагенты и другие органические и неорганические вещества (например, частицы сырой нефти, соли сернистой кислоты, растворенные в воде соли, а также сернисто-щелочные стоки, кислые стоки, сульфидные сточные воды).

Сточные воды I и II систем канализации проходят очистку на отдельных очистных сооружениях, так как различаются по составу и концентрации загрязнений. Очищенные сточные воды I системы, как правило, используются для подпитки оборотных систем водоснабжения завода. Очищенные сточные воды II канализационной системы не могут быть использованы в оборотном цикле вследствие повышенного содержания солей (порядка 5–6 г/л), поэтому после соответствующей очистки сбрасываются в водный объект.

Практика показывает, что лучше с экологической и экономической точки зрения устанавливать локальные очистные сооружения для очистки небольших объемов концентрированных сточных вод, а не очищать большие объемы смешанных потоков сточных вод [2].

Для очистки подтоварных сточных вод обычно устанавливают нефтеловушки, флотаторы, механические фильтры, а для доочистки – адсорбционные фильтры. Но более выгодным решением является установка фильтр-патрона на выходе дренажной воды из резервуаров хранения нефтепродуктов по патенту РФ № 2508150 ООО «Технология». Данный фильтр позволяет очистить дренажную воду от взвешенных веществ и нефтепродуктов на 99 %. Отделенные нефтепродукты возвращаются в емкость для хранения, а очищенная вода поступает на совместную очистку с поверхностными водами.

На большинстве предприятий НПЗ установлены нефтеловушки-отстойники и нефтеловушки с тонкослойными блоками (для легких фракций нефтепродуктов). Последние обеспечивают лучшие гидродинамические условия разделения примесей (Re_{min} , Fr_{max}), высокую эффективность очистки (80–85 %) и имеют компактные размеры. Наиболее оптимальным решением по очистке от взвешенных веществ и нефтепродуктов является установка тонкослойных блоков (если они не были установлены), которые обеспечивают перекрёстное движение воды и осадка.

Для повышения эффективности очистки воды в нефтеловушках и флотаторах используют химические реагенты (коагулянты и/или флокулянты). В качестве коагулянтов широко используются соли алюминия и железа в концентрациях 50–250 мг/л и флокулянты

(тип и марка которых подбирается по результатам лабораторных исследований) в количестве 0,5–2,0 мг/л. Наиболее оптимальными и эффективными коагулянтами являются гидролизованные соли алюминия (например, полиоксохлорид алюминия), доза которых в разы меньше обычных солей алюминия при одинаковой эффективности очистки воды. Применение реагентов позволяет увеличить эффективность очистки на 25–40 %, но при этом необходимо организовывать склад для хранения реагентов, реагентное хозяйство, закупать дорогостоящие насосы-дозаторы, осуществлять производственный контроль вторичного загрязнения воды реагентами, предусматривать решения по обработке обводненных осадков, содержащих реагенты. Для равномерного смешения реагентов с водой необходимо устанавливать смесители и камеры хлопьеобразования для образования крупных хлопьев взвеси. Важно учитывать, что наиболее оптимальные режимы перемешивания у коагулянтов и флокулянтов могут отличаться.

Флотационная очистка воды является одним из обязательных этапов очистки нефтесодержащих вод от эмульгированных примесей. На предприятиях используют напорную флотацию, напорную реагентную флотацию и флотационно-фильтрационную установку. Наиболее оптимальной является флотационно-фильтрационная установка (ФФУ), которая более эффективна, в отличие от обычной флотации имеет на выходе фильтр механической очистки (например, плавающая загрузка из пенополиуретана) для лучшего улавливания взвешенных веществ. Эффективность ФФУ ниже реагентной флотации, но она лишена всех недостатков использования реагентов и не приводит к увеличению соледержания, как последняя.

На заключительных стадиях водоочистки, как правило, применяют методы глубокой очистки. Ряд исследователей предлагают применять для доочистки биофизико-химические методы очистки сточных вод. Наиболее перспективным и универсальным из них является биосорбционный метод, основанный на совместной во времени и в пространстве биологической и адсорбционной очистке сточных вод [3].

Методы очистки сточных вод НПЗ и нефтехимических комплексов с применением биомембранных и биосорбционно-мембранных установок находят широкое применение. Разработанные технологии позволяют максимально использовать потенциальные возможности биологических, сорбционных и мембранных процессов, исключив при этом их недостатки [4].

Для глубокой очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и фенол, хорошо зарекомендовали себя методы очистки с использованием кавитационных процессов. Все большее применение для глубокой очистки сточных вод находят методы с использованием АОП (Advanced Oxidation Processes – Углубленные Процессы Окисления) процессов. К ним относятся озонирование; окисление с помощью H_2O_2 в присутствии ионов Fe^{2+} ; окисление озоном или пероксидом водорода в комбинации с ультрафиолетом; окисление озоном или пероксидом водорода в условиях кавитации, генерированной ультразвуком, и др.

Значительный интерес в практике очистки сточных вод представляют технологии, основанные на использовании воды в суб- и сверхкритических условиях. Процесс сверхкритического водного окисления состоит в обработке водных смесей, содержащих вредные и токсичные вещества, сверхкритической водой при избытке воздуха (или кислорода), температурах 400–600 °С и давлении 200–300 атм. При этом не менее 99,99 % органических соединений в исходной смеси превращаются в экологически абсолютно безвредные H_2O и CO_2 [5].

Каждый из указанных методов, наряду с положительными сторонами, отличается специфическими недостатками, что обуславливает необходимость дальнейшего поиска экономически рациональных и ресурсосберегающих методов и технологий очистки сточных вод.

Следует отметить, что использование окислительных методов становится все более оправданным с экологической точки зрения, т.к. способствует образованию простых и менее

токсичных соединений, что отвечает более жестким требованиям природоохранного законодательства.

Выполнение установленных нормативов по всем загрязнителям сточных вод может быть достигнуто интенсификацией окислительных методов с помощью катализаторов и мембранных установок. Мембраны позволяют сконцентрировать загрязнители воды, а катализаторы ускорить их окисление или восстановление.

Мембранный катализ окислительных реакций в водной среде является новым направлением исследований, которое можно отнести к гибридным технологиям, позволяющим максимально использовать потенциальные возможности окислительного катализа и мембранных процессов, исключив при этом их недостатки.

На ОАО «Уфимский нефтеперерабатывающий завод» дренажные сточные воды содержат большое количество нефтепродуктов, фенола и других органических соединений. Были проведены исследования по очистке данных стоков. В качестве окислителя рассматривался озон, катализаторами были сульфат железа $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и хлорид марганца MnCl_2 . Применение окислителей и катализаторов приводит к окислению и деструкции органических компонентов, в результате чего происходит значительное снижение значения ХПК. Показано, что применение мембранной фильтрации при окислении дренажных вод озоном в присутствии гомогенных катализаторов $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и MnCl_2 значительно интенсифицирует процесс очистки, что позволяет эффективно очищать высокотоксичные трудноокисляемые сточные воды. Метод каталитического окисления озоном в присутствии мембранной сепарации во многих случаях может быть экономически более эффективным по сравнению с другими методами глубокой очистки, требующими использования дорогих и дефицитных реагентов [6].

Таким образом, ограниченность запасов пресной воды и сложность ее подготовки приводят к необходимости снижения негативного влияния загрязнителей на водные объекты. В настоящее время это возможно только путем применения более совершенных методов очистки сложных по составу сточных вод. Разработка и внедрение новых технологий очистки воды позволят минимизировать влияние сточных вод на водную среду, а учитывая общее снижение качества воды водных объектах, увеличить количество оборотной воды и приблизиться к бессточным системам водопользования.

Анализ существующих методов очистки сточных вод на нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях позволяет сделать следующие выводы:

- для очистки от легких фракций нефтепродуктов и взвешенных веществ устанавливать нефтеловушки с тонкослойными блоками с перекрестным движением воды и осадка;
- на подтоварные воды устанавливать под резервуарами нефтепродуктов фильтрующие модули;
- осуществлять флотационно-фильтрационную очистки без или с минимальным применением реагентов [7];
- внедрять мембранные технологии для доочистки стоков, обессоливания стоков.

Применение мембран в сочетании с окислительным катализом в мембранном реакторе на стадии глубокой очистки обеспечивает удаление основных и специфических органических загрязнений (нефтепродукты, фенол, СПАВ и т. д.) до уровня ПДК рыбохозяйственных водных объектов.

Библиографический список

1. Водоохранные мероприятия [Электронный ресурс]. – URL: https://studwood.net/996417/ekologiya/vodoohrannye_meropriyatiya (дата обращения: 15.04.2023).
2. Хамитов Р. З. Доклад, посвященный проблемам охраны окружающей среды и развития лесного хозяйства. Заседание Совета при Полномочном представителе Президента РФ в Приволжском федеральном округе. – Уфа: 28 марта 2014.

3. Сироткин А. С., Шакиров Г. Г., Винтер Й., Галлерт К. Анализ эксплуатации биологических очистных сооружений на базе аэротенков с глубоким удалением азота и фосфора // Вода: химия и экология. – 2010. – №12.– С. 12 – 17.
4. Степанов С. В., Стрелков А. К., Степанов А. С., Швецов В. Н., Морозова К. М., Каленюк В. А. Биомембранная и биосорбционно-мембранная очистка сточных вод нефтехимического производства // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009.– № 7.– С.55-60.
5. Анфимова Ю. В. Снижение негативного воздействия станций биологической очистки нефтесодержащих сточных вод на объекты окружающей среды // Экология и промышленность России. – 2008. – № 6.– С. 34 – 38.
6. Воробьева Т. Г., Шлекова И. Ю. Экологобиологическое обоснование применения биосорбционного метода очистки сточных вод на Омском нефтеперерабатывающем заводе // Вестник Челяб. гос. пед. унта. – 2009.– № 2.– С. 296 – 306.
7. Тарасенков Н. В., Панов В. П. Повышение эффективности очистки нефтезагрязнённых сточных вод на флотационных установках // Экология и промышленность России. – 2005.– № 6.– С.28 – 29.

УДК 628.3:621.357

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЛОКАЛЬНЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

В. Д. Ващинкина, Е. К. Анурин
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В статье рассматривается реконструкция локальных очистных сооружений гальванического производства предприятия, приводится описание предприятия, общая характеристика гальванического производства, представлена характеристика сточных вод и требования к свежей воде.*

***Ключевые слова:** сточные воды, очистные сооружения, гальваническое производство, норматив.*

В настоящее время не одно предприятие машиностроения или приборостроения не обходится без гальванического производства, предназначенного для нанесения прочных и износостойких покрытий на металлические изделия и детали с целью придания им износостойкости и прочности поверхности, а также антикоррозийной защиты. Основными процессами гальванического производства являются процессы окисления, травления, обезжиривания, промывка деталей, хромирование, никелирование, анодирование, цинкование, фосфатирование, кадмирование и многое другое.

Для гальванических операций применяют следующее оборудование: гальванические ванны, гальванические линии, футеровки поливинилхлоридом, бортовые отсосы, отводы, волокнистые и пенные фильтры, приемные емкости, а также оборудование, необходимое для очистки промывных вод.

Экологические проблемы гальванотехники привлекают к себе широкое внимание в основном из-за продолжающегося загрязнения окружающей среды ионами тяжелых металлов, неорганических кислот и щелочей, поверхностно-активных веществ и других высокотоксичных соединений, а также большого количества твердых отходов, особенно от реагентного способа обезвреживания сточных вод, содержащих тяжелые металлы в малорастворимой форме.

Соединения металлов, выносимые сточными водами гальванического производства, оказывают негативное влияние на водные экосистемы почвы, животный мир и здоровье человека. В соответствии с законом «Об охране окружающей природной среды», а также с

«Водным кодексом РФ» [1], нормативы предельно допустимых выбросов и сбросов вредных веществ, а также вредных микроорганизмов и других биологических веществ, загрязняющих воздух, почвы, воды, устанавливаются с учетом производственных мощностей объекта, согласно действующим нормативам, предельно допустимых концентраций вредных веществ в окружающей природной среде.

Для обеспечения этих норм необходимо новое качественное оборудование, а поскольку на предприятии оборудование было установлено в 1956 году, необходима его реконструкция. Целью является предложить экономически выгодные системы очистки сточных вод для гальванического цеха, усовершенствовать работу оборудования, выполняя требования качества воды и соблюдая нормы содержания тяжелых металлов и примесей в воде.

Предприятие состоит из основного производства, вспомогательного производства и административной части. Предприятие перспективно и имеет несколько направлений развития компании и реализации множества задач и целей.

На предприятии вода классифицируется на 4 типа: питьевая, горячая вода, пар и техническая вода. Питьевая вода поступает от городского водопровода, технической воды на предприятии нет, горячая вода и пар поступают от котельной.

Вода, используемая для промывки изделий, деталей и приготовления электролитов и растворов в гальваническом производстве, должна быть безопасной в эпидемиологическом отношении и химически инертной к покрытию. Физико-химические показатели воды, используемой в гальваническом производстве, должны удовлетворять требованиям ГОСТ 9.314-90. Использованная для промывки вода может быть повторно применима для других операций.

На станцию нейтрализации из гальванического производства поступает три потока сточных вод:

- кислотно-щелочный поток;
- хромосодержащий поток;
- цианосодержащий поток.

Для очистки сточных вод гальванических производств могут использоваться следующие методы: реагентные, электрохимические, ионообменные и мембранные [2, 3].

Для реконструкции очистных сооружений было рассмотрено два решения:

1. Реагентная схема, где провели проверочный расчет оборудования, а технологию очистки оставили такую же.
2. Схема с использованием электрохимической очистки.

Предварительные расчеты показали, что и то, и другое решение позволяет получить воду, удовлетворяющую требованиям на сброс. Сравнение обоих решений показало, что схема с электрохимической очисткой является более выгодной, поскольку не требуются затраты на реагенты, нет необходимости занимать площади под реагентное хозяйство, процессами электрохимической очистки легче управлять, чем процессами химического обезвреживания [4].

Схема электрохимической очистки стоков гальванического производства представлена на рисунке.

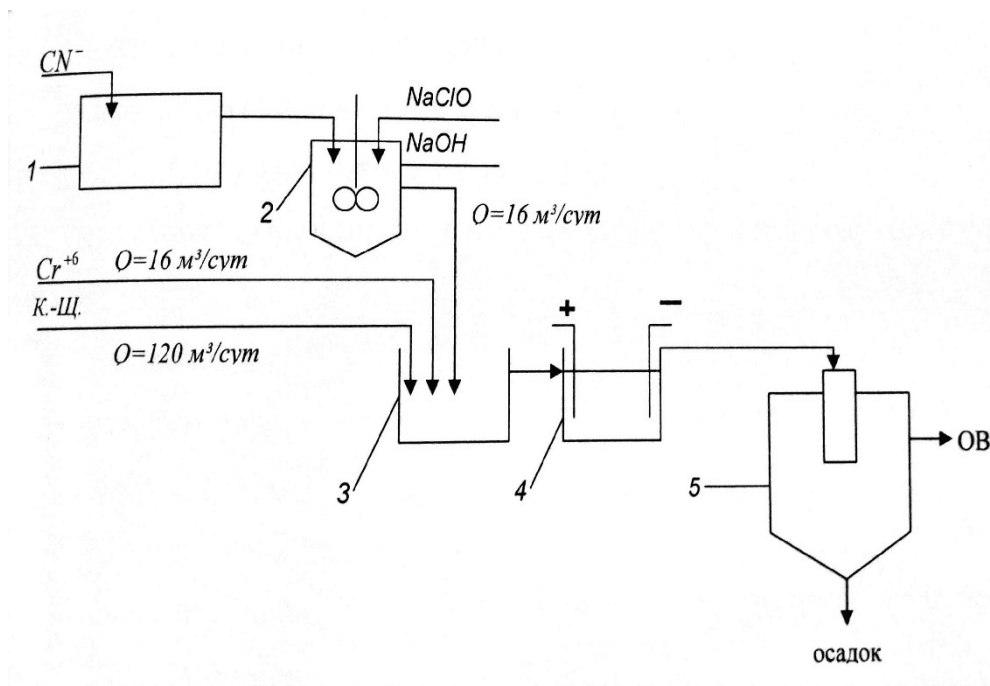


Рис. Схема электрохимической очистки стоков гальванического производства:
 1 – накопитель; 2 – реактор; 3 – накопитель; 4 – электрокоагулятор;
 5 – вертикальный отстойник

В работе была рассчитана стоимость очистки производственных сточных вод гальванического цеха по двум решениям. Результаты приведены в таблице.

Таблица – Себестоимость очистки сточных вод реагентным и электрохимическим методами, $Q = 152 \text{ м}^3/\text{сут}$

Реагентная очистка	Электрохимическая очистка
руб/м ³	руб/м ³
3,6	3,66

Таким образом, себестоимость очистки сточных вод реагентным и электрохимическим методами примерно одинакова, но электрохимический метод очистки сточных вод является более выгодным по описанным выше причинам.

В результате проведенной работы можно сделать выводы, что лучшим решением по реконструкции очистных сооружений является установка электрохимической очистки воды, которая компактная, легко поддается автоматизации и управлению, стоимость очистки воды не превышает затраты на реагентную очистку.

Библиографический список

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (с изменениями на 1 мая 2022 года).
2. Родионов А. И., Клушин В. Н., Торочешников Н. С. Техника защиты окружающей среды: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
3. Яковлев С. В., Карелин Я. А., Ласков Ю. М. Водоотведение и очистка сточных вод: учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1996. – 591 с.
4. Хранилов Ю. П. Экология и гальванотехника: проблемы и решения. – Киров: Изд. ВятГТУ, 2000. – 97 с.

ВЕРТИКАЛЬНЫЙ ВЕТРОГЕНЕРАТОР ДЛЯ ВЫРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ПРИБРЕЖНЫХ ВОДАХ

П. А. Гаврилина
ИЭИА ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрены вопросы, связанные с возобновляемой энергией, развитием ветровой энергии и ее преимуществами, применением новых технологий.
Ключевые слова: возобновляемая энергия, ветрогенераторы, лопасти, электроэнергия.

Развитие возобновляемой и альтернативной энергетики не стоит на месте. Многие страны постепенно переходят на возобновляемую энергетику. Так, например, в Европе с 2000 по 2020 гг. процент возобновляемой энергетики вырос с 20 % до 40,7 % (рис. 1) [1]. Что говорит о перспективах, которые видят лидеры стран.

В настоящее время в энергетическом секторе, а, в частности, закупка топлива, наблюдается огромный дефицит, а значит, возобновляемые источники становятся отличным альтернативным вариантом их замены. Самые распространенные установки – это ветрогенераторы и солнечные электростанции. Наиболее перспективными считаются ветрогенераторы.

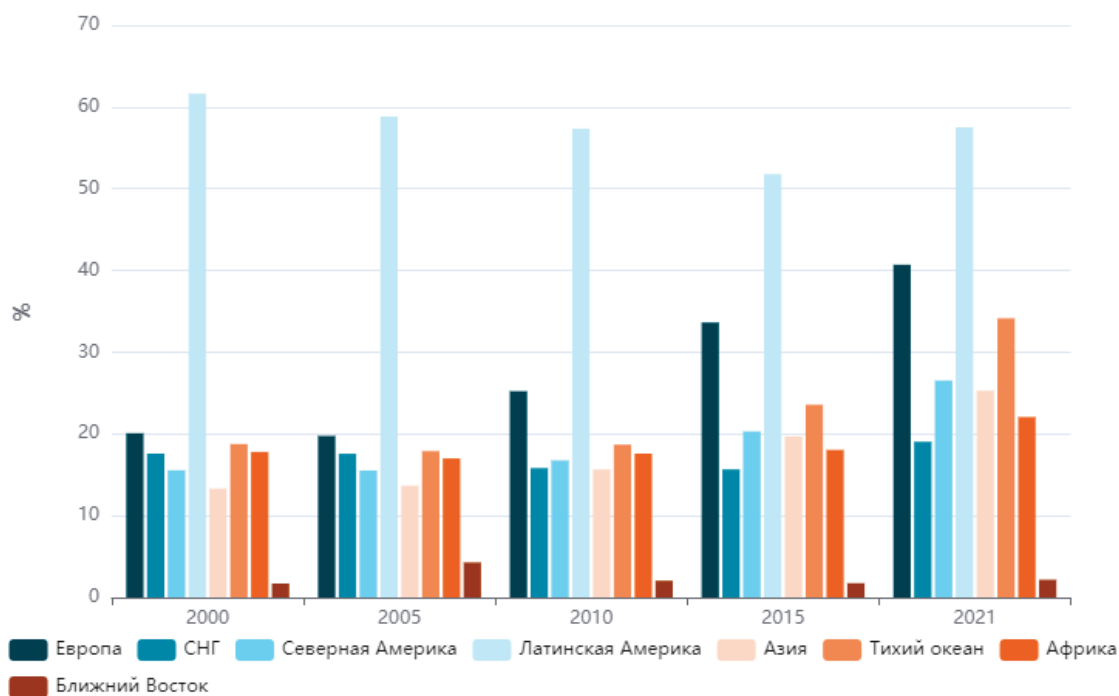


Рис. 1. Доля возобновляемых источников в производстве электричества

Ветрогенератор – это прибор, превращающий в электрическую энергию энергии ветра (рис. 2) [2].

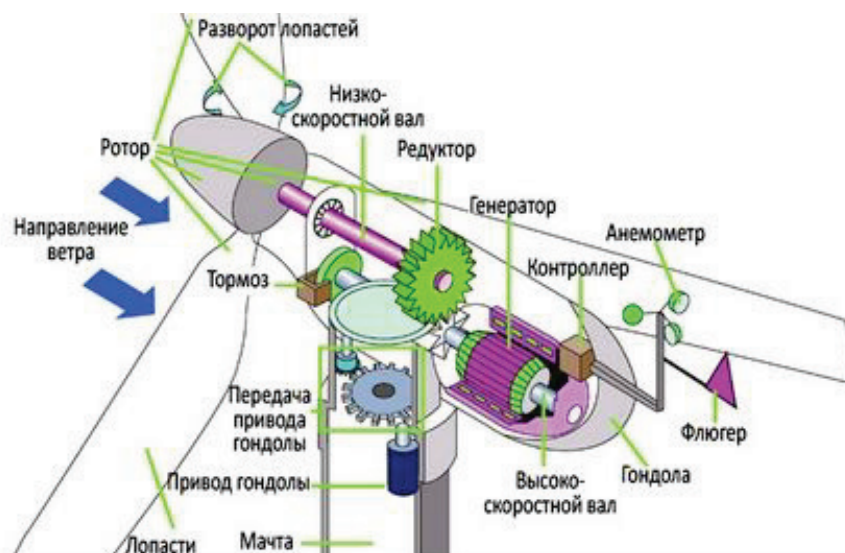


Рис. 2. Устройство ветрогенератора

Поток ветра, проходящий через лопасти турбины, начинает вращать вал. Кинетическая энергия потока ветра преобразуется в механическую энергию вращения вала. Чем сильнее поток ветра, тем больше энергии будет передаваться. Затем генератор превращает механическую энергию в электрическую.

Выходная мощность ветряной турбины определяется омываемой площадью турбины. Большое покрытие лопастей означает большую мощность. Мощность ветряка рассчитывается на основе кубической зависимости от скорости ветра. Существуют различные классификации ветрогенераторов по разным признакам [3, 4].

А. По количеству лопастей:

- Двух- и трехлопастные ветрогенераторы
- Многолопастные ветрогенераторы

Основным отличием является то, что многолопастные ветряки работают заметно меньших скоростях, чем двухлопастные или трехлопастные ветряки. Однако для таких установок главным является не сам факт вращения ротора ветроустановки, а выход на рабочие обороты.

Б. По шагу винта:

- Фиксированный шаг винта
- Изменяемый шаг винта

Несмотря на то, что шаг винта расширяет диапазон эффективных рабочих скоростей, внедрение этого механизма потенциально может привести к усложнению конструкции лопасти, снижению общей надежности ветроустановки и увеличению веса ветроустановки. Исходя из этого, потребуются дополнительное усиление конструкции. Все это приводит к удорожанию системы, как в эксплуатации, так и на момент покупки.

В. По материалам лопастей:

- Парусные ветрогенераторы
- Жестколопастные ветрогенераторы

У парусных лопастей значительно меньше стоимость, чем у жестких стеклопластиковых и металлических. Также они намного проще в изготовлении. Более низкая стоимость может вызвать большие расходы. С диаметром лопастей 3 метра при работе генератора конец лопасти движется со скоростью 500 км/ч. Даже в абсолютно любых условиях это очень тяжелое испытание. Если учесть, что в воздухе также присутствуют песок и пыль, то даже жесткие лопасти требуют ежегодного обслуживания. В случае некачественного обслуживания, жесткая лопасть будет работать с меньшими характеристиками и парусная конструкция потребует замены уже после первого порыва ветра.

Исходя из этого, парусные лопасти не рекомендуются применять там, где важна надежность компонентов системы.

Г. По рабочей оси вращения:

- Вертикальные ветрогенераторы
- Горизонтальные ветрогенераторы

Вертикальные ветрогенераторы учитывают порывы ветра, не требуют направленности ветра, но обладают меньшей рабочей поверхностью, чем у горизонтального ветрогенератора (в 2 раза). Поэтому, чтобы вертикальный ветрогенератор получил мощность, равную горизонтальному, ему понадобится вдвое больший ветряк.

Самыми распространенными ветрогенераторами являются генераторы, имеющие конструкцию из трех лопастей и горизонтальной осью вращения.

Преимущество состоит в том, что при горизонтальной оси не важен угол прихода воздушного потока, так как лопасти будут вращаться при любом направлении ветра. Высота подъема по отношению к уровню земли составляет 8–12 метров.

Эти ветряки имеют номинальную мощность 7 МВт. Основные виды ветроэнергетического оборудования большой мощности – трехлопастные горизонтально-осевые ветрогенераторы.

Но такие установки достаточно сложны в эксплуатации. Размер горизонтального ветрогенератора может достигать 140 м. И его обслуживание возможно только с использованием специальной техники (например, вертолеты). Горизонтальные ветрогенераторы заняли ведущую и безальтернативную позицию в выработке электроэнергии в прибрежных и морских водах. Но ситуация на рынке меняется.

Все большую популярность обретают вертикальные ветрогенераторы. Преимуществом таких установок является компактность, они не требуют строительства дорогостоящего и сложного фундамента. Такие установки отлично показали себя как в спокойную погоду, так и в штормовые дни. Для обслуживания и ремонта таких установок не требуется специальная техника (краны, вертолеты). Можно собирать больше электроэнергии с одинаковой площади по сравнению с горизонтальными ветрогенераторами.

Возобновляемая энергетика же немного отстает от темпов развития. Необходимо изучать различные установки для выработки электроэнергии, а не останавливаться только на том, что уже известно. Вертикальный ветрогенератор для выработки электроэнергии в прибрежных водах прямое тому доказательство. Еще 10 лет назад никто и не думал, что такие установки могут показывать перспективы, но время ставит все на свои места [5].

Библиографический список

1. Доля возобновляемых источников энергии в производстве электроэнергии // Enerdata URL: <https://energystats.enerdata.net/renewables/renewable-in-electricity-production-share.html> (дата обращения: 01.12.2022).
2. Ветроустановки: учеб. пособие по курсам «Ветроэнергетика», «Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников энергии», «Введение в специальность» / Под ред. М. И. Осипова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 36 с: ил.
3. Иванов, В. Д. Введение в специальность. Часть 1. История возникновения, становления и развития энергетики: учебное пособие/В. Д. Иванов; М-во науки и высшего образования РФ, Высш. шк. технологии и энергетики, СПбГУПТД; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2020 – 146 с. – ISBN 978-5-91646-231-9. – Текст: электронный.
4. ГОСТ Р 51237-98. Нетрадиционная энергетика. Ветроэнергетика. Термины и определения.
5. Иванов, В. Д. Введение в специальность. Часть 2. Топливные и возобновляемые энергоресурсы, защита окружающей среды, перспективы энергетики : учеб. пособие / В. Д. Иванов ; М-во науки и высшего образования РФ, С.- Петерб. гос. ун-т пром. технологий и дизайна, Высш. шк. технологии и энергетики. – Санкт-Петербург : ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – 135 с. - ISBN 978-5-91646-252-4. – Текст : электронный.

СОВРЕМЕННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДОЗИРОВАНИЯ РЕАГЕНТОВ

А. А. Герман
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В работе рассмотрены современные типы насосов-дозаторов и принцип их работы. Приведены марки современных насосов-дозаторов. Проведен сравнительный анализ насосов-дозаторов и предложены рекомендации по их использованию.*

***Ключевые слова:** насос-дозатор, дозирование реагентов, станции дозирования.*

Качество воды в водных объектах России с каждым годом ухудшается. Это связано с активной производственной деятельностью, нарушением природоохранного законодательства и истощением естественной способности водных объектов самоочищаться. Для обеспечения качественной водой различных групп водопользователей устанавливаются сооружения водоподготовки [1, 2]. Одним из этапов очистки воды является ее реагентная обработка. Для обеспечения рационального использования реагентов и предотвращения вторичного загрязнения воды необходимо осуществлять точное дозирование.

Целью данной работы является анализ современных комплексов дозирования и насосов дозаторов.

Комплексы пропорционального дозирования включают в себя: насос-дозатор, емкость и водосчетчик с импульсным выходом. Станции выпускаются в различных исполнениях. Имеются проточные, накопительные и концентрационные типы.

Проточные системы устроены таким образом, что емкость разделена на несколько секций. Первая секция выполняет предварительную обработку, растворяя реагенты. Вторая секция готовит раствор в заданной пропорции. Через третью секцию полученный раствор попадает в воду. Данная система позволяет работать с большими объемами и проводить очистку. Система работает с высокой производительностью и может очищать достаточные объемы жидкости за один раз. Эта система чаще всего используется на промышленных предприятиях.

Накопительная система состоит из нескольких колбовых модулей. Они объединены в группы. Количество подключаемых баков зависит от производителя. Первый резервуар выполняет половину функции проточного устройства. Это означает, что происходит подготовка и смешивание реагентов для дальнейшего распределения. Второй резервуар является резервным и служит для перелива концентрата. Данный тип системы специально разработан для работы с токсичными элементами. Корпус колбы устойчив к воздействию агрессивных химических веществ. Производительность оборудования этого типа выше средней.

Концентрационные системы используются для контроля реагентов. В частности, они контролируют концентрацию в воде. Если соотношение не соблюдается, подается сигнал тревоги, информирующий пользователя о необходимости добавления реагента. Если концентрация реагента в воде ниже среднего значения, то значительно снизится эффективность очистки.

Каждый тип установок может использоваться как в бытовых, так и в промышленных целях. Это зависит от назначения и типа используемого реагента. Разнообразие представленных на рынке систем означает, что станции дозирования можно выбирать в зависимости от назначения, мощности и функциональности.

Обзор комплексов пропорционального дозирования представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Комплексы дозирования [3,4].

Характеристика	TeknaEVO TPG 603	АСДР «Комплексон-6»	AWT HC201/200L/dn50
Производительность дм ³ /час	8	500	12
Производитель	Москва	Тверь	Санкт-Петербург
Производитель насоса	Италия	-	Италия
Комплектация	Дозатор Seko TeknaEvo; Импульсный водосчетчик; Емкость 60 дм ³ ; Паспорт, техническое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации	Блок управления; Насос-дозатор; Емкость для реагентов; Водосчетчики с адаптером (импульсным выходом); Фильтр-грязевик; Устройство ввода реагента; Шланг армированный (Ду=6,3 мм); Двужильный гибкий провод; Паспорт, техническое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации	Дозатор Aqua HC201; Крепления для насоса; Емкость 60 дм ³ ; Паспорт, техническое описание и инструкция по монтажу и эксплуатации
Цена, руб.	59210	53100	94644

Особую роль в этом процессе играют дозирующие насосы. От его мощности также зависит скорость подачи веществ в поток воды.

Насосы-дозаторы классифицируют по нескольким признакам:

1. В зависимости от конструкции поршня: плунжерные; диафрагменные (также их называют мембранные); перистальтические.
2. В зависимости от типа привода: с механическим приводом; с гидравлическим приводом.
3. В зависимости от напора: безнапорные (самотечные); напорные (насосы-дозаторы).
4. В зависимости от расхода: с постоянным расходом; пропорциональные.

Плунжерные насосы

Плунжерные насосы (рис. 1) предназначены для создания сильного напора или дозирования большого объема дозируемой среды. Применяют для дозирования кислот, щелочей, многокомпонентных растворов, легковоспламеняющихся и взрывоопасных жидкостей.

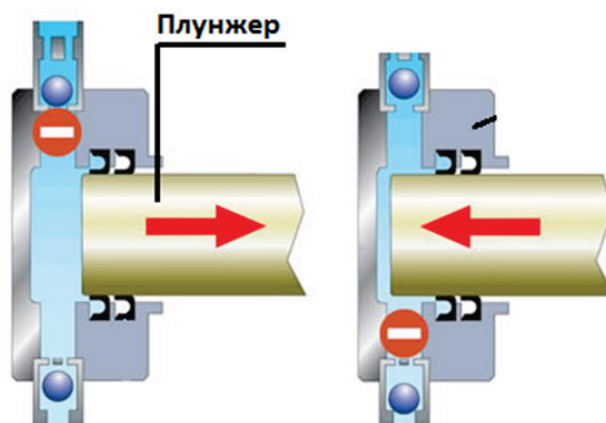


Рис. 1. Плунжерный насос

Принцип действия такого оборудования основан на возвратно-поступательном движении плунжера внутри пустотелого цилиндра. В роли основного рабочего элемента выступает поршень, изготовленный из неподверженной ржавчине стали. Электродвигатель запускает его посредством редуктора с кулачковым механизмом. Поршень совершает возвратно-поступательные движения в цилиндре, снабженном всасывающими и нагнетательными клапанами, за счет чего раствор попадает внутрь, а затем вытесняется в напорный трубопровод.

В строительной индустрии плунжерные насосы делают возможным осуществление широкого спектра технологических операций, начинающихся со слова «очистка». В дорожной отрасли с их помощью удаляют дорожную разметку и даже слои асфальтобетона. В электро- и теплоэнергетике их используют для очистки топок, горелок, теплообменников. Для этих же целей плунжерные насосы часто применяют в пищевой отрасли, особенно требовательной к чистоте технологического оборудования. Топливный плунжерный насос высокого давления обеспечивает впрыск топлива в камеры сгорания газотурбинных двигателей, а также тракторных, автомобильных и иных дизелей.

Обзор плунжерных насосов-дозаторов приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение плунжерных насосов-дозаторов [3,4].

Характеристика	НД-1,0Р-1000/10-К14А	Etatron P-AA BP1027AA00700	JPR1080/0.9
Применение	Предназначены для объемного напорного дозирования нейтральных и агрессивных жидкостей, эмульсий и суспензий кинематической вязкостью от 35 до 800 мм ² /с, максимальной плотностью до 2000 кг/м ³ , с температурой от — 45°С до +150°С.	Используется в системах, требующих повышенного давления. Насос может применяться для дозирования реагентов различной степени активности, кроме вязких и содержащих абразивные или нерастворимые включения.	Предназначены для дозирования веществ с кинематической вязкостью до 400 мм ² /с, с температурой от -25°С до +120°С.
Максимальная производительность, дм ³ /час	1000	1027	1080
Мощность, кВт	2,2	0,75	1,5
Страна производства	Россия	Испания	Китай

Категория точности дозирования	1	1	1
Механизм управления подачей	С регулированием подачи вручную на ходу или при остановленном насосе	С регулированием подачи вручную	-
Напор, МПа	1,01	0,65	0,9
Стоимость на декабрь 2022 года	154 400 рублей	276 612 рублей	-

Мембранные насосы

Работа мембранных насосов (рис. 2) осуществляется за счет колебаний мембраны, которая является фактически стенкой рабочей камеры насоса. Используется для перекачки жидких и газообразных сред. Преимуществами такой схемы можно считать отсутствие движущихся механизмов, а также возможность работы с агрессивными и абразивными жидкостями. Он служит надежным барьером, исключая встречу рабочей и внешней сред. Имеет доступную стоимость, сниженное энергопотребление, «спокойное отношение» к повышенной влажности, низкий уровень шума.

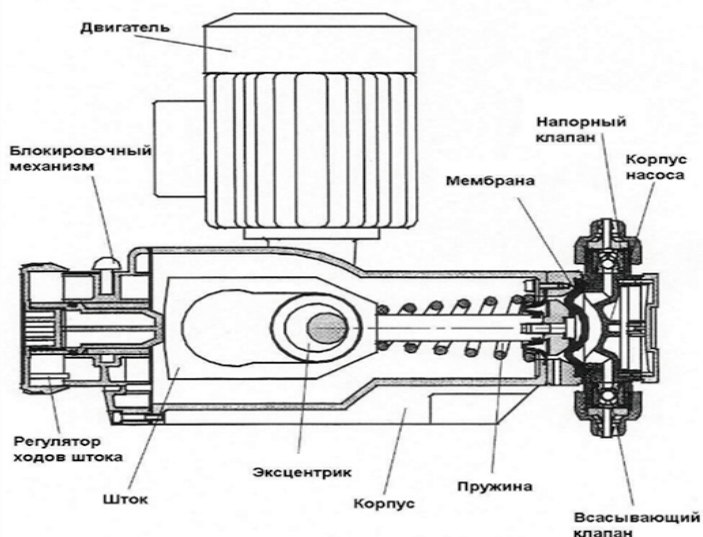


Рис. 2. Мембранный насос

Обзор мембранных насосов-дозаторов приведен в таблице 3 [3,4].

Перистальтические насосы

Перистальтические насосы (рис. 3) чаще применяются для перекачивания вязких, кристаллизующихся, абразивных жидкостей и эмульсий с твердыми частицами крупного размера. В качестве основного рабочего элемента перистальтического насоса выступает эластичный шланг (трубка), из которого жидкое вещество выдавливается специальными роликами. Ролик прижимает участок трубки к дугообразному корпусу насоса, отделяя таким образом секцию с жидкостью, а затем продвигает эту секцию с жидкостью в ней в сторону выпускного патрубка.

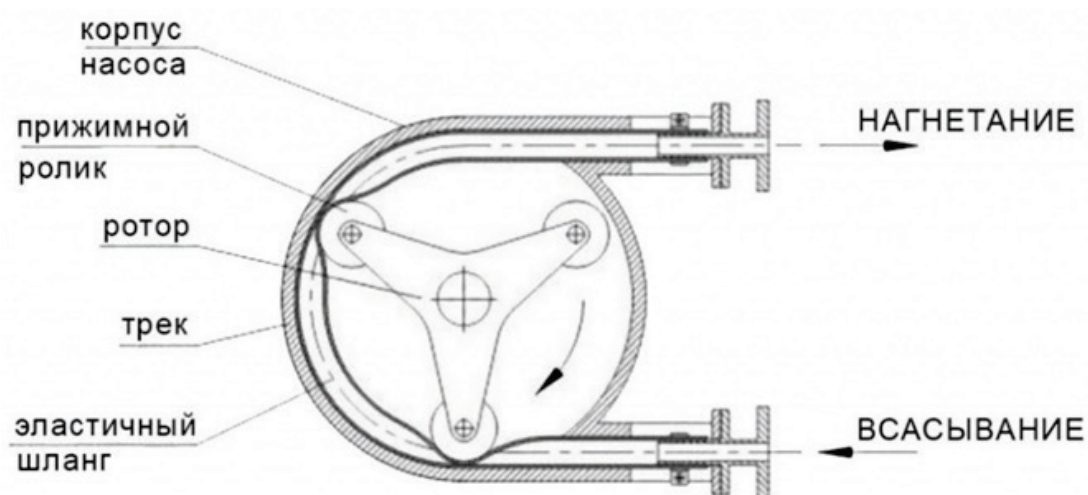


Рис. 3. Перистальтический насос

Таблица 3 – Сравнение мембранных насосов-дозаторов [3, 4].

Характеристика	Seko Tekna Evo AKL 603	Lutz-Jesco Magdos LK 10	Steiel EF158
Применение	Проточная часть выполнена из материалов с высокой химической стойкостью. Производительность настраивается с помощью ручки потенциометра, расположенной на лицевой панели насоса. Работает только в постоянном режиме.	Предназначен для перекачивания химических реагентов. Небольшие размеры дозирующего насоса позволяют установить его в условиях ограниченного пространства.	Универсальный электромагнитный насос-дозатор для регулирования показателя pH или редокс-потенциала.
Максимальная производительность, дм ³ /час	8	10	10
Максимальное давление, МПа	1,22	До 0,6	-
Страна производства	Италия	Германия	Италия
Напряжение, В	220	220	220
Степень защиты	IP65	IP65	IP65
Стоимость на декабрь 2022 года	49 888 Р	127 500 Р	78 630 Р

Перистальтические аппараты используются в качестве дозирующих насосов для водоподготовки (подачи реагентов, нормализующих химический и бактериологический

состав воды), используются в качестве лабораторных насосов и в иных технологических ситуациях, когда точность подачи превалирует над крупными объёмами.

К преимуществам устройств относятся отсутствие контакта перекачиваемой жидкости с металлическими элементами оборудования, наличие функции самовсасывания, мягкий контакт с веществом, который исключает его дробление и перемешивание. Большинство перистальтических насосов имеют весьма компактные размеры.

Фирмы по производству перистальтических насосов-дозаторов приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение перистальтических насосов-дозаторов [3, 4].

Характеристика	Etatron F PER 6001 24 VDC	Etatron B3-V PER 1201	Seko Kronos KRFM0210
Применение	Предназначены для дозирования жидких реагентов в безнапорные системы	Предназначен для дозирования воды, химических и моющих реагентов	Предназначен для дозирования воды и химически активных реагентов
Максимальная производительность, дм ³ /час	6	12	10
Максимальное давление, МПа	0,1	0,1	0,2
Высота самовсоса реагента, м	2	2	2
Страна производства	Италия	Италия	Италия
ДхШхВ, см	8х6х8	9х11х14	14х12х21
Мощность, Вт	4	5	20
Степень защиты	IP55	IP55	IP65

Таким образом, в результате проведенной работы были рассмотрены различные станции дозирования реагентов и насосы-дозаторы, их преимущества и недостатки. Выбор систем дозирования реагентов является комплексной задачей, учитывающей область применения, экономические, экологические и технологические параметры процесса.

Библиографический список

1. СанПиН 2.14.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М., 2002.
2. Нормы качества сетевой и подпиточной воды водогрейных котлов, организация водно-химического режима и химического контроля РД 24.031.120-91
3. Авелин: сайт. – URL: https://www.avelinprom.ru/goods/114596092-nasos_nd_1_0r_1000_10_k14a (дата обращения: 09.04.2023) - Текст: электронный. Изображение: электронные.
4. Главпулторг: сайт. – URL: https://glavpooltorg.su/product/nasosy-dozirovocnie-etatron-bp1027aa00700/?from=external_ads&utm_referrer=https://yandex.ru/products/search?text=Etatron%20%201027%20%D0%BB%2F%D1%87 (дата обращения: 09.04.2023) – Текст: электронный. Изображение: электронные.

РАСЧЁТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ СБРОСОВ ПРИ ДОБЫЧЕ И ОБОГАЩЕНИИ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

С. В. Дорошенко
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. Рассмотрена общая последовательность процессов добычи и обогащения железных руд. Проведен анализ нормативно-правовой базы расчета технологических нормативов сброса. Определен перечень маркерных веществ для добычи и обогащения железных руд. На основе приведенной информации разработан алгоритм расчета технологических нормативов сбросов при добыче и обогащении железных руд.

Ключевые слова: технологический норматив, технологический показатель, маркерные вещества, информационно-технический справочник наилучших доступных технологий (ИТС НДТ), предельно допустимая концентрация (ПДК).

В соответствии с Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации № 89 [1] предприятия I категории НВОС должны рассчитывать технологические нормативы сбросов для получения или пересмотра комплексного экологического разрешения (КЭР). Предприятия по добыче и обогащению железных руд относятся к I категории воздействия на окружающую среду.

Целью данной работы является разработка алгоритма расчета технологического норматива сброса при добыче и обогащении железных руд.

Запасы железных руд в России достигают 112 млрд т, что ставит страну на второе место в мире по запасам железнорудного сырья, уступая первое место только Бразилии. При этом качество железнорудного сырья ниже, чем у других стран – Бразилии, Австралии и Индии [2]. Для повышения ценности добываемой руды прибегают к обогащению – комплексу процессов разделения минералов, в результате которых полезные компоненты выделяются в виде концентратов (рис. 1) [3].

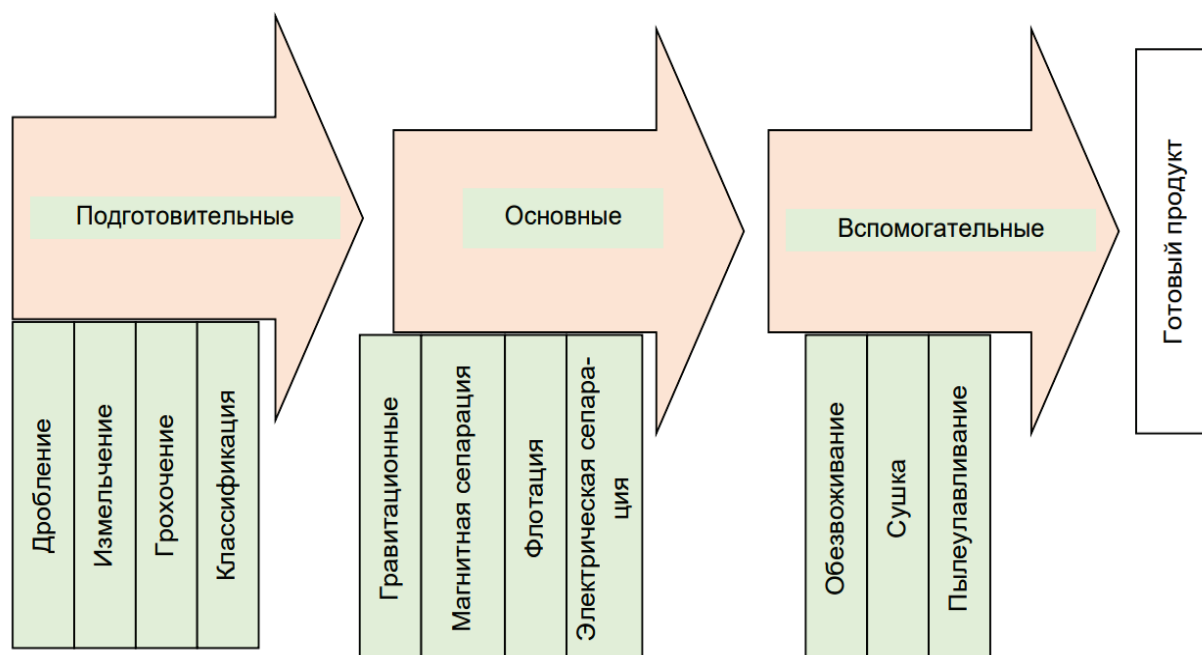


Рис. 1. Обобщающая схема технологического процесса обогащения

В свою очередь, процесс добычи железной руды проводят открытыми и подземными способами. К открытым способам относятся добыча железной руды в карьерах. Этот способ является наиболее распространенным в России, т. к. он является более дешевым в 2-4 раза, чем подземные методы [4].

Основными процессами открытых горных работ являются: снятие вскрышного слоя почвы, производство вскрышных работ, буровзрывные работы, добыча руды, транспортировка на обогащение, первичное дробление, складирование отвальных пород.

В ходе процессов обогащения и добычи железной руды в сточные воды попадает большое количество тяжелых металлов, а также пыли. Эти загрязняющие вещества способны оказывать значительное негативное воздействие на окружающую среду. Система нормирования сбросов сточных вод должна обеспечить безопасное качество окружающей среды.

Экологическая система нормирования основана на соблюдении 2-х групп нормативов [5]:

- нормативов качества окружающей среды (ПДК);
- нормативов допустимого воздействия на окружающую среду (НДВ ОС).

Нормативами качества окружающей среды называются физические, химические, биологические и иные показатели, при соблюдении которых обеспечивается устойчивое функционирование естественных экосистем, природных и природно-антропогенных объектов и сохраняется генетический фонд растений, животных и иных организмов.

К НДВ ОС относятся технические и технологические нормативы, что верно лишь отчасти, поскольку в основу установления этих показателей положено условие обязательного соблюдения не нормативов качества окружающей среды, а нормативов допустимого воздействия на окружающую среду.

Технические нормативы – нормативы, установленные техническими регламентами в отношении двигателей передвижных источников загрязнения окружающей среды.

Технологические нормативы сбросов – нормативы, которые устанавливаются с применением технологических показателей, не превышающих технологических показателей (ТП) наилучших доступных технологий (НДТ).

Технологические показатели – показатели концентрации загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды, например, сбросов загрязняющих веществ на расчетную единицу. Расчетной единицей могут служить время, количество производимой продукции, выполняемая работа, оказываемая услуга и др.

В статье рассмотрен алгоритм расчета технологических нормативов сброса на предприятиях по добыче и обогащению железных руд.

Алгоритм расчета технологического норматива на сброс при добыче и обогащении железных руд приведен на рисунке 2.

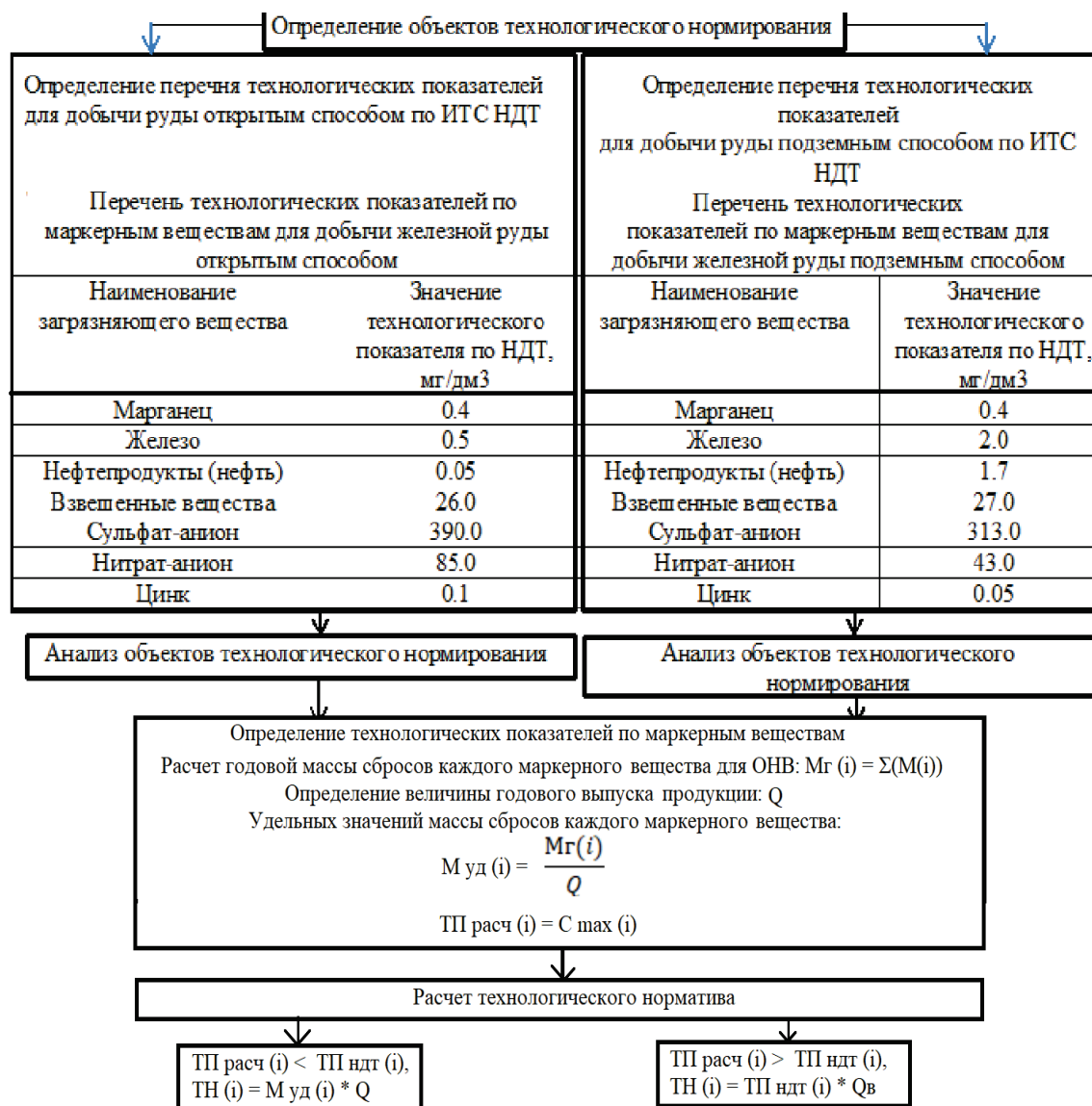


Рис. 2. Алгоритм расчета технологического норматива на сброс при добыче и обогащении железных руд:

где $Mг(i)$ – годовая масса сброса i -го вещества за указанный период, т/год;

$M(i)$ – масса сбросов i -го вещества всех выпусков сточных вод в составе ОНВ;

Q – величина годового выпуска продукции, т;

$M_{уд}(i)$ – удельное значение массы сбросов i -го вещества, т сбросов/(т продукции * год);

ТПрасч.(i) – расчетная величина технологического показателя по i -тому веществу за указанный период, мг/дм³;

C max(i) – максимальная концентрация i -го вещества за указанный период в составе объекта ОНВ, мг/дм³;

ТПндт (i) – значение технологического показателя ИТС НДТ по i -тому маркерному веществу, мг/дм³;

ТН – технологический норматив, т/год;

Qв – величина планируемого годового расхода сточной воды, дм³/год.

Алгоритм содержит в себе следующие пункты:

1. Определение объектов технологического нормирования на сброс производится определением водоема/водотока, куда будет направлен сброс.

2. Определение перечня технологических показателей. Перечень маркерных веществ и технологических показателей берутся из ИТС НДТ [2].

3. Анализ объектов технологического нормирования на сброс включает в себя перечисление и описание технологических процессов от которых образуются сточные воды,

которые впоследствии будут направлены на очистку от загрязняющих веществ и будут сброшены в поверхностные водоемы/водотоки.

4. Определение технологических показателей по маркерным веществам, содержащихся в сбросах.

Согласно приказу Минприроды [1] технологические показатели определяются для года с максимальным выпуском продукции. После этого составляется таблица для каждого объекта технологического нормирования, где указываются значения зафиксированных концентраций загрязняющих веществ по выбранному году. В соответствии с 18 пунктом Приказа министерства природных ресурсов [1] технологические показатели определяются в тех же единицах измерения, что и в справочнике ИТС НДТ. В справочнике ИТС НДТ [2] значения технологических показателей приведены в мг/дм³. Согласно пункту 17 приказа [1] за фактический показатель берется максимально измеренная величина за базовый год (год с максимальным числом произведенной продукции).

В качестве технологического показателя для сбросов маркерного вещества действующего объекта технологического нормирования принимается наименьшее значение концентрации данного вещества в выпусках сточных вод в составе объекта технологического нормирования.

5. Расчет технологических нормативов сброса производится по формулам (рис.2).

Подводя итог, в работе рассмотрели отрасль добычи и обогащения железной руды и провели анализ методической и информационно-справочной литературы. На основе проведенного анализа смогли разработать алгоритм расчета технологического норматива на сброс. Данный алгоритм позволит упростить работу для ответственных лиц при получении или пересмотре КЭР для предприятий данной категории воздействия на окружающую среду.

Библиографический список

1. Приказ Минприроды России от 14.02.2019 г. № 89 «Об утверждении Правил разработки технологических нормативов» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_321772/2ff7a8c72de3994f30496a0ccb1ddafdad518/ (дата обращения: 24.11.2022).
2. ИТС 25-2021 «Добыча и обогащение железных руд» [Электронный ресурс] // Бюро НДТ. – URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=1675&etkstructure_id=1872/ (дата обращения: 24.11.2022).
3. Лукина К. И., Шилаев В. П., Якушкин В. П. Процессы и основное оборудование для обогащения полезных ископаемых. – М.: Издательство МГОУ, 2006. – 216 с.
4. ИТС 16-2016 «Горнодобывающая промышленность. Общие процессы и методы» [Электронный ресурс] // Бюро НДТ. – URL: http://burondt.ru/NDT/NDTDocsDetail.php?UrlId=801&etkstructure_id=1872 (дата обращения: 24.11.2022).
5. Епифанов, А. В. Наилучшие доступные технологии и технологическое нормирование: учеб. пособие / А. В. Епифанов. – Санкт-Петербург, 2020. – 103 с.

УДК 628.31

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НАГРУЗКИ НА ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫЕ ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ СУЛЬФИТНОГО ЦБК

А. Д. Иванова
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В статье рассматриваются основные потоки сточных вод целлюлозно-бумажной промышленности, их загрязняющие вещества и методы очистки.

Ключевые слова: целлюлозно-бумажное производство, очистка сточных вод, щелочосодержащие сточные воды, дурнопахнущие сточные воды, коросодержащие сточные воды, волокносодержащие сточные воды.

Целью статьи является рассмотрение способов снижения нагрузки на ЦОС сульфитного ЦБК и выбор оптимального решения.

В задачи работы входит: обзор методов очистки сточных вод для каждого потока и анализ их достоинств и недостатков.

Состав сточных вод целлюлозно-бумажных производств зависит от метода получения целлюлозы и от вида выпускаемой продукции.

Загрязнители в сточных водах сульфит-целлюлозного процесса на 90 % состоят из органических веществ и на 10 % - из неорганических. В сульфитных стоках высокое содержание лигнинсульфоновых кислот, моно- и полисахаридов (а также продуктов распада сахаров), дополнительно в них определяются частицы смол, белков, уксусная кислота. Из органолептических и физико-химических показателей можно выделить наличие запаха и повышенную жесткость этих стоков [1].

На предприятиях ЦБП имеются многочисленные источники образования загрязненных сточных вод:

- При подготовке растворов химических реагентов.
- В процессе варки древесной щепы в варочном растворе.
- При промывке целлюлозы.
- В процессе отбеливания целлюлозы.
- Во время технологических операций разливания, прессования и высушивания целлюлозы.
- В ходе выпаривания щелочных растворов.

По характеру содержащихся загрязняющих веществ производственные сточные воды ЦБП разделяют на следующие группы [2]:

- щелочосодержащие;
- волокносодержащие;
- коросодержащие;
- дурнопахнущие.

В таблице 1 представлены источники образования сточных вод и основные загрязняющие вещества.

Таблица 1 – Характеристика сточных вод

Сточные воды	Источники образования	Загрязняющие вещества	Концентрации, кг/м ³
Щелочосодержащие сточные воды	Варочные, промывные и очистные цеха	Лигнин и его производные, такие как лигносульфонаты, органические кислоты, волокно, спирты, соли натрия, карбонат магния, сульфат магния, фурфурол	$S_{хпк}=0,5$; $S_{бпк}=0,05$
Коросодержащие сточные воды	Окорка и обмывка древесины	Зола, смолы, вещества, обладающие дубильными свойствами, пектин, пигмент	$S_{вв}= 0,025$
Дурнопахнущие сточные воды	Варочные и выпарные цеха	Сероводород, метилмеркаптаны, диметилсульфид, диметилдисульфид	$S_{H_2S}=0,00135$; $S_{C_2H_5SH}= 0,000275$; $S_{C_2H_5SCH_3}=0,034$
Волокносодержащие сточные воды	Сушильные и сортировочные цехах	Взвешенные вещества, каолин, а также целлюлозные и древесные волокна	$S_{вв}=0,025$

Для очистки щелочесодержащих сточных вод применяется биологическая очистка (аэротенки, аэрируемые пруды, биореакторы) и физико-химическая очистка (коагуляции сернокислым алюминием или известковым молоком с применением флокулянтов, сорбция, обратный осмос, ультрафильтрация, адсорбция, нанофильтрация) [3].

Обзор наиболее распространенных систем биологической очистки представлен в таблице 2 [4].

Таблица 2 – Системы биологической очистки

Система	Преимущества	Недостатки	Эффективность снижения нагрузки по БПК	Эффективность снижения нагрузки по ХПК
Одноступенчатая очистка с использованием активного ила	Традиционный процесс; большой опыт применения	Высокое энергопотреб.; большое количество избыточного ила; проблемы с разбуханием или с плавающим илом	85 % - 96 %	60 % - 85 %
Двухступенчатая очистка с использованием активного ила (со ступенью высокой нагрузки ила)	Улучшенные свойства активного ила	Высокое энергопотреб.; большое количество избыточного ила	85 % - 98 %	75 % - 90 %
Одноступенчатые аэробные погружные биофильтры	Безопасный процесс; фиксированная биомасса	Чувствителен к повышенным концентрациям взвешенных веществ	60 % - 65 %	50 % - 55 %
Двухступенчатые аэробные погружные биофильтры	Безопасный процесс; фиксированная биомасса	Чувствителен к повышенным концентрациям взвешенных веществ	60 % - 70 %	50 % - 60 %
Биофильтры малой производительности	Простая конструкция; низкое энергопотребление; охлаждение воды	Риск засорения; запах	60 % - 65 %	50 % - 55 %
Биофильтры высокой производительности	Простая конструкция; низкое энергопотребление; охлаждение воды	Риск засорения; запах	60 % - 70 %	50 % - 60 %
Биореактор с подвижным слоем биомассы (MBBR)	Фиксированная биомасса; нет циркулирующего ила; меньший объем реактора	Большое количество избыточного ила	85 % - 95 %	80 % - 90 %

Обзор физико-химических способов очистки представлен в таблице 3.

Таблица 3 – Физико-химические способы очистки

Метод	Достоинства	Недостатки	Эффективнос ть
Обратный осмос	- отфильтровывает почти все частицы, включая ионы и тяжелые металлы; - использование химикатов сведено к минимуму	- дороговизна; - затраты на электроэнергию	До 99 %
Ультрафильтрация	- для очистки не используются химические вещества; - используется для удаления как частиц, так и микроорганизмов; - автоматизация процесса; - компактность; - небольшие эксплуатационные затраты	- высокая стоимость замены мембранных элементов; - высокая стоимость оборудования водоподготовки; - высокая чувствительность мембранных систем к наличию в воде антропогенных загрязнений	До 95 %
Сорбция	- высокая эффективность; - простота монтажа и демонтажа; - отсутствие необходимости использовать химический реагент; - компактность	- ограниченное время работы; - необходимость механической очистки и обеззараживания	80 – 95 %
Коагуляция	- скорость; - удаление мелких частиц	- образование осадка; - аддитивный процесс; - комплексное дозирование	До 95 %
Адсорбция	- простота и гибкость процесса; - нечувствительность к токсичным соединениям; - низкое энергопотребление; - минимальное дозирование химикатов	- высокая цена адсорбента; - требует наличия дополнительных установок	90 %
Нанофильтрация	- небольшое потребление энергии; - селективность; - способность задерживать частицы с размером в нанометры.	- требуется тщательная подготовка воды; - высокие эксплуатационные затраты	95 %
Химическое осаждение	- простота конструкции; - требуется минимальное количество оборудования	- образуется большое количество осадка; - высокий расход химикатов	80 – 90 %

Биологическую и физико-химическую очистку лучше всего применять в сочетании друг с другом. С помощью такой комбинации можно достигнуть эффективности в удалении БПК₅ на 95 %, в удалении ХПК – на 80 % [5].

Коросодержащие сточные воды, как правило, подвергают локальной очистке.

Локальная очистка коросодержащего потока направлена на то, чтобы отделить кору и волокно от воды и использовать эту твердую фазу в качестве топливного агента, осветленную воду частично вернуть для повторного использования в данном производстве. Локальная очистка коросодержащего потока является, как правило, механической, для которой используют фильтры, решетки, отстойники и песколовки.

Существующие методы очистки от дурнопахнущих веществ делятся на следующие основные группы: термические, биологические, фотокаталитические, химические [6]. Достоинства и недостатки методов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Методы очистки воды от дурнопахнущих веществ

Название	Достоинства	Недостатки	Эффективность
Термическое окисление	- эффективность; - высокая степень очистки стоков	- большой расход топлива; - дороговизна, т. к. требуется нагрев до высоких температур	95 – 98 %
Биологический метод	- простота конструкции аппаратуры; - относительно невысокая эксплуатационная стоимость	- биофильтры не могут работать при низких температурах; - длительное время адаптации к новым загрязнителям или изменению концентрации удаляемых примесей	90 %
Фотокаталитический метод	- не требуют введения химических реагентов; - не приводят к вторичному загрязнению; - компактность	- дороговизна	99 %

Наиболее эффективно использовать фотокаталитический метод очистки, так как у него высокая эффективность и нет необходимости в затратах на дополнительные реагенты [7]. Для очистки волоконсодержащих сточных вод можно использовать седиментацию и флотацию. Сравнение этих методов представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Сравнение флотации и седиментации

Название	Достоинства	Недостатки	Эффективность
Флотация	- непрерывность процесса; - невысокие капитальные и эксплуатационные затраты; - простое оборудование; - высокий уровень очистки; - селективность выделения примесей; - скорость; - шлам имеет невысокое содержание влаги	- не является самостоятельным, требует дополнительных технологий очистки; - удаляется только часть загрязнений; - иногда требуются дополнительные затраты на расход реагентов; - существует необходимость строго контролировать количество и размеры воздушных пузырьков.	90 – 93 %
Седиментация	- простота оборудование; - невысокие капитальные и эксплуатационные затраты	- низкая эффективность	60 – 65 %

Наиболее целесообразно использовать флотационный метод, так как он обладает более высоким уровнем очистки.

Сточные воды, образующиеся в процессе производства целлюлозы, оказывают негативное воздействие на окружающую среду, особенно на водные объекты. Поэтому перед сбросом их необходимо очищать.

Исходя из всего вышеизложенного, можно сделать выводы о том, что для шлокоосодержащего стока лучше использовать комбинацию биологической очистки,

представленной биореактором с подвижным слоем биомассы (MBBR) и физико-химической очистки с помощью обратного осмоса, что позволит снизить нагрузку по БПК на 95 %, а по ХПК на 90 %; для дурнопахнущего стока – фотокаталитическую очистку воды на катализаторах под действием ультрафиолетового излучения; для волокносодержащего стока – флотацию в напорных флотаторах, что даст возможность повысить эффективность очистки до 88 %; для коросодержащего стока оптимальной будет очистка воды в отстойниках.

Библиографический список

1. Терентьева, Э. П. Комплексная химическая переработка древесины: учебное пособие / Э. П. Терентьева, Н. К. Удовенко, Е. А. Павлова. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2016. – 74 с.
2. Дягилева, А. Б. Промышленная экология: учебное пособие. Часть 2 / А. Б. Дягилева, А. В. Лоренцсон, Ю. М. Чернобережский. – СПб.: СПбГТУРП, 2012. – 109 с.
3. Раковская, Е. Г. Анализ методов очистки сточных вод лесопромышленного комплекса / Е. Г. Раковская, А. П. Сулима, О. А. Кудряшова // Вестник МАНЭБ. – 2016. - № 1 (21). – С. 50-53. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35246334>. – Текст: электронный (дата обращения: 25.11.2022).
4. ИТС 1-2015 «Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона». Обновляется в течение суток. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200128661> (дата обращения 13.11.2022) Текст: электронный. Изображения: электронные
5. Stanka Zrncevic, Wastewater from pulp and paper industry and its treatment // OBRADA INDUSTRIJSKE OTPADNE VODE IZ PROIZVODNJE CELULOZE I PAPIRA.- 2019.- № 1 (294). С. 317-333. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/338913970> – Текст: электронный (дата обращения: 25.11.2022).
6. Тихонова, А. А. Устранение запахов дурно пахнущих загрязнителей в системах водоочистки / А. А. Тихонова, Ю. А. Чернова, И. В. Владимцева, А. Ю. Рогожкин, В. С. Ткачев // Инженерный вестник дона. – 2018. - № 4 (51). – С. 228. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=37845373> Текст: электронный (дата обращения: 26.11.2022).
7. Ю. Н. Стукалина, Анализ методов удаления запахов на сооружениях очистки сточных вод / Л. В. Боронина, И. В. Лукичева :Материалы XIII Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов. – 2019. – № 1. С. 134-136. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42523051> – Текст: электронный (дата обращения: 25.11.2022).

УДК 67.676

НОРМИРОВАНИЕ СБРОСОВ СУЛЬФАТНО-ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ КОМБИНАТОВ

А. А. Ильина
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В статье рассмотрены подходы к особенностям нормирования сбросов для сульфатно-целлюлозных комбинатов. Нормирование сбросов сульфат-целлюлозных предприятий в РФ производится по маркерным веществам и веществам 1 и 2 классов опасности.

Ключевые слова: сульфатная варка, целлюлоза, водные объекты, сбросы, воздействие на окружающую среду, нормирование.

Цель: проанализировать подходы к нормированию сбросов сульфатно-целлюлозных комбинатов.

Задачи: проанализировать состав сточных вод сульфатного производства целлюлозы, определить маркерные вещества и их состав, изучить и сравнить показатели по маркерным веществам в российских нормативах и в BREF.

Современная система нормирования сбросов сульфатно-целлюлозных комбинатов базируется на расчете технологических и экологических нормативов сброса. Нормативы допустимых сбросов необходимо рассчитывать по веществам 1 и 2 классов опасности, а технологические нормативы сбросов по маркерным для отрасли веществам.

Сульфатный способ производства целлюлозы с системой регенерации химикатов является наиболее эффективным и экономичным способом получения технических целлюлоз с высокими прочностными характеристиками, позволяющий перерабатывать древесину практически всех пород.

Основные технологические блоки производства сульфатной целлюлозы отражены на рисунке 1.

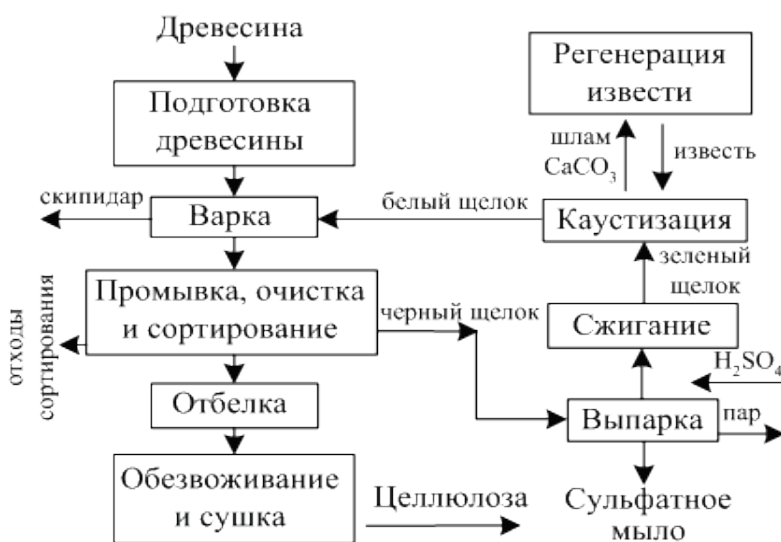


Рис. 1. Укрупненная блок-схема производства сульфатной целлюлозы [3]

Основными источниками загрязнения сточных вод при производстве целлюлозы являются варочные, промывные и отбельные цеха.

По характеру содержащихся загрязняющих веществ производственные сточные воды ЦБП разделяют на следующие группы: щелокосодержащие, кислото-щелокосодержащие, волокносодержащие, коросодержащие и дурнопахнущие.

При производстве сульфатной целлюлозы в сточные воды попадает большое количество загрязняющих веществ, включая: соединения лигнина; летучие и нелетучие фенолы, метанол, скипидар, формальдегид, экстрактивные вещества и т. д.

Однако в европейской и современной российской практике технологическому нормированию подлежат только химическое потребление кислорода (ХПК), биохимическое потребление кислорода (БПКп/БПК_{5/7}), взвешенные вещества (ВВ), сухой остаток, азот общий, фосфор общий, адсорбируемые органически связанные галогены (АОХ).

Небольшой перечень технологически-нормируемых веществ обусловлен их интегральным характером. Например, показатель ХПК в сточных водах сульфатно-целлюлозного производства в среднем содержит: 35-47,9 % взвешенных веществ, 5-30 % соединений лигнина, 11,8-15 % летучих веществ, 1,5-3 % нелетучих фенолов, 0,11-6,5 % смоляных и жирных кислот, 0,6-2 % нейтральных веществ. Показатель БПК включает фенол, спирты, формальдегид, фурфурол, низшие алифатические спирты [1, 4, 6].

1. Расчет технологических нормативов сбросов производится в соответствии с наилучшими доступными технологиями (НДТ) и приказом Министерства природных ресурсов и экологии № 579 согласно представленной на рисунке 2 блок-схемы [1, 2, 5].

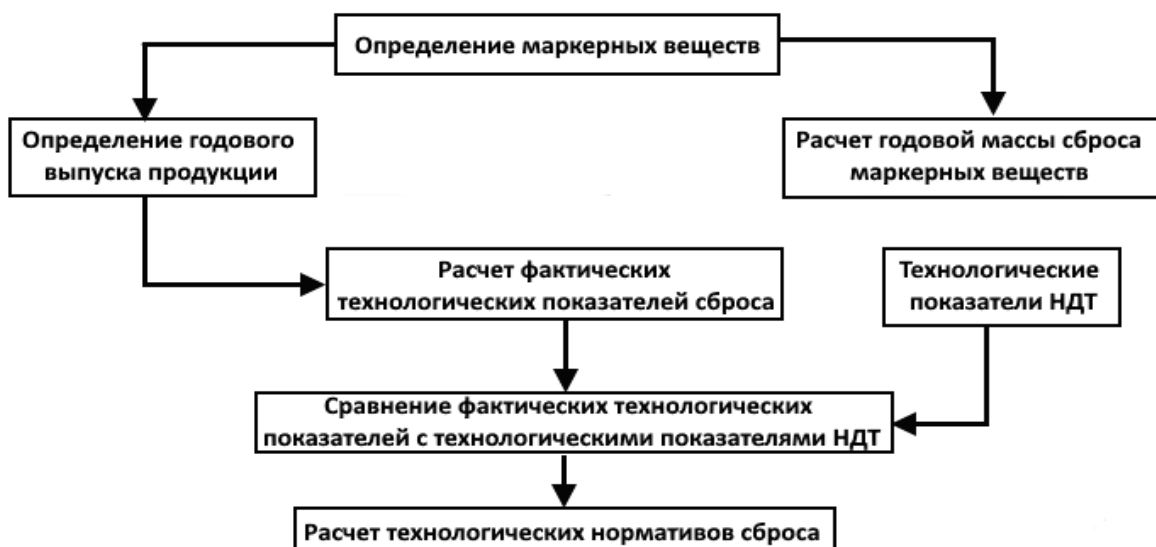


Рис. 2. Порядок определения технологических показателей для сбросов и технологических нормативов для действующих объектов технологического нормирования [6]

Важнейшим этапом расчета технологических нормативов является определение технологических показателей сбросов, соответствующих наилучшим доступным технологиям. В таблице 1 приведены технологические показатели, соответствующие НДТ, при производстве сульфатной целлюлозы в составе интегрированного предприятия, согласно Приказу Министерства природных ресурсов и экологии № 579, европейскому справочнику BREF 2015 г. и ИТС-1 2015 г. [1, 5, 7].

Таблица 1 – Технологические показатели сброса, соответствующие применению НДТ, при производстве сульфатной целлюлозы в составе интегрированного предприятия [1, 5, 7]

Единица измерения	кг/т					
Маркерный показатель	Небеленая целлюлоза	Беленая целлюлоза	Небеленая целлюлоза	Беленая целлюлоза	Небеленая крафт-целлюлоза	Беленая крафт-целлюлоза
	ИТС - 1		Приказ Минприроды № 579		Best available techniques (BREF)	
ХПК	5,00-12,00	8,00-30,00	5,00-12,00	8,00-30,00	2,5-8,0	12-20
БПКп	0,30-0,70	0,80-1,20	0,30-0,70	0,80-1,20	25 мг/л	
ВВ	0,90-1,20	0,60-1,90	0,90-1,20	0,60-1,90	0,3-1,0	0,3-1,5
АОХ (беленая)	-	0,25-0,40	-	0,25-0,40	-	0-0,2
Но _{бщ}	0,25-0,40	0,25-0,40	-	-	0,1-0,2	0,05-0,25
Ро _{бщ}	0,01-0,04	0,01-0,04	-	-	0,01-0,02	0,01-0,03
Расход сточных вод, м ³ /т ³	50,00-70,00	100,00-150,00	-	-	-	-

В Приказе Минприроды № 579 по сравнению с ИТС-1 и BREF отсутствуют общий азот и фосфор, а расход сточных вод приведен только в справочнике ИТС-1. Норматив BREF предъявляет более жесткие требования к сточной воде. Практически по всем веществам норматив BREF в два-три раза строже российских нормативов.

Российские требования по БПК определяются в килограммах вещества на тонну целлюлозы, а в BREF в миллиграммах на литр сточной воды.

Использование на производстве компактной установки биологической очистки сточных вод может привести к несколько более высоким уровням сбросов по общему азоту. Для

заводов, производящих целлюлозу с высокой прочностью, жесткостью и высокой степенью чистоты, уровень выбросов АОХ может достигать 0,25 кг/т.

Выводы:

1. Нормирование сбросов сульфат-целлюлозных предприятий в РФ производится по маркерным веществам и веществам 1 и 2 классов опасности.

2. Величина ХПК является интегрированной величиной, в достаточной мере характеризующей сброс минеральных веществ, лигнинов, летучих веществ, нелетучих фенолов, смоляных и жирных кислот, нейтральных веществ.

3. Основными стадиями технологического процесса сульфатно-целлюлозного производства, приводящими к загрязнению сточных вод, являются: варка, промывка и отбеливание целлюлозы.

Библиографический список

1. Наилучшие доступные технологии (НДТ). ИТС №1. Документ по стандартизации для производства целлюлозы, бумаги и картона. Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона. – М., 2015. – 465 с.

2. European Commission. Best Available Techniques document on Standardization for the Production of Pulp, Paper and Board. 2015. – p. 465.

3. Непенин Ю. Н. Технология целлюлозы. - М.: Лесная промышленность, 1990. Т. 2. – 600 с.

4. ГОСТ Р 56363-2009. Целлюлоза, бумага, картон. Термины и определения. – Москва: Изд-во стандартов, 2011. – 70 с.

5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии от 27 августа 2019 года № 579 «Об утверждении нормативного документа в области охраны окружающей среды "Технологические показатели наилучших доступных технологий производства целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона». – М.: Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации, 2019. – 3 с.

6. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 14 февраля 2019 г. № 89. Об утверждении Правил разработки технологических нормативов. – М., 2021. – 6 с.

7. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Pulp, Paper and Board Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control). 2015.

УДК 66.081.4

ИЗУЧЕНИЕ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ГЛУБОКОЙ ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ОТ ДИОКСИДА СЕРЫ В ТРЕХСТУПЕНЧАТОЙ АБСОРБИЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ

Д. А. Ким
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. С помощью математического моделирования исследована возможность глубокой очистки дымовых газов от диоксида серы методом содовой абсорбции. Показано, что трехступенчатая газоочистная установка способна значительно повысить коэффициент полезного использования соды в сравнении с одно- и двухступенчатой установками и довести его до 96 %.

Ключевые слова: дымовые газы, очистка, диоксид серы, математическое моделирование, трехступенчатая установка, абсорбция.

Необходимость глубокой очистки дымовых газов является актуальной в связи с созданием и развитием в России системы переработки и утилизации твердых коммунальных

отходов (ТКО). Как известно, большая часть этих отходов должна поступать на переработку с целью повторного использования, однако часть ТКО (порядка 10-15 %) не может быть переработана и подлежит сжиганию на мусоросжигательных заводах (МСЗ). При сжигании образуются вредные вещества, в том числе и диоксид серы, которые с дымовыми газами могут поступать в атмосферу. Поскольку мусоросжигательные заводы строятся, как правило, в центре города, к очистке газовых выбросов МСЗ должны предъявляться весьма жесткие требования. В нашем исследовании мы решили оценить, возможно ли создать установку абсорбционной очистки от SO_2 дымовых газов МСЗ, которая обеспечит выполнение предельно жесткого, на наш взгляд, требования – содержание SO_2 в дымовых газах после газоочистной установки должно быть равно ПДК жилой зоны.

На кафедре ООС и РИПР ВШТЭ в последние годы проводились исследования содовой абсорбции SO_2 из дымовых газов с использованием математического моделирования. В работе [1] с использованием математических моделей одно- и двухступенчатой установок очистки дымовых газов от SO_2 было показано, что при двухступенчатой очистке расход соды значительно сокращается в сравнении с одноступенчатой, если требуется высокая степень очистки (99,9 % и выше). В работе [2] с помощью математического моделирования было установлено, что для достижения на выходе газоочистной установки ПДК жилой зоны по SO_2 , двухступенчатая установка требует примерно в 2 раза меньшего расхода соды, чем одноступенчатая. Логично было предположить, что добавление третьей ступени абсорбции позволит еще больше сократить расход соды на очистку дымовых газов от SO_2 . Для проверки этого предположения нами была разработана математическая модель трехступенчатой установки содовой абсорбционной очистки дымовых газов от SO_2 . Принципиальная схема установки приведена на рисунке.

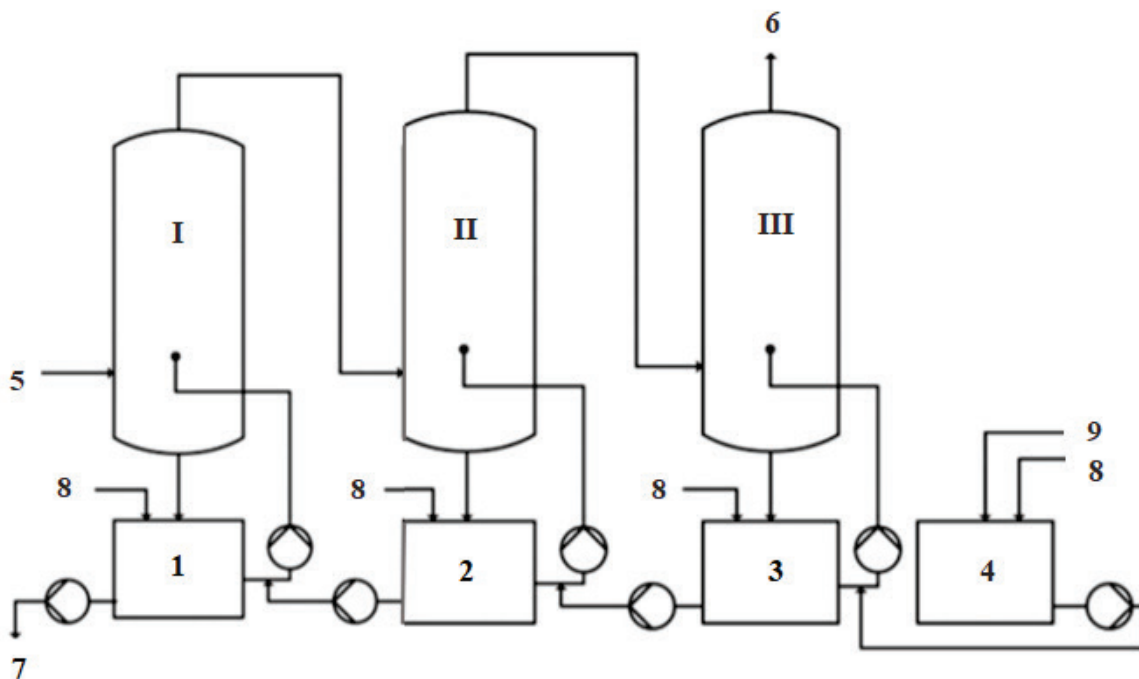


Рис. Трехступенчатая схема абсорбционной очистки дымовых газов от SO_2 :

I, II, III – прямоточные распылительные скрубберы первой, второй и третьей ступеней; 1, 2, 3 – баки абсорбента; 4 – бак свежеприготовленного раствора Na_2CO_3 ; 5 – дымовые газы; 6 – очищенные газы; 7 – отработанный раствор; 8 – подача свежей воды; 9 – подача сухой Na_2CO_3 .

При создании математической модели был сделан ряд допущений:

1) Установка работает в установившемся (квазистационарном) режиме, то есть параметры работы установки во времени не изменяются.

2) Во всех абсорберах движение газа осуществляется по модели идеального вытеснения.

3) В абсорберах реализуется эффективный массообмен, который обеспечивает достижение межфазового и химического равновесий за время пребывания капель абсорбента и очищаемого газа в аппарате.

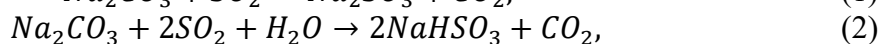
4) Каплеунос из абсорберов отсутствует.

5) Дымовой газ состоит из азота, углекислого газа и диоксида серы. Влиянием других компонентов дымовых газов пренебрегли.

6) Скрубберы работают в режиме испарения, и для компенсации потерь воды в баке абсорбента на каждой ступени вводится необходимое ее количество. Тогда объемы свежего содового раствора, подаваемого на установку, откачиваемого с установки отработанного раствора и перекачиваемого в единицу времени со ступени на ступень растворов, можно считать одинаковыми.

При сделанных допущениях математическая модель представляет собой систему уравнений, включающую уравнения химического и фазового равновесий и уравнения материального баланса химических реагентов, участвующих в абсорбции. Система состоит из 41 уравнения и содержит 41 неизвестную переменную, каждая из которых является одним из параметров газоочистой установки (концентрации веществ в абсорбенте и газовой фазе на каждой ступени, расходы растворов). Известными постоянными в этой системе уравнений являются константы межфазного и химического равновесий и фиксированные параметры дымовых газов и абсорбента. Значения констант равновесия брали из работы [3]. Параметры газов приняли по данным котла КГВН-30 ТЭЦ № 17 г. Выборга: $V_G = 5,56 \text{ м}^3/\text{с}$, $[CO_2]_0 = 3,57 \cdot 10^{-3} \text{ г-моль/л}$. Концентрацию SO_2 приняли близкой к значениям, характерным для котлов, работающих на мазуте, и взяли три разных концентрации, а именно: $[SO_2]_{01} = 1,5 \cdot 10^{-5}$; $3,12 \cdot 10^{-5}$; $15,0 \cdot 10^{-5} \text{ кг-моль/м}^3$. Концентрацию Na_2CO_3 в свежем содовом растворе приняли $2,08 \text{ г-моль/л}$. ПДК жилой зоны для SO_2 приняли в соответствии с [4], равной $0,05 \text{ г/л}$ ($7,8 \cdot 10^{-10} \text{ г-моль/л}$). Система уравнений решалась с помощью численных методов.

В качестве параметра, по которому оценивали качество работы газоочистой установки, выбрали расход сухой соды (Na_2CO_3) в единицу времени. Именно по этому параметру сравнивали между собой одно-, двух- и трехступенчатую установки при трех разных концентрациях SO_2 в очищаемых дымовых газах. Понятно, что прямое сравнение расходов соды при разных концентрациях SO_2 в дымовых газах не вполне объективно, т. к. ясно, что чем выше концентрация SO_2 , тем больше требуется соды на ее улавливание. Поэтому, кроме расхода соды, мы ввели понятие эффективности расходования соды установкой. При абсорбции SO_2 содовым раствором в установке могут идти две конкурирующие реакции:



С точки зрения минимизации расхода соды на очистку предпочтительнее вторая реакция, при которой одна молекула соды улавливает две молекулы SO_2 , а реакция (1) ухудшает это соотношение. Для каждого варианта работы установки мы рассчитали теоретический расход соды по уравнению реакции (2). Он является минимально возможным, мы назвали его оптимальным теоретическим расходом. Эффективность расходования соды мы вычисляли как отношение оптимального теоретического расхода соды для каждого конкретного варианта работы установки к тому расходу, который предсказывает математическая модель. Эти данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расходы сухой соды на очистку газов от SO₂, рассчитанные по математическим моделям

Показатели		Начальная концентрация SO ₂ в газах, г-моль/л		
		1.5·10 ⁻⁵	3.12·10 ⁻⁵	15.0·10 ⁻⁵
Расход сухой соды на установку, G _{Na₂CO₃} , г-моль/с	Одноступенчатая установка	0.145	0.301	1.457
	Двухступенчатая установка	0.056	0.109	0.459
	Трехступенчатая установка	0.051	0.100	0.433
Оптимальный теоретический расход соды, г-моль/с		0.042	0.087	0.417
Эффективность использования соды, %	Одноступенчатая установка	28.97	28.9	28.62
	Двухступенчатая установка	75.0	79.82	90.85
	Трехступенчатая установка	82.35	87.0	96.3

Понятно, что максимально возможная эффективность использования соды – 100 %. Из таблицы видно, что попытка очистить дымовые газы от SO₂ до значения ПДК в одноступенчатой установке приведет к весьма неэффективному расходованию соды, лишь порядка 30 % ее пойдет на улавливание SO₂, а 70 % соды бесполезно уйдет в отходы. В двухступенчатой схеме эффективность расходования соды повышается до 75-90 %, а в трехступенчатой может достигнуть 96 %.

Математические модели позволяют рассчитать концентрации SO₂ на входе и выходе каждой ступени газоочистной установки. Используя эти данные, мы рассчитали долю SO₂, улавливаемую на каждой ступени установки в процентах от общего количества SO₂, уловленного всей установкой. Эти результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Распределение доли уловленного SO₂ по отдельным ступеням газоочистных установок

Показатели			Начальная концентрация SO ₂ в газах, г-моль/л		
			1.5·10 ⁻⁵	3.12·10 ⁻⁵	15.0·10 ⁻⁵
Доля SO ₂ , уловленного на каждой ступени, x _{SO₂} , в %	Двухступенчатая установка	Первая ступень	61.03	63.79	68.35
		Вторая ступень	38.97	36.21	31.65
	Трехступенчатая установка	Первая ступень	10.6	9.71	6.0
		Вторая ступень	54.03	57.15	64.14
		Третья ступень	35.37	33.14	29.86

В этой таблице обращает на себя внимание тот факт, что в трехступенчатой установке на первой ступени улавливается сравнительно небольшая часть от всего уловленного установкой количества SO₂. Однако именно эта небольшая часть обеспечивает высокую эффективность использования соды трехступенчатой установкой.

Мы также рассчитали, исходя из начальных и конечных концентраций SO₂ на каждой ступени, какой должна быть степень очистки SO₂ на каждой ступени установки. Эти данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Степени улавливания SO₂ по отдельным ступеням, рассчитанные по математическим моделям

Показатели			Начальная концентрация SO ₂ в газах, г-моль/л		
			1.5·10 ⁻⁵	3.12·10 ⁻⁵	15.0·10 ⁻⁵
Степень улавливания SO ₂ η_{SO_2} , в %	Одноступенчатая установка	Первая ступень	99.9948	99.9975	99.9995
	Двухступенчатая установка	Первая ступень	61.0	63.78	68.33
		Вторая ступень	99.987	99.993	99.998
	Трехступенчатая установка	Первая ступень	10.0	9.62	6.0
		Вторая ступень	60.44	63.83	68.23
		Третья ступень	99.985	99.993	99.998

Приведенные в таблице данные показывают, что степень улавливания в одноступенчатой установке должна составлять порядка 99,999 %, а в двухступенчатой и трехступенчатой установках степень улавливания на последней ступени должна составлять 99,998 %. Достижение столь высоких степеней очистки в одном аппарате является довольно сложной инженерной задачей. В то же время на начальных ступенях двух- и трехступенчатой установок степень очистки должна быть весьма невысокой – от 6 до 68 %. Такую степень очистки может обеспечить любой абсорбер.

Библиографический список

1. Яковлев, В. А. Сравнение эффективности одно- и двухступенчатой схем абсорбционной очистки дымовых газов от диоксида серы. / В. А. Яковлев, Е. Н. Нестерова // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. – 2014. – № 4. – С. 86–91.
2. Лукинова О. Д. Исследование с помощью математической модели глубокой абсорбционной очистки дымовых газов от диоксида серы. / О. Д. Лукинова, В. А. Яковлев. – Текст: электронный : Материалы II Всероссийской научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Современные тенденции развития химической технологии, промышленной экологии и техносферной безопасности». – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. – С. 165 – 169. – ISBN 978-5-91646-269-2.
3. Яковлев В. А., Григорьева Н. В., Макаренко В. А., Верх Е. А., Полторацкий Г. М. Изучение равновесий, имеющих место при абсорбции серосодержащих соединений из газовых выбросов ЦБП // Известия ВУЗ, Лесной журнал. – 1991. – № 2. – С. 91-93.
4. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 No 2 "Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685–21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" (вместе с "СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы...") (Зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 No 62296). – Текст: электронный // «Консультант Плюс: - законодательство РФ: (сайт). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_375839/fa69e15a74de57cbe09d347462434c11fcfeeaca/

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ОТ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СУДОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д. О. Ковалева
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** Рассмотрены основные методы очистки атмосферного воздуха от примесей и вредных веществ на предприятиях судостроения. Даны основные характеристики этих методов очистки воздуха и описаны стадии процесса очистки. Приведены схемы пылеуловителей.*

***Ключевые слова:** судостроительная промышленность, газопарообразные примеси, взвешенные частицы, парниковые газы, пыль.*

Судостроительные предприятия связаны с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха и в целом окружающей среды. Особенностью производств судостроительных предприятий является образование парниковых газов и других вредных веществ.

Все процессы извлечения взвешенных частиц из воздуха включают в себя две операции: осаждение частиц пыли или капель жидкости на сухих или смоченных поверхностях, а также удаление осадка с поверхностей осаждения. Основной операцией является осаждение, по ней все пылеуловители делятся на сухие и мокрые. Процесс очистки от вредных веществ характеризуется тремя основными характеристиками: эффективностью очистки, гидравлическим сопротивлением, производительностью [1].

Сухие пылеуловители – это аппараты очистки газа от пыли, механических примесей. К ним относятся пылеосадительные камеры, некоторые из простейших по конструкции пыле- и золоуловителей инерционного действия, циклоны в одиночном и групповом исполнении, батарейные циклоны, дымососы-пылеуловители. Чаще всего применяют центробежные пылеулавливатели, например, циклоны. Циклоны делятся на конические и цилиндрические.

Схема работы циклонного пылеуловителя определяется его конструкцией. Устройство состоит из 2-х частей: цилиндрической – верхней и конической – нижней. Уловленная пыль оседает в бункере [2].

Принцип работы циклона заключается в следующем: загрязненный воздух поступает через входной патрубок (оптимальная скорость для циклона: для конического 1-2,1 м/с, центробежного 2,5-4,5 м/с). Патрубок имеет спиральную форму, которая придает потоку вращательное движение вдоль стенок корпуса. Улавливание пыли осуществляется под воздействием силы центробежного движения, возникающего в процессе движения газа между корпусом и выхлопной трубой. В бункере оседает уловленная пыль, а чистый газ проходит через трубу выхлопа.

Циклон-ЦН – самый популярный циклонный фильтр. На рисунке 1 представлена схема циклона марки ЦН-15.

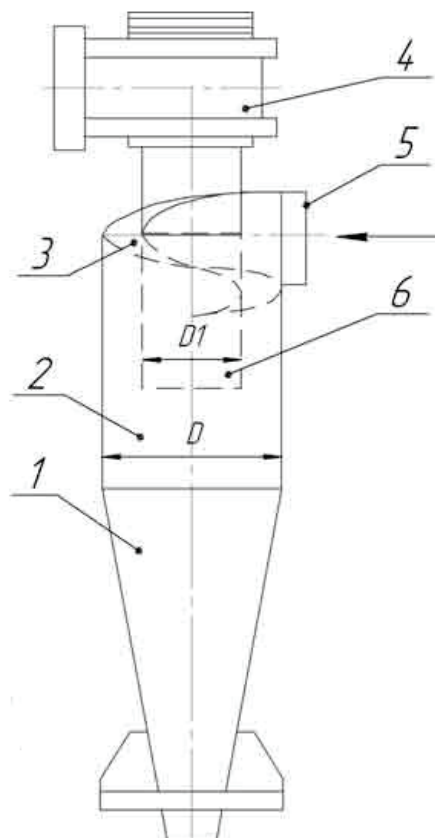


Рис. 1. Циклон ЦН-15:

1 – конус; 2 – цилиндр; 3 – винтовая крышка; 4 – улитка; 5 – входной патрубок;
6 – выходной патрубок

Средняя эффективность обеспыливания газов в циклонах составляет 0,80-0,95 при размере частиц пыли не более 10 мкм. Производительность циклонов лежит в диапазоне от нескольких сот до десятков тысяч кубических метров в час.

Мокрые пылеуловители применяются не только для очистки газов от пыли, но и для абсорбции газовых примесей, а также охлаждения газов. Особенностью этих систем очистки является высокая эффективность очистки от мелкодисперсной пыли (менее 1 мкм). В качестве орошающей жидкости чаще всего применяется вода [3]. Наибольшее практическое применение находят скрубберы Вентури, которые работают следующим образом. Через патрубок газ подается в сопло, имеющее конфузур (сужение), в который через форсунки подается вода на орошение. В этой части сопла скорость газа увеличивается, достигая максимума (100-150 м/с) в самом узком сечении. Увеличение скорости способствует осаждению частиц пыли на каплях воды. В диффузорной части сопла скорость потока мокрых газов уменьшается до 10-20 м/с. Этот поток подается в корпус, где под действием сил гравитации происходит осаждение загрязненных пылью капель. Очищенный газ выходит в верхнюю часть корпуса, а в нижнюю попадает шлам.

Эффективность скрубберов Вентури 97–98 % для частиц со средним размером 1-2 мкм при начальной концентрации примесей до 100 г/м³. Расход воды для очистки газа составляет порядка 0,1-0,6 л/м³ [4]. На рисунке 2 представлена схема скруббера Вентури.

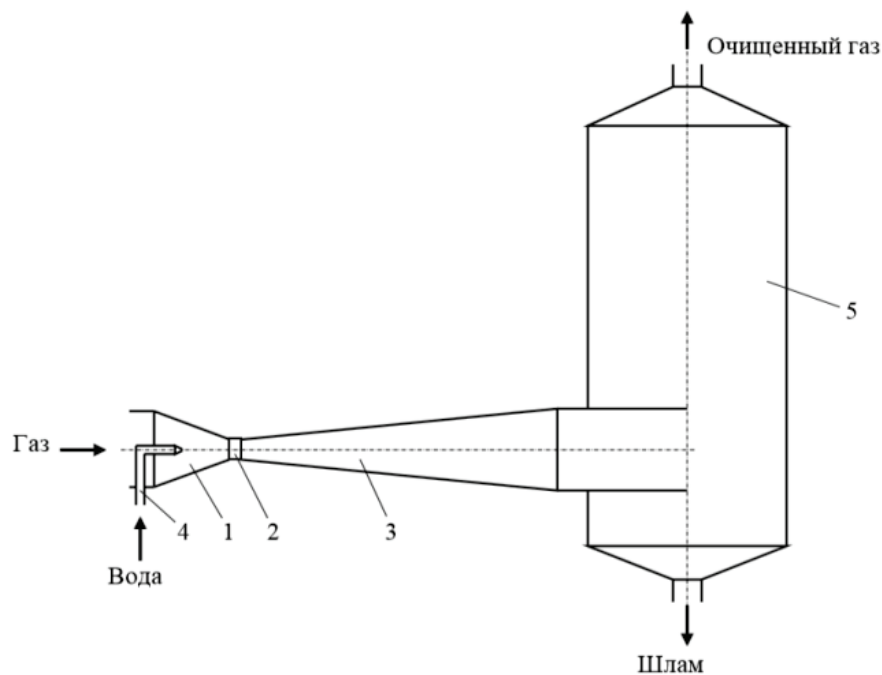


Рис. 2. Скруббер Вентури:
 1 – конфузور; 2 – горловина; 3 – диффузор; 4 – оросительное устройство;
 5 – каплеуловитель

Фильтры широко используются для тонкой очистки промышленных выбросов. Работа их основана на фильтровании воздуха через пористую перегородку, в процессе которого твердые частицы примесей задерживаются на ней. В корпусе фильтра расположена воздухопроницаемая перегородка, на которой осаждаются улавливаемые частицы. В фильтрах применяют перегородки следующих типов [5]:

1. В виде зернистых слоев (используются для очистки от пылей механического происхождения (дробилок, грохота, мельниц); они дешевы, просты в эксплуатации, эффективность 99 %).
2. Гибкие пористые (используются для тонкой очистки газов от примесей; их основные недостатки – малая термостойкость, низкая прочность).
3. Полужесткие пористые (могут работать в широком диапазоне температур и в агрессивных средах).
4. Жесткие пористые (обладают высокой прочностью, коррозионной и жаростойкостью).

На предприятиях судостроительного производства для очистки выбросов в атмосферу в основном используются циклоны марки ЦН-11, ЦН-15 и циклон Гипродревпром-Ц, благодаря простоте изготовления и возможности ремонта, стабильной величине гидравлического сопротивления, возможности работы циклонов при высоких давлениях, возможности улавливания абразивных пылей и улавливания пыли в сухом виде. Схема циклона Гипродревпром-Ц приведена на рисунке 3.

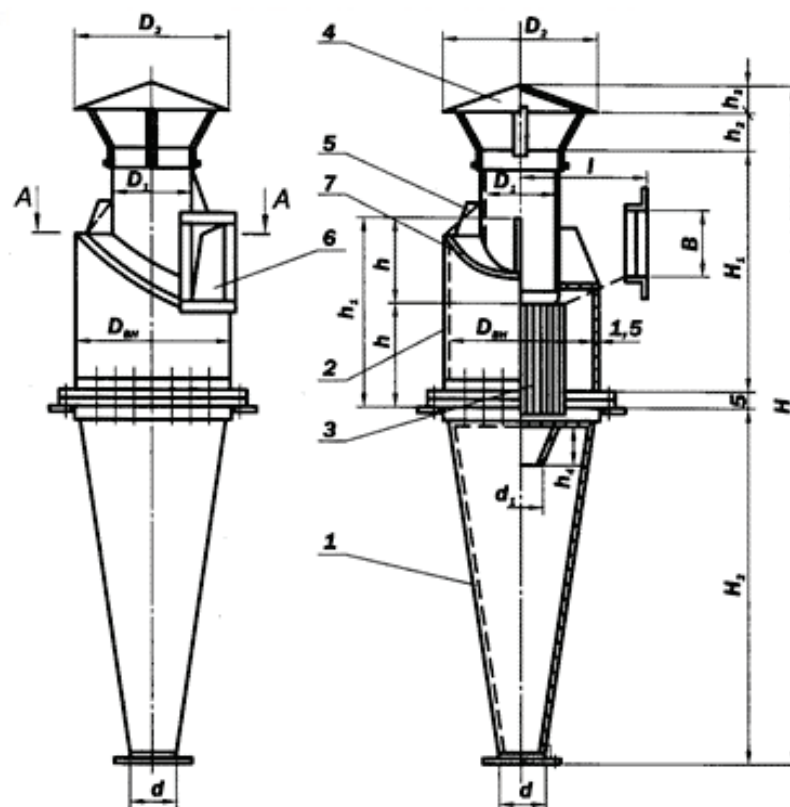


Рис. 3. Циклон Гипродревпром-Ц:
 1 – конус; 2 – корпус; 3 – сепаратор; 4 – зонт; 5 – косынка; 6 – входной патрубок;
 7 – крышка корпуса

В таблице приведены основные участки судостроительного завода и загрязняющие вещества, выбрасываемые в атмосферный воздух.

Таблица – Загрязняющие вещества, образующиеся на судостроительном предприятии

Наименование участка	Источник выделения	Пылеуловитель	Загрязняющие вещества
Отделение окраски металлопроката	Линия окраски металлопроката (окрасочная камера)	Патронный фильтр А40/32	Метилбензол (Фенилметан) Бутан-1-ол (Бутиловый спирт) Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол) Бутилацетат (Бутиловый эфир уксусной кислоты) Пропан-2-он (Диметилкетон; диметилформальдегид) Взвешенные вещества
Деревообрабатывающий участок	Деревообрабатывающие станки	Циклон Гипродревпром-Ц D=950мм	Пыль древесная
	Заточные станки	Циклон ЦН-15 D=550мм	диЖелезо триоксид, (железа оксид) /в пересчете на железо/ (Железо сесквиоксид) Пыль абразивная
Шлифовальный участок	Установка дробеструйной обработки	Циклон ЦН-11 D=300мм	диЖелезо триоксид, (железа оксид) /в пересчете на железо/ (Железо сесквиоксид)
Заточной участок	Рабочие места грунтовки и окраски	Циклон ЦН-11 D=300мм	Диметилбензол (смесь о-, м-, п-изомеров) Метилбензол (Фенилметан) Бутан-1-ол (Бутиловый спирт)

Наименование участка	Источник выделения	Пылеуловитель	Загрязняющие вещества
			Этанол (Этиловый спирт; метилкарбинол) Бутилацетат (Бутиловый эфир уксусной кислоты) Пропан-2-он Сольвент нафта Уайт-спирит Взвешенные вещества
Участок грунтовки секций	Станки мех. обработки изоляции	Циклон нестандартный D=600мм	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70-20 (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие)
	Ленточнопильный станок	Циклон ЦН-11 D=300мм	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния в %: 70-20 (шамот, цемент, пыль цементного производства - глина, глинистый сланец, доменный шлак, песок, клинкер, зола кремнезем и другие)
Участок заготовки изоляции (УЗИ)	Рабочие места сварки	Циклон ЦН-15 D=550мм	диАлюминий триоксид /в пересчете на алюминий/ Вольфрам триоксид (Вольфрам (VI) оксид) Титан диоксид (Титан пероксид; титан (IV) оксид) диЖелезо триоксид, (железа оксид) /в пересчете на железо/ (Железо сесквиоксид) Магний оксид (Окись магнезия) Марганец и его соединения /в пересчете на марганец (IV) оксид/ Хром /в пересчете на хрома (VI) оксид/ Азота диоксид Азот (II) оксид (Азот монооксид) Озон (Трехатомный кислород) Углерода оксид Фтористые газообразные соединения /в пересчете на фтор/: гидрофторид (Водород фторид; фтороводород) Фториды неорганические плохо растворимые - (алюминия фторид, кальция фторид, натрия гексафторалюминат)
	Заточные станки	Циклон нестандартный D=600мм (с загрузкой)	диЖелезо триоксид, (железа оксид) /в пересчете на железо/ (Железо сесквиоксид) Пыль абразивная
Механомонтажный участок	Станки абразивной обработки	Циклон ЦН-11 D=500мм	Сумма твердых веществ
Малярно-изоляционный участок	Вибросито	Циклон ЦН-15 D=550мм	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремний в % 70-20 (шамот, цемент, глина, песок, зола кремнезем, доменный шлак и другие)
	Смеситель		
	Измельчитель		

Таким образом, можно сделать вывод, что основными сооружениями очистки выбросов для судостроительного предприятия являются циклоны, марка которых зависит от размеров удаляемых примесей.

Библиографический список

1. Возможные пути и методы предотвращения загрязнения окружающей среды от деятельности судостроительных и судоремонтных предприятий [Электронный ресурс]. – URL: https://bstudy.net/870397/tehnika/vozmozhnye_puti_metody_predotvrascheniya_zagryazneniya_ok_ruzhayuschey_sredy_deyatelnosti_sudostroitelnyh_sudo?ysclid=lbai6iiau167066919.html (дата обращения: 05.12.2022).
2. Циклонный пылеуловитель: принцип работы, чертеж, виды, фильтры, расчет [Электронный ресурс]. – URL: <https://fakel-f.ru/blog/27-07-21?ysclid=lbbww0y32g39914920.html> (дата обращения: 06.12.2022).
3. Пылеуловители мокрого типа, устройство и принцип действия, виды и их достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibelkon.ru/base/pyleuloviteli-mokrogotipa/?ysclid=lbbx07sb6t17990704.html> (дата обращения: 06.12.2022).
4. Скруббер Вентури: принцип работы, характеристики, преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. – URL : <https://gas-cleaning.ru/article/skrubber-venturi-princip-raboty-harakteristiki-preimushchestva-i-nedostatki?ysclid=lbq580v5yf291285187.html> (дата обращения: 06.12.2022).
5. Очистка воздуха на производстве: назначение фильтров, методы очистки [Электронный ресурс]. – URL: <https://sibelkon.ru/base/ochistka-vozduxa-na-proizvodstve-naznachenie-filtrov,-metody-ochistki/?ysclid=lbq7657y9t696286145.html> (дата обращения: 06.12.2022).

УДК 628.171

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ МОЙКИ ПАССАЖИРСКИХ СОСТАВОВ

А. А. Коган, А. С. Божко
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В статье рассматривается использование замкнутых систем водопользования за счёт внедрения технологических систем водооборотного использования воды на предприятиях железнодорожного транспорта. Рассмотрены основные виды очистки производственных сточных вод, применяемых на предприятиях железнодорожного транспорта. Произвели расчёт потребления производственных сточных вод и экономической эффективности водоохранных мероприятий. На основе приведенной информации выбрана схема очистки производственных сточных вод.*

***Ключевые слова:** очистка сточных вод, предельно допустимая концентрация, очистные сооружения, железнодорожный транспорт.*

Целью статьи является выбор оптимальной технологической схемы очистки производственных сточных вод, соблюдая допустимые нормативы на сброс [1].

Производственные сточные воды локомотивных и вагонных депо образуются в процессе наружной обмывки подвижного состава, узлов и деталей перед ремонтом [2]. Производственные – образуются от наружной мойки электропоездов и последующего их ополаскивания. Вода от мойки электропоездов поступает в систему оборотного водоснабжения, которая состоит из трех контуров. Контур № 1 обеспечивает обработку слабо загрязненной твердыми примесями воды, поступающей из зон предварительного охлаждения

и предварительного подогрева. Сточные воды этого контура находятся в обороте и после очистки поступают на вторичное использование. Компенсация потерь от уноса воды из этого контура или необходимые разбавления воды проводятся путем добавления свежей воды. Контур № 2 служит для подготовки технологических вод. Его задачей является обработка воды таким образом, чтобы было возможно выпускать ее в коммунальную систему при соблюдении определенных предельных величин. Предусмотрено 65–85 % оборотной воды для повторного использования в моечном процессе. В контуре № 3 обрабатывается слабо загрязненная ополаскивающая вода, поступающая со стендов ополаскивания и чистого ополаскивания, а затем осуществляется её возврат в процесс мойки.

Схема депо с указанием потоков сточных вод приведена на рисунке 1.

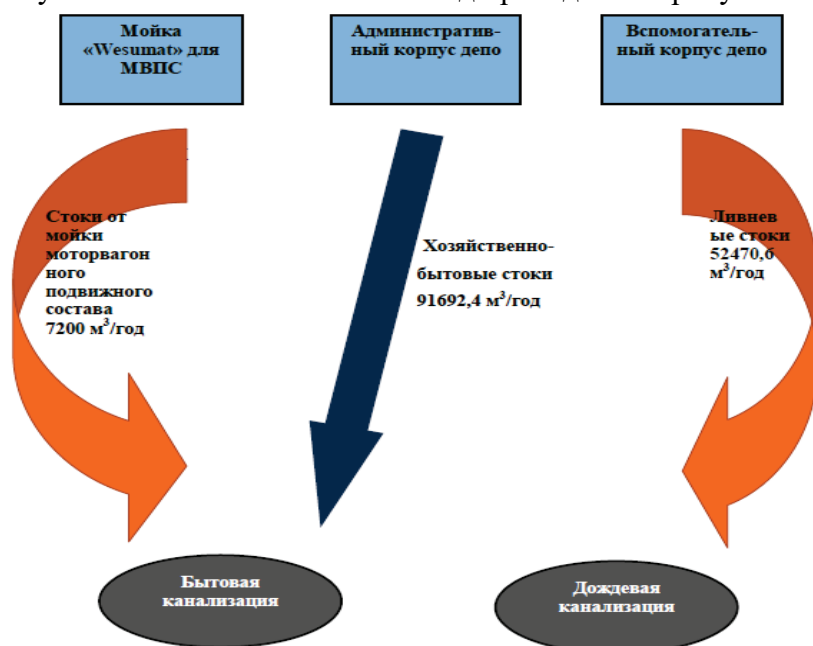


Рис. 1. Схема депо с указанием потоков сточных вод

Сточные воды от мойки подвижного состава могут содержать в себе взвешенные вещества, нефтепродукты, бактериальные загрязнения, щелочи, поверхностно-активные вещества (ПАВ), тяжелые металлы, органические соединения, растворы солей, жиры и моющие средства.

Основные методы очистки сточных вод, применяемые на предприятиях железнодорожного транспорта:

- механическая очистка;
- физико-химическая очистка;
- химическая очистка.

Для правильного расчёта сооружений для очистки производственных сточных вод необходимы определенные характеристики, такие как объем приемного резервуара, расход для подбора насоса, который должен обеспечивать нормальную работу гидроциклонов и других сооружений с учетом их высотного расположения. Размер сооружений и их состав должны обеспечивать требуемое качество очистки сточных вод, обработки осадка и других отходов, а также бесперебойную работу очистной станции в режиме постоянной эксплуатации [3]. На предприятии Октябрьская железная дорога для непрерывного и качественного использования замкнутой системы водопользования был выбран насос – форвакуумный 8-НФ (рис. 2) со следующими характеристиками:

Расход воды $Q = 864 \text{ м}^3/\text{ч}$; Напор $H = 29 \text{ м}$; Частота вращения $n = 960 \text{ об/мин}$; КПД = 60 %. Мощность электродвигателя 115 кВт; Диаметр рабочего колеса 540 мм; Масса 1000 кг.

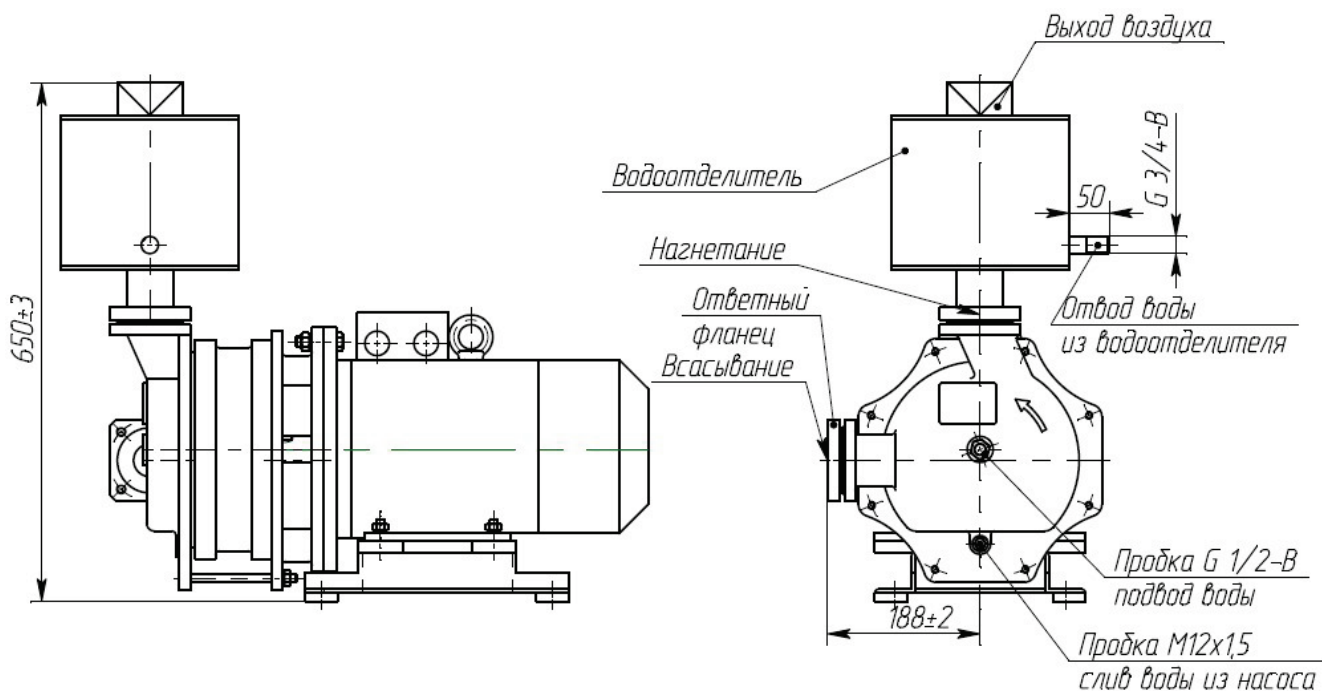


Рис. 2. Форвакуумный насос типа 8-НФ

Принцип работы форвакуумного насоса заключается в изменении давления и разрежении в рабочем объеме до определенных показателей. Через впускные клапаны происходит всасывание воздуха в камеру насоса, затем внутренний механизм обеспечивает его сжатие. Когда достигается предельное давление, происходит выброс сжатого вещества через выпускной клапан.

Исходя из обзора литературных данных по теме исследования, была составлена схема очистки воды (рис. 3), которая обеспечит требуемые показатели качества на сброс и может быть использована в оборотных системах для уменьшения расхода водопроводной воды.

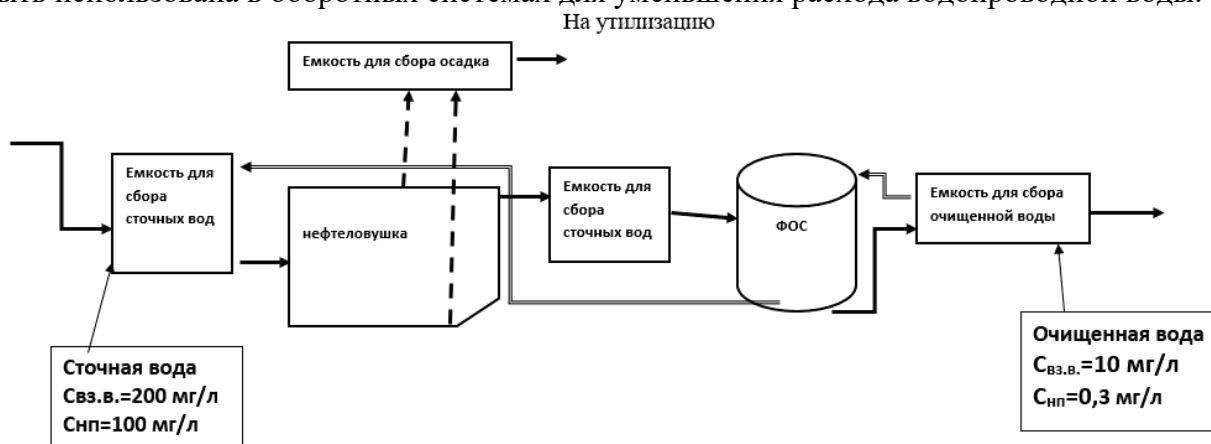


Рис. 3. Схема очистки сточной воды от мойки депо

Загрязнённые поверхностные сточные воды и воды от мойки подвижного состава поступают в аккумулирующую ёмкость сбора сточных вод. Затем вода перекачивается на нефтеловушку с тонкослойными блоками, где происходит очистка от нефтепродуктов и взвешенных веществ. Осадок из нефтеловушки поступает на блок обработки осадков. Вода после нефтеловушки самотёком поступает в приёмную ёмкость и насосами подаётся на напорные фильтры с кварцевым песком крупностью зёрен 0,8–1,8 мм. Батарея состоит из 2-х рабочих, 2-х резервных фильтров. Для отмывки фильтров используется часть очищенной воды, которая накапливается в резервуаре чистой воды. Промывные воды фильтров поступают в аккумулирующую ёмкость и далее на очистку по описанной выше схеме. Часть

воды из резервуара чистой воды поступает в сеть производственно-противопожарного водопровода площадки депо. Концентрация взвешенных веществ и нефтепродуктов в очищенной воде составляет 10 мг/л и 0,3 мг/л соответственно. Очистные сооружения позволяют достичь нормативов допустимых концентраций загрязняющих веществ в очищенной воде и могут быть использованы в обороте.

Выводы:

1. Использование замкнутых систем водопользования является наиболее эффективным способом защиты водных объектов от загрязнений сточными водами.

2. Разработанная система позволяет обеспечить очистку производственных сточных вод до допустимых на сброс концентраций и для качества оборотной воды.

Библиографический список

1. Репин Б. Н., Запорожец С. С. Водоснабжение и водоотведение. Наружные сети и сооружения. – М.: Высш. шк., 1995. – 431 с.
2. Киселева Л. В. Экология железнодорожного транспорта: учеб. пособие/МПС РФ. – М.: МИИТ, 1999. – 165 с.
3. Трофименко Ю. В., Евгеньев Г. И. Экология: Транспортное сооружение и окружающая среда. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 400 с.

УДК 639.313:664.959.2

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛАГЕНА В ВОДНО-СОЛЕВЫХ РАСТВОРАХ

А. С. Кузнецов
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** Главным фактором при получении коллагена является сохранение его трёхцепочечной структуры в виде спирали. Известно большое количество способов получения коллагена из животного сырья, но в большинстве из них не учитывается оптимальный диапазон температур и значений рН среды для сохранения структуры коллагена при синтезе. В работе в оптимальных условиях получены образцы коллагена. Проведена его количественная идентификация Биуретовым методом. Определена степень набухания полученного коллагена в водно-солевых растворах.*

***Ключевые слова:** коллаген, трёхцепочечная спираль, Биуретовый метод, набухание, фибриллярная структура*

Коллаген – основной структурный белок межклеточного матрикса. Он составляет около 25–40 % от общего количества белка в организме и объединяет семейство близкородственных фибриллярных белков, которые являются основным белковым элементом кожи, костей, сухожилий, хряща, кровеносных сосудов, зубов [1]. Для сохранения фибриллярной структуры коллагена необходимо соблюдать температурный и рН режимы. В исследовательской работе из коллагенсодержащего сырья (шкура животного, хрящи и т. п.) были получены образцы коллагена в водно-щелочных растворах (рН10,5) с добавлением сульфата натрия при температуре 40–45 °С в течение 8–10 часов. Присутствие в растворе сульфата натрия способствует растворимости сырья. Увеличение концентрации гидроксида натрия и температуры снижают механическую прочность коллагена [2].

Спектрофотометрическим методом при длине волны 540 нм в присутствии биуретового реактива проведена количественная идентификация коллагенового белка в водно-щелочных растворах. Таким образом, было установлено, что данный метод целесообразно использовать для количественного определения коллагенового белка в растворах. Изучение процесса набухания полученных образцов коллагена в растворах хлорида калия показало повышение

степени набухания на 20 % в воде, чем в растворе соли. Это объясняется тем, что коллагеновый белок в растворах солей подвергается модификациям, которые зависят от концентрации и вида аниона и катиона [3].

Библиографический список

1. Коллаген: получение, свойства и применение: монография / А. Д. Неклюдов, А. Н. Иванкин ; Гос. образовательное учреждение высшего профильного образования «Московский гос. ун-т леса». – Москва : Изд-во Московского гос. ун-та леса (МГУЛ), 2007. – 334 с. : ил., табл.; 21 см.; ISBN 5-8135-0376-5 (В пер.).
2. Получение коллагена и его привитая сополимеризация с акриловыми мономерами / С. Х. Каримов [и др.]. – Текст: электронный // Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, 27-28 ноября 2013 г. / УО "ВГТУ". – Витебск, 2013. – С. 370-372. – URL: <http://www.rep.vstu.by/bitstream/handle/123456789/15136/new2013-370-372.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата обращения: 27.11.2022).
3. Михайлов, А. Н. Химия и физика коллагена кожного покрова / А. Н. Михайлов. – Москва: Лег. индустрия, 1980. – С. 166-183.

УДК 628.543

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КРАСИТЕЛЕЙ

К. А. Кузнецова
ИЗВО ВШТЭ СПБГУПТД

***Аннотация.** Одна из важнейших проблем современного этапа развития производства – необходимость создания надежных заслонов, исключающих проникновение промышленных отходов в гидросферу. Серьезную опасность загрязнения водоемов отходами красильно-отделочного производства представляют, в первую очередь, синтетические красители. В работе рассмотрены виды и характеристики красителей в сточных водах текстильной промышленности, а также методы очистки сточных вод от красителей.*

***Ключевые слова:** очистка стоков, текстильное производство, красители, методы очистки, обесцвечивание.*

Одну из лидирующих позиций в структуре промышленности занимает текстильное производство. Расширение и рост количества предприятий, занимающихся переработкой хлопкового волокна до готовой продукции, приведет не только к улучшению экономики, но и к усложнению экологической ситуации. Текстильная промышленность является одним из серьезных источников загрязнения окружающей среды во всех странах мира на протяжении всей цепочки технологического процесса – от производства волокна до отделки тканей.

Это связано с использованием в технологических процессах широкого ассортимента красителей, поверхностно-активных веществ, окислителей и других химических реагентов [1].

Предприятия текстильной промышленности имеют три основных водных потока: стоки красильно-отделочного, мерсеризационного и промывочного процессов. Наибольшее количество сточных вод с особенно сложным составом образуется в красильно-отделочном производстве. Специфика сточных вод красильно-отделочных предприятий хлопчатобумажной промышленности, например, заключается в том, что они содержат красители (сернистые, кубовые, прямые, активные) общей концентрацией 50–60 мг/л.

Результатом поступления красителей в водную среду является их токсическое воздействие, обусловленное длительным присутствием в окружающей среде и накоплением в

донных отложениях и водных формах жизни, разложением загрязняющих веществ на канцерогенные или мутагенные соединения, а также низкой аэробной биоразлагаемостью [2].

Попадая со сточными водами в объекты окружающей среды, красители не только очень заметны, нарушая эстетическое восприятие водной среды, но и отрицательно влияют на процессы самоочищения водоемов [3].

Красители – химические соединения, обладающие способностью интенсивно поглощать и преобразовывать энергию электромагнитного излучения в видимой и в ближних ультрафиолетовой и инфракрасной областях спектра и применяемые для придания этой способности другим телам.

Синтетические неорганические и органические красители – вещества, созданные путем химического взаимодействия различных веществ. Они не встречаются в природе, до настоящего времени не идентифицированы в натуральных составах животного, растительного происхождения. Вещества привлекают высокой степенью окрашивания, термостабильны, устойчивы к свету, различным технологическим операциям. Они широко применяются в различных отраслях текстильной, целлюлозно-бумажной, кожевенной и дубильно-экстрактовой, пищевой промышленности, в сельском хозяйстве, при окраске волос и др. Синтетические красители применяются для контроля эффективности очистки сточных вод, отслеживания подземных вод и определения площади поверхности активного ила.

Основные виды красителей и их характеристики приведены в таблице 1.

Цель работы: анализ решения по очистке сточных вод от пигментов и красителей.

Очистка промышленных сточных вод включает в себя четыре процесса, а именно: предварительную обработку, первичную очистку, вторичную очистку и третичную очистку. Процесс предварительной обработки включает стабилизацию и нейтрализацию промышленных сточных вод перед сбросом в муниципальные канализационные системы или в центральную промышленную канализационную систему. После стадии предварительной обработки используются физические или химические методы разделения (первичная очистка) для удаления взвешенных веществ в сточных водах с последующей вторичной очисткой. Вторичная биологическая обработка использует микроорганизмы для стабилизации компонентов отходов перед переходом к третичной обработке. Третичные процессы (физико-химическая обработка) включают адсорбцию, ионный обмен, химическое окисление и мембранное разделение. Заключительными стадиями процесса очистки сточных вод являются стадии переработки и удаления осадка [5].

Таблица 1 – Основные характеристики красителей [4]

Класс красителей	Описание	Виды загрязнителей, связанных с различными красителями
Кислотный	Анионные соединения с высокой растворимостью в воде	Цвет; органические кислоты; незафиксированные красители
Основной	Очень яркие водорастворимые катионные красители, которые используются в слабокислых красящих ваннах	Цвет; органические кислоты; незафиксированные красители
Прямой	Водорастворимые анионные соединения можно наносить непосредственно на целлюлозу без фиксатора красителя	Цвет; соль; незафиксированный краситель; катионные фиксирующие агенты; поверхностно-активное вещество; пеногаситель; выравнивающие и замедляющие агенты; отделка; разбавители
Дисперсный	Нерастворимы в воде	Цвет; органические кислоты; носители; выравнивающие агенты; фосфаты; пеногасители; смазки; диспергаторы; разбавители

Протравной	Окончательный цвет во многом зависит от выбора фиксатора красителя (протравы). Примером протравы является дихромат калия	Фиксатор красителя (особенно в категориях тяжелых металлов), высокотоксичен
Активный	Водорастворимые анионные соединения, самый большой класс красителей	Цвет; соль; щелочи; незафиксированный краситель; поверхностно-активные вещества; пеногасители; разбавители; отделка
Сернистый	Органические соединения, содержащие серу или сульфид натрия	Цвет; щелочи; окислители; восстановители; незафиксированный краситель
Кубовый	Самые старые красители, химически более сложные, нерастворимы в воде	Цвет; щелочь; окислители; восстановители

Для удаления красителей из промышленных сточных вод используются различные химические, физические и биологические методы [6]. Преимущества и недостатки методов очистки сточных вод от красителей приведены в таблице 2.

Выбор способа удаления красителя будет зависеть от характеристик сточных вод, таких как класс и концентрация красителя, pH, соленость и токсичность соединений. Большинство промышленных сточных вод, содержащих анионные и катионные красители, очищаются адсорбцией. Методы обработки, такие как усовершенствованные процессы окисления и коагуляции-флокуляции, эффективны при обработке широкого спектра водных растворов красителей.

Таблица 2 – Сравнение методов удаления красителей из сточных вод

Методы	Преимущества	Недостатки	Типы красителей
Адсорбция	Удаление широкого спектра красителей	Необходимы дорогостоящие расходные материалы (адсорбенты) с последующей их регенерацией или утилизацией	Щелочные красители [7]
Мембранная фильтрация	Удаляет все типы красителей	Образование слоя осадка в процессе разделения	Кислотные красители [8]
Ионный обмен	Возможность многократного использования адсорбентов	Ограниченная область применения	Активные красители [9]
Окисление	Быстрый и эффективный процесс	Высокие энергозатраты, расходы на реактивы	Кислотный, активный, прямой, катионный, дисперсный и кубовый красители [10]
Озонирование	Применяется газообразный озон, не приводит к увеличению объема сточных вод и осадка	Короткий период полураспада озона	Активные красители [11]
Аэробная обработка	Низкие эксплуатационные расходы и невысокое количество образующегося шлама	Невысокая скорость обработки катионных красителей	Азокрасители [12]

Анаэробная обработка	Позволяет обесцвечивать азо- и другие водорастворимые красители	Выделяются метан и сероводород	Азокрасители [12]
Коагуляция	Низкая себестоимость очищенной воды	Образование большого количества осадка	Дисперсные красители [13]
Электрохимическое разрушение	Не используются химикаты, не образуется шлам	Относительно высокие скорости потока снижают степень удаления красителя	Активные красители [14]

Озонирование все чаще используется в очистке сточных вод, поскольку оно не увеличивает объем сточных вод и осадков, но высокая стоимость очистки и образование токсичных побочных продуктов препятствует его широкому распространению.

Эти методы могут использоваться отдельно или совместно в различных комбинациях. Обработка может сочетать две или более технологий для обеспечения эффективности процесса. Однако эксплуатационные расходы и время, необходимое для достижения желаемой степени очистки, являются основными критериями выбора подходящего способа удаления красителя из сточных вод. Технологическая схема очистки сточных вод текстильной промышленности включает в себя последовательное движение стоков через комплекс сооружений очистки (см. рис.).



Рис. Технологическая схема очистки сточных вод текстильного производства

Такая схема уже внедрена в технологию очистки воды от пигментов и красителей. Она обеспечивает требования к воде на сброс.

Таким образом, в результате выполненной работы можно сделать следующие выводы: наиболее перспективным процессом является использование комбинированных методов удаления красителей из сточных вод благодаря высокому качеству очищенной воды и большей эффективности очистки воды от примесей, которые на разных производствах одних и тех же товаров могут существенно отличаться.

Библиографический список

1. Sivaram N. M., Gopal P. M., Debabrata Barik, Chapter 4 - Toxic Waste From Textile Industries//In Woodhead Publishing Series in Energy, Energy from Toxic Organic Waste for Heat

- and Power Generation, Woodhead Publishing, 2019, pp.43-54. doi.org/10.1016/B978-0-08-102528-4.00004-3..
2. Гита С., Хуссан А., Чоудхури Т. Г. Воздействие отходов текстильных красителей на водную среду и их обработка // Окружающая среда и экология. – 2017. – № 35. – № 3. – С. 2349-2353.
 3. Хао О. Дж., Ким Х., Чианг П. С. Обесцвечивание сточных вод // Критические обзоры в области науки и техники об окружающей среде. – 2000. – Т. 30, № 4. – С. 449-505. doi.org/10.1080/10643380091184237.
 4. Тенг Т. Т., Лоу Л. У. Удаление красителей и пигментов из промышленных сточных вод. Достижения в области очистки воды и предотвращения загрязнения. – Дордрехт: Спрингер, 2012. – 460 с.
 5. . Энгланд-младший А. Дж., Кренкель П., Шамас Дж. Очистка сточных вод и рекультивация водных ресурсов// Справочный модуль по системам Земли и экологическим наукам. – Амстердам: Elsevier, 2015. – 32 с.
 6. Колливиньярелли М. К., Абба А., Карневале Миино М., Дамиани С. Методы удаления цвета из сточных вод: современное состояние// Журнал экологического менеджмента. – 2019. – Т. 236. – С. 727-745.
 7. Ягуб М. Т., Сен Т. К., Афрöse С., Анг Х. М. Краситель и его удаление из водного раствора адсорбцией: обзор //Достижения в области науки о коллоидах и интерфейсах. – 2014. – Т. 209. – С. 172-184.
 8. Капар Г., Йетис У., Йилмаз Л. Стратегии предварительной обработки сточных вод ванн с кислотными красителями на основе мембран// Журнал Опасные материалы. – 2006. – Т. 135, № (1-3). – С. 423-430.
 9. Хассан М. М., Карр К. М. Критический обзор последних достижений в области удаления реакционноспособных красителей из сточных вод красильни с помощью ионообменных адсорбентов// Хемосфера. – 2018. – Т. 209. – С. 201-219.
 10. Сюй Х.-Р., Ли Х.-Б., Ван У.-Х., Гу Дж.-Д. Разложение красителей в водных растворах методом Фентона// Хемосфера. – 2004. – Т. 57, № 7. – С. 595-600.
 11. Сундраджан М., Вишну Г., Джозеф К. Озонирование затененной светом ванны с отработанным реактивным красителем для повторного использования// Красители и пигменты. – 2007. – Т.75, № 2. – С. 273-278.
 12. Попли С., Патель У. Д. Разрушение азокрасителей анаэробно-аэробной последовательной биологической обработкой: обзор// Международный журнал экологической науки и техники. – 2014. – Т. 12, № 1. – С. 405-420.
 13. Дос Сантос А. Б., Сервантес Ф. Дж., Ван Лиер Дж. Б. Обзорный документ о современных технологиях обесцвечивания текстильных сточных вод: перспективы анаэробной биотехнологии// Технология биоресурсов. – 2007. – Т. 98, № 12. – С. 2369-2385.
 14. Сала М., Гутьеррес-Бузан М. С. Электрохимические методы в текстильных процессах и очистке сточных вод// Международный журнал фотоэнергетики. – 2012. – Т. 3-4. – С. 1-12. doi:10.1155/2012/629103

УДК 628.5

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ БИОГАЗА ОТ ПРИМЕСЕЙ

А. К. Курбанова, А. С. Белова
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В работе рассмотрена организация сбора, сортировки, утилизации биогаза от твердых коммунальных отходов (ТКО), отражены общие принципы и методы очистки биогаза от примесей.

Ключевые слова: очистка биогаза, сбор биогаза, сжигание биогаза, очистка биогаза от сероводорода, очистка биогаза от диоксида углерода.

Для того чтобы использовать биогаз для производства тепловой энергии, для отопления и городского водоснабжения, для собственных нужд полигона, его необходимо подготовить. Основными этапами при подготовке биогаза к использованию являются:

- удаление воды;
- удаление взвешенных частиц;
- удаление сероводорода;
- удаление углекислого газа.

Прежде всего, необходимо осушить биогаз и очистить его от взвешенных частиц. Содержащаяся в биогазе влага при определенных внешних условиях (температуре и давлении) конденсируется, образуя ледяные пробки и кристаллогидраты, что в присутствии сероводорода вызывает коррозию трубопроводов и арматуры, а взвешенные частицы засоряют их.

На рисунке 1 представлена схема сбора, очистки и сжигания биогаза.

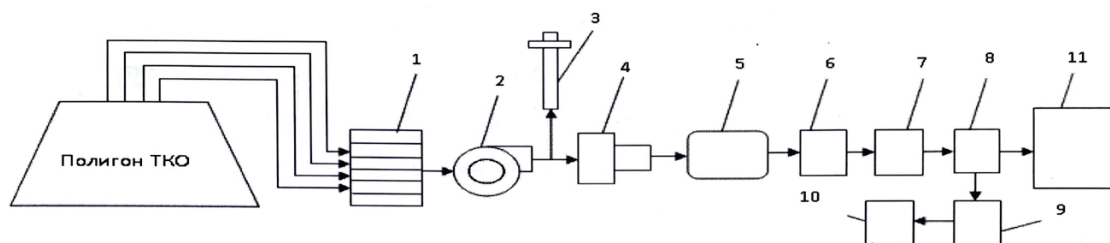


Рис. 1. Схема сбора, очистки и сжигания биогаза:

- 1 – газосборный пункт с конденсатоотводчиками; 2 – вентилятор; 3 – факельная установка; 4 – компрессор; 5 – газгольдер; 6 – блок по очистке от взвешенных веществ; 7 – блок по очистке от сероводорода; 8 – блок по очистке от диоксида углерода; 9 – блок компримирования и ожижения диоксида углерода; 10 – цистерна для жидкой углекислоты; 11 – водогрейная котельная

Осушка биогаза может быть осуществлена различными методами: прямым охлаждением, абсорбцией, адсорбцией или комбинированием этих способов. Осушка биогаза прямым охлаждением достигается пропусканием биогаза по подземной трубе для конденсации влаги при более низких показателях температуры. Для сбора влаги в устьях скважин и низких точках газопроводов устанавливаются конденсатоотводчики. Для отделения взвешенных веществ используют газовые фильтры [1].

Сероводород является токсичным и имеет неприятный запах тухлых яиц. Из сероводорода и содержащегося в биогазе водяного пара образуется серная кислота. Кислоты разъедают используемые для переработки биогаза двигатели, а также другие части установки. Методы очистки газов от сероводорода можно разделить на две основные группы: сорбционные и каталитического окисления.

Сорбционные методы делятся на две группы: абсорбционные и адсорбционные. Абсорбционные методы по характеру используемого абсорбента делят на методы хемосорбции и физической абсорбции.

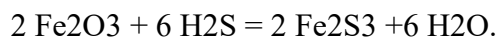
Хемосорбционные процессы основаны на химическом взаимодействии H_2S с аминами (моно-, ди- и триэтанолламины, диизопропаноламин) и щелочами.

Физическая абсорбция основана на растворении сероводорода в различных абсорбентах: N-метилпирролидон, гликоли (дитриэтиленгликоли), трибутилфосфат, сульфолан, метанол [2].

На рисунке 2 представлена схема очистки биогаза от сероводорода с регенерацией адсорбента кислородом.

Адсорбционный метод основан на поглощении сероводорода различными поглотителями, а именно: оксидами железа, активированными углями и цеолитами.

Поглотитель – оксид железа. При прохождении биогаза через слой оксида железа сероводород поглощается:



Оптимальная влажность адсорбента (5–20 %) поддерживается присутствующими в биогазе парами воды. 1 кг оксида железа сорбирует около 250 г H₂S. Регенерацию адсорбента производят продувкой воздухом. При этом образуется элементарная сера, отлагающаяся на поверхности оксида железа:

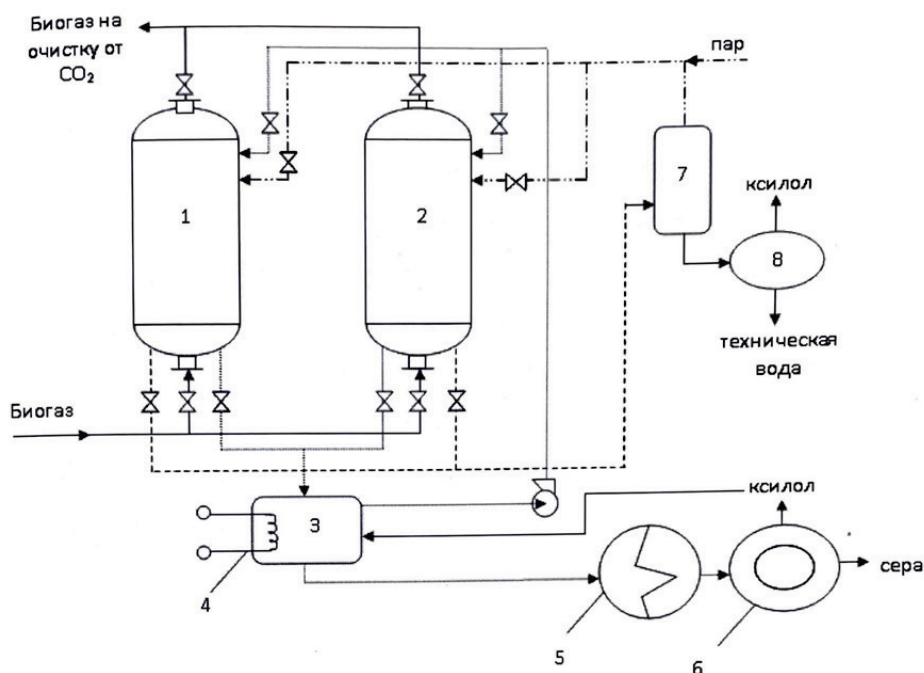
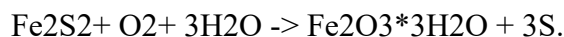


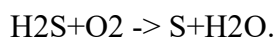
Рис. 2. Схема очистки биогаза от сероводорода:

— биогаз, ксилол, пар, ___ .. остаток ксилола

- 1 – I адсорбер; 2 – II адсорбер; 3 – сборник ксилола; 4 – нагревательный элемент;
5 – теплообменник; 6 – центрифуга; 7 – конденсатор; 8 – сепаратор

После каждой регенерации сорбционная способность оксида железа уменьшается в среднем на 15 %, что обуславливает необходимость регулярной замены отработанного сорбента.

Поглотитель – активный уголь. При прохождении газа через слой угля, наряду с поглощением сероводорода, происходит катализируемое углем окисление последнего в адсорбенте. Необходимым условием является присутствие кислорода в очищаемом газе либо использование окисленных углей.



Одновременно происходит реакция: $\text{H}_2\text{S} + 2\text{O}_2 = \text{H}_2\text{SO}_4$

Высокая экзотермичность процессов окисления H₂S при значительных концентрациях его в очищаемых газах обуславливает интенсивный разогрев слоя поглотителя и риск возгорания активного угля. Поэтому использование активного угля для очистки газов от H₂S обычно ограничивают газами, содержащими до 5 г/м³ загрязнителя. Для нейтрализации образующейся серной кислоты используют раствор карбоната натрия (сода) или газообразный аммиак:



Сероемкость используемых для очистки газов от H_2S активных углей составляет 200 - 520 кг/м³. При высоте слоя угля более 1 м достигаемая степень насыщения поглотителя превосходит 90 %. Длительность работы угля до регенерации – 1-3 недели, а общий срок службы – около двух лет.

Регенерацию насыщенных углей проводят раствором сульфида аммония. Другим распространенным экстрагентом серы является ксилол. Недостатком регенерации с использованием сульфида аммония является сложность технологической схемы и трудности с утилизацией образующегося аммиака и сероводорода [3].

Поглотитель – синтетические цеолиты (NaA, CaA, NaX) – у них высокая поглотительная способность и селективность. Цеолиты являются молекулярными ситами, они используются для разделения веществ не только по принципу избирательности адсорбции, но и на основе разницы в размерах и форме поглощаемых молекул.

Чаще всего для проведения очистки используются цеолиты типа CaA. При этом происходит одновременно и осушка газа. Процесс идет под давлением 1,7–5 МПа. Остаточное содержание сероводорода 1 мг/м³. Регенерацию цеолитов осуществляют путем продувки очищенным газом, нагретым до температуры 300–350° С.

Методы очистки газов от диоксида углерода можно разделить на следующие группы: физическая абсорбция, хемосорбция, адсорбция.

Физическая абсорбция подразделяется на абсорбцию водой и абсорбцию метанолом. Водная очистка является наиболее старым методом удаления диоксида углерода в промышленности. Способ очистки основан на различной растворимости в воде диоксида углерода. При невысоких парциальных давлениях растворимость диоксида углерода в воде невелика, но с увеличением давления она возрастает. При следующем снижении давления растворенная двуокись углерода выделяется из раствора. Водная очистка газа от двуокиси углерода под давлением весьма эффективна при высоком содержании CO_2 в газе. Этот способ отличается простотой и позволяет многократно использовать оборотную воду.

На рисунке 3 представлена схема очистки биогаза от диоксида углерода.

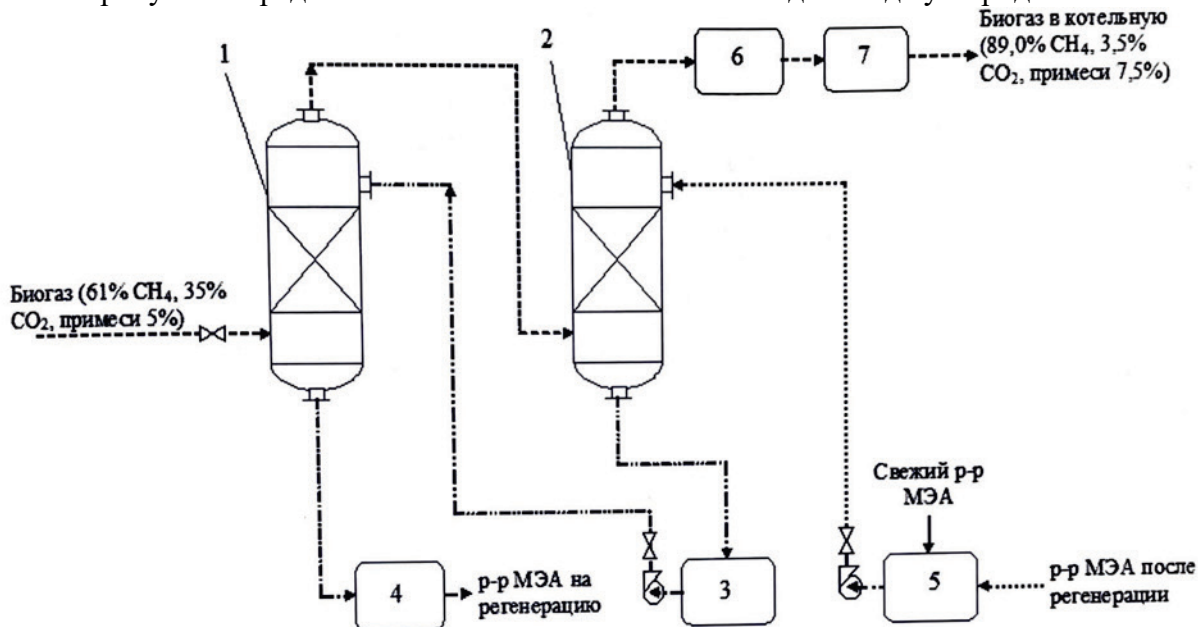


Рис. 3. Схема очистки биогаза от диоксида углерода:

— биогаз, . . . насыщенный р-р МЭА, полуотработанный р-р МЭА, регенерированный р-р МЭА:

1 – абсорбер I ступени очистки; 2 – абсорбер II ступени очистки; 3 – сборник полуотработанного раствора МЭА; 4 – сборник насыщенного МЭА; 5 – сборник регенерированного раствора МЭА; 6 – каплеуловитель; 7 – промежуточная ёмкость

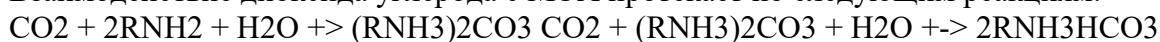
Основной недостаток данного метода заключается в большом расходе электроэнергии. Кроме того, процесс, как и другие процессы физической абсорбции, осуществляется под давлением (оптимальное значение давления процесса водной абсорбции составляет около 2,94 МПа (30 кгс/см²)) [4].

Очистка газа от CO₂ методом низкотемпературной абсорбции метанолом. В интервале температур от -30 до -60 °С и при давлении 1–3 МПа метанол является эффективным абсорбентом [5]. Растворимость CO₂ в метаноле значительно выше, чем в воде, и возрастает с понижением температуры и увеличением давления. Так, при -60°С растворимость двуокиси углерода в метаноле в 75 раз превышает её растворимость в воде при 25 °С. Поэтому при промывке газа метанолом в условиях низких температур расход абсорбента на очистку единицы объёма газа значительно меньше, чем при водной очистке от CO₂. Благодаря этому соответственно уменьшаются энергетические расходы в процессе абсорбции. Процесс низкотемпературной абсорбции наиболее целесообразно проводить при 1–3 МПа [5]. Нижний предел давления составляет 0,5 МПа. Этот метод эффективен в случае одновременного удаления из газовой смеси нескольких примесей при их достаточно высоком начальном содержании. Несмотря на необходимость применения холодильной машины, энергетические расходы в описанном процессе не превышают расхода энергии при промывке газа водой.

Хемосорбция подразделяется: на абсорбцию раствором моноэтаноламина и абсорбцию растворами карбонатов.

Абсорбция раствором моноэтаноламина.

Моноэтаноламин (МЭА) представляет собой бесцветную вязкую гигроскопическую жидкость, смешивающуюся с водой и низшими спиртами во всех отношениях. Взаимодействие диоксида углерода с МЭА протекает по следующим реакциям:



R – группа OH, CH, CN.

Выделение CO₂ из раствора производится понижением давления с одновременным повышением температуры. Обычно используют 15–20 %-ные растворы моноэтаноламина. Абсорбция протекает при 40–45 °С и давлении 1,5–3,0 МПа (в зависимости от схемы производства). Образовавшиеся в результате хемосорбции карбонаты и бикарбонаты разлагаются в десорбере с выделением диоксида углерода при нагревании потока до 120 °С.

Очистка растворами карбонатов основана на взаимодействии диоксида углерода с водными растворами карбонатов натрия и калия (обычно поташа) с активирующими добавками оксидов поливалентных металлов. Для повышения растворимости карбонатов в воде и скорости хемосорбционного процесса используют горячие растворы карбонатов (110–120 °С). Обычно применяют 25 %-ный водный раствор поташа, активированный мышьяком. Скорость абсорбции практически полностью лимитируется скоростью реакции в жидкой фазе: CO₂ + OH = HCO. Давление на стадии абсорбции 1–2 МПа. Раствор регенерируют снижением давления при близких с процессом хемосорбции значениях температуры.

Адсорбционные методы.

Эффективные адсорбенты диоксида углерода – цеолиты. Молекулы диоксида углерода довольно малы, поэтому это позволяет им проникать во внутреннюю структуру большинства цеолитов. Наиболее часто для адсорбции используют цеолит СаА. Вместе с диоксидом углерода цеолиты поглощают и пары воды. Поэтому одновременно с очисткой газов от диоксида углерода происходит их осушка. Десорбцию поглощенных компонентов осуществляют понижением давления и повышением температуры.

Каталитическое гидрирование не рассматриваем, так как оно предусмотрено для удаления небольших количеств (порядка долей процента) диоксида углерода. Степень очистки газа от диоксида углерода растворами карбонатов ниже, чем при очистке раствором моноэтаноламина. Остаточное содержание диоксида углерода – 0,05–0,1% (масс.), но поташ дешевле, чем моноэтаноламин.

Процесс очистки с помощью раствора моноэтаноламина, экономической и экологической точек зрения – один из лучших. Поэтому мы выбираем его в качестве метода

очистки биогаза от диоксида углерода. Для аппаратурного оформления процесса абсорбции диоксида углерода водным раствором МЭА применяются насадочные и тарельчатые абсорберы. Эффективность абсорбции диоксида углерода раствором МЭА в барботажном слое выше, чем в насадочном слое, но с учетом межтарельчатого пространства следует считать, что эффективность единицы объема аппарата в тех и других примерно одинакова. Но в ряде случаев эффективность массообмена в насадочных абсорберах даже выше, нежели в тарельчатых.

Для обеспечения поверхности массообмена в насадочных аппаратах используются различные промышленные насадки. В промышленности наибольшее распространение получила насадка Кольца Рашига, представляющая собой простые кольца без дополнительных устройств. Эти кольца наиболее дешевы и просты в изготовлении. Преимуществом седловидной насадки обусловлено тем, что их использование позволяет увеличить коэффициент массопередачи примерно в 1,5 раза по сравнению с кольцами Рашига.

Таким образом, при рассмотрении данных технологических аспектов, которые имеют общие решения для обеспечения реализации мероприятий по очистке и утилизации биогаза: для подготовки образовавшегося биогаза к сжиганию требуется удалить конденсат, собрать биогаз в буферную ёмкость (газгольдер), очистить биогаз от посторонних примесей (взвешенные частицы, сероводород, диоксид углерода); для очистки биогаза от сероводорода следует применить адсорбционный метод очистки с использованием в качестве адсорбента окисленного активированного угля марки AP-A и с регенерацией адсорбента ксилолом; для очистки биогаза от диоксида углерода целесообразно применить абсорбционный метод с использованием в качестве адсорбента раствора моноэтаноламина, с регенерацией раствора моноэтаноламина, с очисткой выделившегося диоксида углерода от водяного пара, компремированием и расширением диоксида углерода до получения жидкой углекислоты.

Библиографический список

1. Устройство систем сбора биогаза на полигоне ТБО [Электронный ресурс]. – URL: <http://textarchive.ru/c-1554787-p17.html> (дата обращения: 26.05.2016).
2. Мариненко, Е. Е. Основы получения и использования биотоплива для решения вопросов энергосбережения и охраны окружающей среды в жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве: учебное пособие. – Волгоград: ВолгГАСА, 2003. – 147 с.
3. Биотехнология топлива: учеб. пособие / А. В. Виноградова, Г. А. Козлова, Л. В. Аникина. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2008. – 350 с.
4. Родионов, А. И. Техника защиты окружающей среды/ А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
5. Очистка технологических газов: учебник для вузов/ Т. А. Семенова, [и др.]. – изд. 2-е, пер. и доп. – М.: Химия, 1977. – 348 с.

УДК 532.62

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТА МАРАНГОНИ ПРИ ОЧИСТКЕ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ

А. Ю. Лисицына
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. Повышение качества очистки стоков от вредных нефтесодержащих продуктов позволит снизить экологическую нагрузку на объекты окружающей среды. Комплексные способы очистки водоёмов от масел и нефтепродуктов с применением эффекта Марангони позволяют максимально быстро и менее затратно удалить нефтяные и масляные пятна. В работе исследовано влияние анионного ПАВ на степень очистки водной

поверхности от нефтепродуктов. Благодаря эффекту Марангони добавление ПАВ в ограничивающее заграждение собирает нефтепродукты по краям заграждения, где значительно уменьшается площадь загрязнения нефтепродуктами и, самое главное, облегчается процесс их сбора. Обнаружено, что совместное присутствие ПАВ и сорбента позволяет повысить степень очистки на 45 %.

Ключевые слова: плёнка, газообмен, нефтепродукты, эффект Марангони, ПАВ, ограничивающее заграждение.

В настоящее время очень актуальны вопросы экологической безопасности. В структуре продуктов загрязнения водных ресурсов нефть и ее производные занимают «почетные» лидирующие позиции. Образуя на поверхности водоемов плёнку, органические углеводородные соединения препятствуют нормальному газообмену, что способствует деградации и гибели природных источников. Гниение осадков, загрязнённых органическими отходами, продуцирует появление токсичных соединений, делающих воду непригодной даже для технических нужд. Важность исследования заключается в том, что интенсивное развитие нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности приводит к увеличению объемов нефтесодержащих сточных вод. Сброс неочищенных нефтесодержащих сточных вод в водоёмы опасен не только тем, что, несмотря на многократное разбавление, делает воду непригодной для бытового использования, но и тем, что рыба с её кормовыми объектами испытывает сильное токсическое действие нефтепродуктов [1].

Изучив существующие методы очистки водоёмов от нефтяных пятен [2-4], наиболее эффективно стоит применять комплексный способ с применением эффекта Марангони, представляющий явление переноса вещества вдоль границы раздела двух сред, возникающее вследствие наличия градиента поверхностного натяжения [5]. В данной работе исследована зависимость степени очистки водной поверхности от нефтепродуктов, в качестве которых использовано машинное масло, в присутствии анионного поверхностно-активного вещества и сорбента.

1. Показано, что применение ПАВ – щелочной раствор додецилсульфата натрия позволило увеличить степень очистки поверхности воды на 15 %.

2. Применение целлюлозного сорбента позволило увеличить степень очистки поверхности воды на 20 %.

3. Установлено, что совместное использование целлюлозного сорбента и ПАВ увеличивает степень очистки на 45 %.

Библиографический список

1. Яковлев С. В. Водоотведение и очистка сточных вод. – М.: Стройиздат, 2002. – 830 с.
2. Кузубова Л. И., Морозов С. В. Очистка нефтесодержащих сточных вод / Отв. ред. д.т.н. Г. Р. Бочкарев. – Новосибирск, 1992. – 74 с.
3. Сироткина Е. Е., Новоселова Л. Ю. Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2005. – 359 с.
4. Гуреев А. А., Абызгильдин А. Ю., Капустин В. М., Зацепин В. В. Разделение водонефтяных эмульсий: учебное пособие. – М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002. – 95 с.
5. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества: свойства и применения / А. А. Абрамзон. – Л.: Химия, 1975. – 246 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОСЕВНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОМ ЭТАПЕ РЕКУЛЬТИВАЦИИ

Д. И. Мазурик
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В работе представлен обзор существующих посевных материалов, которые могут быть использованы на биологическом этапе рекультивации полигонов. Установлено, что не все высшие растения могут расти и развиваться в условиях специфической среды субстратов отвалов, поэтому произведен сравнительный анализ семян по научной литературе, для выявления наиболее подходящих видов семян в последующих натурных исследованиях.

Ключевые слова: биологическая рекультивация, высшие растения, восстановление почвы, производство семян.

Под рекультивацией земель понимаются мероприятия по предотвращению деградации земель и (или) восстановлению их плодородия посредством приведения земель в состояние, пригодное для их использования в соответствии с целевым назначением и разрешенным использованием, в том числе путем устранения последствий загрязнения почвы, восстановления плодородного слоя почвы и создания защитных лесных насаждений.

Согласно Своду правил по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для ТКО [1], рекультивация полигонов предполагает проведение работ в несколько этапов. Один из этапов – это высадка растений, рекомендованных для восстановления почвенного слоя в данной климатической зоне. Перечень рекомендованных видов содержит ряд растений, универсальных для северной и средней полосы. Для сравнения взяли их в нашей работе. Изучение биологических особенностей таких видов, как клевер луговой (*Trifolium pratense*), овсяница красная (*Festuca rubra*), мятлик луговой (*Poa pratensis*) и райграс пастбищный (*Lolium perenne*) являлось целью данного исследования.

По мнению многих исследователей, создание сортов и их целевое использование должно проводиться с учетом природно-климатической зоны [2]. Причем желательно, чтобы каждый регион имел возможность располагать сортами культур, которые способны реализовать биологический потенциал выбранного региона [3]. На биологическом этапе рекультивации полигонов рекомендуется [4] использовать растения, относящиеся к семействам Бобовые и Злаковые (Мятликовые). Такой выбор обусловлен биологическими особенностями видов растений данных семейств. Сравнительные характеристики изученных видов растений приведены в таблице 1.

Клевер луговой (*Trifolium pratense*) – многолетнее растение семейства Бобовые. У позднеспелых его сортов корневая система – стержневато-мочковатая (рис.), а раннеспелые сорта имеют разветвленную стержневую корневую систему; восходящие стебли длиной около 40 – 70 см. Растения клевера хорошо наращивают корневую массу, которая составляет 70 % от надземной части. Благодаря азотфиксации, которая осуществляется в симбиозе с клубеньковыми бактериями, это семейство растений обогащает почву азотом, повышая ее плодородие. Размножается белый клевер ползучий вегетативно и семенами, которые могут сохранять всхожесть в почве в течение 20 лет.

Ареал распространения вида в России – Европейская часть, Северный Кавказ, Сибирь. Вид достаточно морозоустойчив и устойчив к вытаптыванию. Часто используется для улучшения плодородия почвы. Клевер луговой отдает предпочтение почвам, имеющим глубокий пахотный слой. Он успешно развивается на луговых аллювиальных, на глинистых и суглинистых, некислых и слабокислых почвах, на дерново-подзолистых, серых лесных,

черноземных почвах. Он не переносит кислых и сильнозасоленных почв (заметим, что рН почв полигонов нейтральна, составляет $7,0 \pm 1,0$ [5]).

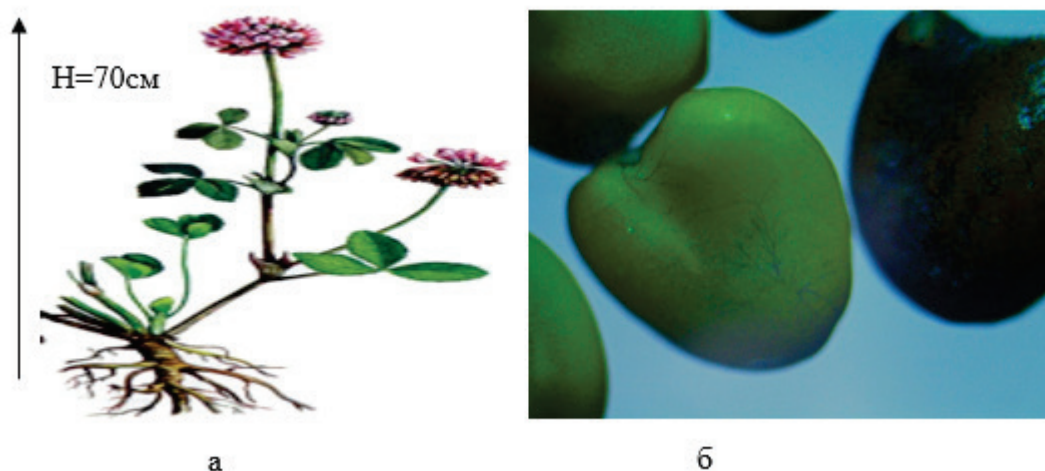


Рис. Морфологические особенности клевера лугового (*Trifolium pratense*) (а) и семян клевера ползучего белого 1:1000 (б).

Слой для биологической рекультивации имеет мощность 20 см, поэтому при более активном развитии корневой системы может происходить частичное разрушение изолирующего слоя полигона. Следовательно, предпочтительнее использование позднеспелых сортов клевера, имеющих стержневато-мочковатую корневую систему [6], и белого ползучего. Плод клевера – односемянный или двусемянный боб, имеет яйцевидную форму, сплюснутый, желтой, бурой, фиолетовой окраски с блеском (рис. 2).

Мятлик луговой (*Poa pratensis*) – вид растений, рекомендованный для выращивания на полигонах северной и средней зоны. Растение относится к семейству злаков, многолетнее, высота при спелости до 100 см. Широко распространено в диком виде по всей территории России. Имеет огромное количество сортов, является компонентом смесей газонных трав, производство которых в данный момент времени очень востребовано. Он относится к типичному низовому злаку, имеет корневища, которые обеспечивают ему интенсивное вегетативное развитие, формирует развитую дернину с мочковатой корневой системой. Он хорошо растет и развивается на любой почве, но предпочтение отдает рыхлому плодородному грунту средней увлажненности. Плохо развивается растение только в условиях устойчивого переувлажнения грунта. Мятлик неприхотлив к климатическим условиям, он стойко переносит капризы погоды: заморозки, подтопления и засухи. Благодаря высокому уровню зимостойкости мятлик луговой используется для рекультивации земель в северных регионах России [8]. Его семена имеют размер самый маленький из всех рассмотренных растений (табл. 1), что может осложнять равномерное его внесение по наклонной плоскости полигона.

Райграс пастбищный или плевел многолетний (*Lolium perenne*) – представитель семейства злаки. Это растение характеризуется высокой скоростью роста и пользуется популярностью у составителей травосмесей для газонов и специалистов по рекультивации земель. Корневая система мочковатая, образует корневища, формирует плотную дернину, что способствует укреплению грунта. Высота растения в культуре – 15–50 см. Райграс используют в травосмесях в количестве до 25 % семян в составе, он очень быстро всходит и препятствует разрастанию сорняков. Предпочитает он хорошо дренированные и плодородные почвы с рН выше 6,5. Растение плохо отзывается на засуху и агрессивное солнце, плохо переносит высокую кислотность почвы. Плод – сплюснутая вытянуто-овальная зерновка кремового цвета [9].

Овсяница красная (*Festuca rubra*) – повсеместно распространенный низовой злак высотой 20–70 см. Произрастает в различных климатических зонах. Корневая система мочковатая, ряд подвидов образует корневища. Имеет крепкий, не склонный к образованию

кочек дерн. Отличительной особенностью является быстрое отрастание после скашивания. Этот вид растений – лидер по такому показателю, как способность задернения почвы и улучшение качества дерна [10].

Семена всех перечисленных выше видов растений (табл. 1) специально производят в семеноводческих объединениях. На сегодняшний день большая проблема в приобретении семян обусловлена сокращением их импорта в разы. После введения санкций в отношении нашей страны ввоз семян из европейских стран и США практически полностью прекратился. На территории России работы в сфере выведения сортов многолетних растений и получения их качественного семенного материала мало ведутся. Развитие данной отрасли является важным шагом в импортозамещении.

Российский рынок семян злаковых и бобовых культур был поделен между 15 крупными поставщиками. Европейские фирмы DSV (Германия), DLF (Дания), Varenbrug (Нидерланды), которые остаются основными поставщиками семян многолетних трав в Европе, они же занимаются комплексом работ по выведению новых перспективных сортов, имеют собственные селекционные станции.

В условиях санкций наше государство наращивает темпы отечественной селекции в семеноводстве. Растет интенсивность собственных научных исследований. Фирмы-производители (Agro Vektor, Агрофирма Поле, Мираторг и др.) открывают собственные селекционные центры. Селекционерам придется работать не только на производство большого количества семян для удовлетворения внутреннего спроса, но и существенно улучшить качество семенного материала (кондиционность, засоренность и всхожесть), которое уступает качеству импортных аналогов. По данным отчетов Россельхозцентра [11], посевные площади, занятые под многолетними травами в России, за период 2018 – 2020 гг., а также в сравнении с 2010 годом, только уменьшались (табл. 2).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика растений, используемых для рекультивации земель на полигонах ТБО

№ п/п	Наименование	Высота при условиях, см		Корневая система	Предпочитаемые почвы	Масса 1000 семян, г.	Прим.
		неблагоприятных	оптимальных				
1	Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i>)	15,0	55,0	Стержневая, стержневато-мочковатая	С глубоким пахотным слоем, рН 7,0±1,0	1,6-1,8	[5,7]
2	Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>)	40,0	100,0	Мочковатая	Рыхлая плодородная, средней увлажненности, рН 5,5-7,0	0,3-0,5	[8]
3	Райграс пастбищный (<i>Lolium perenne</i>)	15,0	50,0	Мочковатая, корневища	Хорошо дренированные, плодородные, рН выше 6,5	1,9-2,2	[9]
4	Овсяница красная (<i>Festuca rubra</i>)	20,0	70,0	Мочковатая, корневища	Любой тип почвы, рН 5,0-6,0	0,9-1,1	[10]

Таблица 2 – Сравнительная характеристика объемов посевных площадей, занятых многолетними травами, тыс.га [11]

Наименование культуры	Занимаемая площадь во всех видах хозяйств России, тыс. га			
	2010 год	2018 год	2019 год	2020 год
Многолетние травы	11448	10558	10196	9927

В советское время основными учреждениями, где проводилась работа по селекции многолетних трав, были крупные научные учреждения, которые полностью обеспечивали регионы страны семенами. Сегодняшний дефицит семян в регионе можно уменьшить путем создания семеноводческих центров и спецсеменоводств в благоприятных для выращивания районах области [12].

Таким образом, путем сравнительной характеристики посевного материала был выделен ассортимент растений, пригодных для использования на биологическом этапе рекультивации полигонов. Полученные результаты могут быть применены для разработки технологии для северной и средней полосы. Рынок посевного материала на территории России ограничен, большая часть импортируется зарубежными поставщиками, но в условиях санкций растет интенсивность научных исследований и открываются новые селективные центры, и обоснование интенсификации роста с повышением продуктивности растений будет способствовать этому процессу.

Библиографический список

1. Свод правил СП 320.1325800.2017 Полигоны твердых коммунальных отходов Проектирование, эксплуатация и рекультивация/ разраб. Министерством строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации. – Москва, 2017. – 16 с.
2. Поляков П. В. Особенности природно-климатических зон и их влияние на экономическую оценку рационального природопользования // Экономика и экология территориальных образований. – 2017. - № 2 (1). – С. 80–85.
3. Прудников А. Д., Рекашус Э.С. Сравнительная оценка продуктивности новых сортов клевера лугового в агроэкологических условиях Смоленской области // Вестник Орловского ГАУ. – 2011. - № 4 (31). – С. 12 – 14.
4. Концепция биологической рекультивации с использованием техногенного грунта из коммунальных отходов. Текст электронный// Информационный ресурс для инженеров-изыскателей [сайт]. – 2018. – URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1669294713&tld=ru&lang=ru&name=koncersiya> (дата обращения: 20.11.2022).
5. Размещение отходов производства и потребления ИТС 17-2016/ разраб. Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии. – Москва, 2016. – 195 с. – URL: <https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1669791109&tld=ru&lang=ru&name=4293748577.pdf> (дата обращения: 10.11.2022).
6. Клевер // Журнал Сельское хозяйство. – 2020. – Текст электронный. – URL: <https://universityagro.ru/растениеводство/клевер/#i-7>.
7. Новиков В. С., Губанов И. А. Дикорастущие растения: Популярный атлас-определитель. – М.: Дрофа, 2002. – 415 с.
8. Райграс пастбищный. Райграс многолетний. – Текст электронный// AGRODELO (сайт). – 2014. – URL: <http://agrodello.com.ua/raznoe/rajgras-pastbishhnyj-rajgras-mnogoletnij.html>.
9. Трухан О. В. Биологические особенности создания агрофитоценозов овсяницы красной (*Festuca rubra* L.)// Вестник ТГУ. – 2014. – Т. 1. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/biologicheskie-osobennosti-sozdaniya-agrofitotsenozov-ovsyanitsy-krasnoy-festuca-rubra-l/viewer>.
10. Малько А. М. Мировой рынок семян и место России в нем. – Текст электронный// Картофель и овощи [сайт]. – URL: <http://potatoveg.ru/glavnaya-tema/mirovoj-rynok-semyan-i-mesto-rossii-v-nem.html> (дата обращения: 12.11.2022).
11. Сельское хозяйство в России. – Текст электронный// Статистический сборник Росстата. – М., 2021. – URL: https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1669633810&tld=ru&lang=ru&name=S-X_2021.pdf&text (дата обращения: 10.11.2022).
12. Синицына С. М. Состояние и перспективы развития рынка семян на северо-западе России. – Текст электронный// Теоретический и научно-практический журнал ИАЭП. – 2017. – Вып. 92. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-rynka-semyan-mnogoletnih-trav-na-severo-zapade-rossii/> (дата обращения: 15.11.2022).

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПЕСЧАНОГО РЕЗЕРВУАРА В ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ

Я. В. Максимов
ИАИЭ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В современном мире электроэнергетика занимает очень важное место в жизни человечества. Разработки технологий для выработки и сохранения электроэнергии постоянно совершенствуются и не стоят на месте. Именно поэтому авторами работы представлено сравнение уже известных видов сохранения электроэнергии с отдельно взятым песчаным резервуаром.*

***Ключевые слова:** аккумуляторная батарея, песчаный резервуар.*

Наличие стабильного доступа к энергоресурсам играет важную роль в развитии национального и мирового хозяйства. В современном мире энергетика является основой развития базовых отраслей промышленности, определяющих прогресс общественного производства. Отсюда зачастую уровень экономического развития страны определяют по объему потребления энергоресурсов. Во всех промышленно развитых странах темпы развития энергетике опережали темпы развития других отраслей [1]. Поэтому экономически важной целью для стран является процесс производства и возобновления всевозможных видов энергетике. К таким видам энергетике можно отнести тепловую электроэнергетику, гидроэнергетику и альтернативной энергетике. В данной же статье мы обратим особое внимание на альтернативную энергетике, т. к. сегодня данный вид энергии достигает все больших масштабов в использовании.

Несмотря на все перспективы развития и внедрения альтернативных источников энергии, существуют определенные проблемы массового перехода – дорогая себестоимость электроэнергии, непостоянство работы из-за погодных условий, невозможность повсеместного использования.

Производство оборудования для электростанций – это сложный и трудоемкий процесс, требующий значительных финансовых вложений. Высокая стоимость солнечных батарей обусловлена тем, что в их состав входит фотоэлемент, разработанный на основе кремния. Кремний должен пройти предварительное очищение и преобразование, а это обходится производителям недешево. Так же дела обстоят и с другими источниками энергии, основанной на использовании природных ресурсов.

Самой крупной проблемой на данный момент является непостоянство выработки такой энергии. При плохих погодных условиях мы не можем выработать достаточное количество энергии, и включается резервный источник. Такая практика уже давно используется, и не только в возобновляемой энергетике, но и в традиционной. Тогда как при ее избытке, мы не можем ее полезно использовать, вследствие чего возникает вопрос хранения такой энергии. На практике повсеместно используются аккумуляторные батареи, однако их экологичность ставится под большим вопросом в связи с трудностями при их производстве и утилизации.

Аккумуляторные батареи более экологичны с точки зрения производства, поскольку их срок службы составляет сотни циклов в течение многих лет. Однако токсичные металлы, необходимые для их изготовления, – кадмий, кобальт, свинец – вредны для Земли. Когда аккумуляторные батареи разлагаются на свалках, тяжелые металлы могут загрязнять окружающий воздух, верхний слой почвы и грунтовые воды, в конечном итоге попадая в наш организм. На самом деле эти тяжелые металлы можно повторно использовать для производства большего количества батареек, уменьшая потребность в добыче новых ресурсов. Фактически, поскольку воздействие на окружающую среду стало серьезной проблемой в

аккумуляторной промышленности, исследователи начали поиск альтернативных материалов для питания электрохимических элементов.

Фосфатные материалы начинают появляться во все большем количестве литий-ионных аккумуляторов, которые питают устройства, включая ноутбуки и сотовые телефоны. Фосфат служит заменителем никеля и кобальта из тяжелых металлов. Но замена токсичных компонентов батареи на более щадящие не всегда является равноценным энергетическим компромиссом, что является основной причиной, по которой создание “зеленых батарей” является сложной задачей.

Без более экологичной альтернативы батареям переработка перезаряжаемых устройств – лучший способ для потребителей предотвратить попадание тяжелых металлов в окружающую среду и помочь экологизировать цикл производства аккумуляторов.

По всему миру используются альтернативные виды аккумуляторных батарей, из которых одни хорошо зарекомендовавшие себя для хранения возобновляемой энергии. Рассмотрим несколько уже существующих альтернативных батарей и их экономическую эффективность.

Люди уже более 100 лет используют гравитацию для хранения энергии с помощью гидроаккумулирующих систем, или “водяных батарей”. Для этих систем требуется два озера или водохранилища, одно из которых расположено на большей высоте, чем другое. Когда в сети есть избыток энергии, она используется для перекачки воды из нижнего резервуара в верхний. Когда требуется больше энергии, вода из верхнего резервуара снова стекает вниз, что приводит в действие турбины гидроэлектростанции. Создание водяных батарей дорого и отнимает много времени, а сооружение одного в месте с небольшим перепадом высот или отсутствием естественных резервуаров обходится особенно дорого. Массивные водяные батареи сталкиваются с проблемами, характерными для многих мегапроектов: задержками и перерасходом средств. Эффективность также вызывает беспокойство: вы теряете 15–30 % своей энергии на цикл перемещения воды вверх и обратно, а некоторые виды водохранилищ (например, перекрытие рек) могут нарушить естественные экосистемы.

Еще можно встретить технологию сжатого воздуха, имеющую некоторые сходства с гидроаккумулятором. Она является очень дорогой и нецелесообразной на практике, что делает её тоже непригодной с экономической точки зрения.

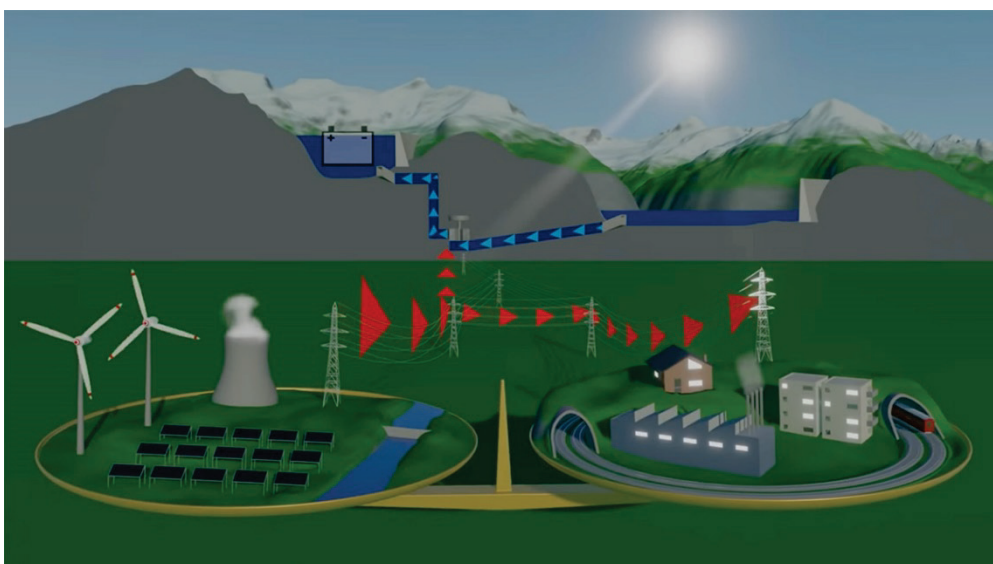


Рис. 1. Инфографика, показывающая, как избыточная энергия хранится в гидроаккумуляторе

Еще один способ хранения избыточной возобновляемой энергии – улавливать ее в виде тепла в каком-либо материале, таком как вода, вулканическая порода или – последняя из изучаемых сред – песок, в хорошо изолированном контейнере. Когда требуется электричество,

тепло от песчаной батареи можно использовать для кипячения воды, создавая пар, который вращает турбины [2]. Тепло также может распределяться непосредственно в виде тепла, сохраняя тепло в зданиях в зимние месяцы и обеспечивая их горячей водой круглый год. Для некоторых видов чистой энергии, таких как энергия ветра, хранение песка требуется сначала преобразование электроэнергии в тепло, но солнечная и геотермальная энергия могут быть непосредственно преобразованы в тепло [3].

Песок дешев, широко доступен и прост в хранении. Его также можно нагревать до более высоких температур, чем другие аккумуляторные среды, такие как вода – при правильной изоляции температура может быть выше 980 градусов по Цельсию (1800 градусов по Фаренгейту). Песчаные батареи могут быть построены практически где угодно – их можно даже построить под землей, чтобы сэкономить землю (рис. 2). Энергия теряется при преобразовании из одной среды в другую, поэтому тепловая батарея не так эффективна для выработки электроэнергии, как для прямого нагрева, однако новые технологии могут изменить ситуацию – недавно был представлен тепловой двигатель, который преобразует тепло в электричество более эффективно, чем традиционная турбина [4].

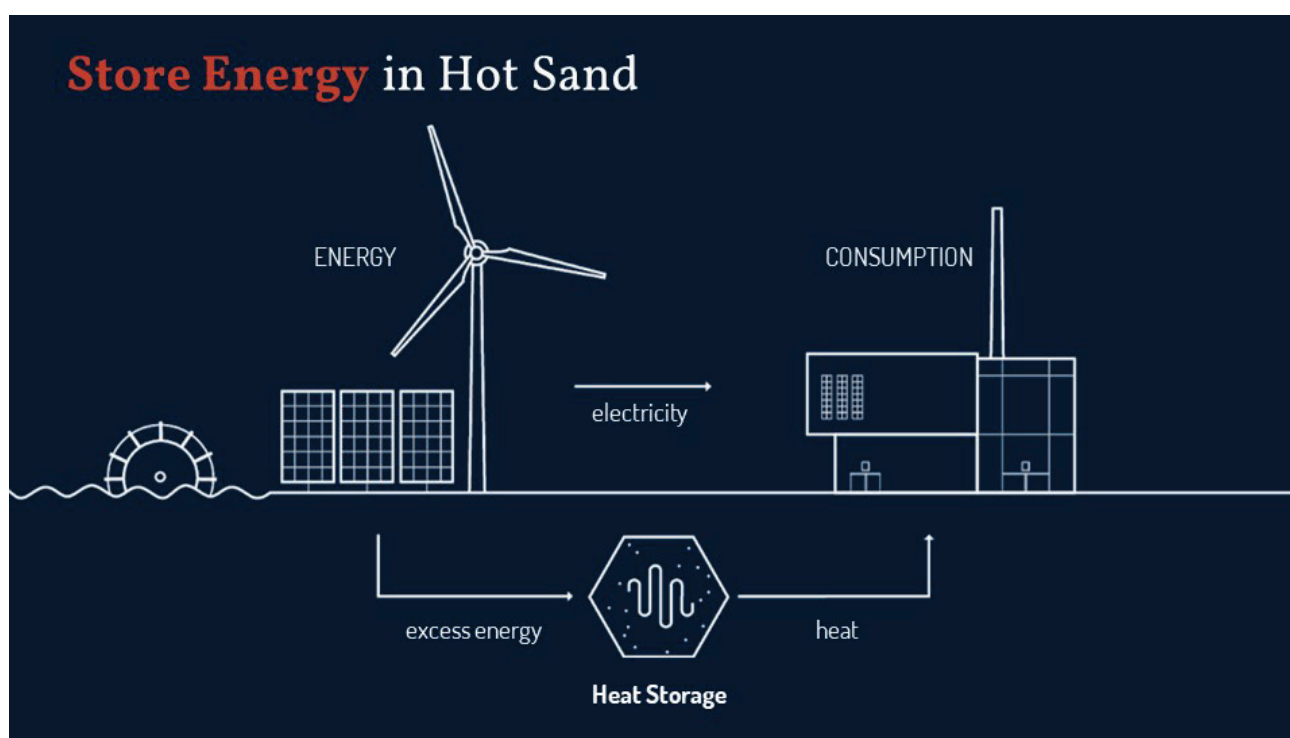


Рис. 2. Схематичное изображение работы песчаного аккумулятора

В Финляндии в настоящее время действует первый в мире песчаный аккумулятор промышленного производства. Батарея выглядит как силос, но вместо пшеницы она заполнена 100 тоннами песка, который можно нагреть до 500 °C (932 F), используя избыточную солнечную и ветровую энергию. Песчаный аккумулятор имеет емкость 8 МВтч (примерно равную 160 аккумуляторам для электромобилей), но, в отличие от литий-ионных аккумуляторов для электромобилей, он может накапливать это тепло в течение нескольких месяцев с небольшими потерями. Когда накопленное тепло используется непосредственно в качестве тепла, как это происходит в настоящее время, энергоэффективность составляет 99 %.

Подводя вышесказанное, хочется отметить, что песчаный аккумулятор – это очень хороший вариант сохранения выработанной энергии, среди конкурентов, которые также способны сохранять энергию, так как песок является недорогим и экологичным вариантом.

Библиографический список

1. Экономическая эффективность альтернативной энергетики [Электронный ресурс]. – URL: <https://scilead.ru/article/649-ekonomicheskaya-effektivnost-alternativnoj-ene/> (дата обращения: 10.12.2022).
2. Первая песчаная батарея [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.gazeta.ru/science/news/2022/07/05/18070898.shtml?updated/> (дата обращения: 10.12.2022).
3. Альтернативные батареи для области возобновляемых источников [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.freethink.com/energy/renewable-energy-storage/> (дата обращения: 12.12.2022).
4. Альтернативные источники энергии: проблемы внедрения [Электронный ресурс]. – URL: <https://altenergiya.ru/sun/alternativnye-istochniki-energii-problemy-vnedreniya.html/> (дата обращения: 12.12.2022).

УДК 620.92

СПОСОБЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИБКИХ И ПЛЁНОЧНЫХ ГЕЛИОЭЛЕМЕНТОВ, А ТАКЖЕ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ

Д. М. Мерзлая
ИАИЭ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** Рассматривается проблема разработки альтернативных источников электрической энергии. Обоснована актуальность применения солнечных батарей в автомобилестроении. Дана характеристика современным образцам солнечных батарей в сравнении с традиционными моделями. Проведен анализ путей повышения КПД солнечных батарей. Приведены основные способы использования батарей в автомобиле. Перечислены преимущества и недостатки применения гелиобатарей в современных условиях.*

***Ключевые слова:** солнечная энергия, солнечные батареи, перовскитные батареи, солнцемобиль.*

Электрическая энергия для современного человечества незаменима для функционирования всех сфер жизни общества. При этом сегодня до сих пор значительная доля электроэнергии получается путем использования традиционных источников, использующих невозобновляемые ресурсы – нефть, газ, уголь. Такие источники сегодня наносят существенный вред окружающей среде, а завтра будут бесполезны. В связи с этим современная наука уделяет огромное внимание вопросам перехода на альтернативные источники энергии, например, солнечную энергию. Одним из направлений, где использование альтернативной, в том числе солнечной энергии, может дать огромный положительный эффект, является автомобилестроение. В XXI веке почти у каждого человека есть свой собственный автомобиль, и с каждым годом их число увеличивается. По современным данным, ежегодные выхлопы от автомобиля наполняют атмосферу более чем на 20 миллион тонн ядовитых веществ, которые, в свою очередь, наносят непоправимый вред здоровью человека [1]. Таким образом, исследование вопросов использования экологически чистой солнечной энергии в автомобилях является актуальной научно-технической задачей.

Объектом исследования в данной работе являются способы практического использования солнечной энергии.

Предметом исследования являются пути применения солнечной энергии для питания автомобилей.

Цель исследования – определение способов применения солнечной энергии для электропитания автомобилей.

Для достижения поставленной цели в ходе работы необходимо было решить следующие задачи:

- изучить принцип получения электрической энергии из энергии солнца;
- изучить самые современные технологии, применяемые в солнечной энергетике для получения электричества;
- выявить наиболее перспективные способы применения солнечных элементов для электропитания автомобилей.

В ходе решения основных задач исследования получены следующие результаты.

Солнечный свет является неиссякаемым и мощным источником энергии, потому что количество энергии, падающее на поверхность земли за день, превосходит мировое потребление энергии за год. Солнечная энергетика имеет преимущества и недостатки при использовании. К достоинствам относятся экологичность, неисчерпаемость, низкая себестоимость получаемой энергии, доступность производства энергии. Недостатками солнечных электроустановок долгое время являлись высокая стоимость оборудования, низкий коэффициент полезного действия (КПД), сезонность работы и зависимость от погодных условий.

Для того чтобы преобразовывать солнечную энергию в электрическую, были созданы солнечные батареи, которые считаются эффективными и экологически чистыми источниками электроэнергии. Принцип работы солнечных батарей заключается в производстве постоянного тока при попадании солнечного светового излучения на монокристаллические или поликристаллические кремниевые пластины. При нагревании верхней кремниевой пластины электроны из атомов кремния освобождаются, после чего их захватывают атомы нижней пластины. По законам физики электроны стремятся вернуться в первоначальное положение. Соответственно, с нижней пластины электроны двигаются по проводникам, отдавая свою энергию на зарядку аккумуляторов и возвращаясь в верхнюю пластину.

До последнего времени одним из главных препятствий для широкого использования солнечных батарей был низкий КПД, не превышающий 15–20 %. Соответственно, себестоимость киловатта электроэнергии от такого источника была очень высока, что и обуславливало узость сферы применения таких источников – они применялись, прежде всего, там, где не было альтернативы, например, в космических аппаратах и т. п. Однако в 2010 году появляются солнечные батареи из перовскита, коэффициент полезного действия которых достигает 27–32 % [2]. Перовскитные солнечные батареи, кроме более высокого КПД, гораздо тоньше, легче и прозрачнее кремниевых пластин. При этом стоимость таких батарей значительно ниже, чем кремниевых. По прогнозам ученых, цена электроэнергии перовскитных солнечных батарей в обозримом будущем станет в несколько раз ниже, чем у современных образцов.

Препятствием для применения перовскитов считают их экологическую опасность на стадии их производства и вывода из эксплуатации. Однако результаты последних исследований токсичности веществ из перовскитных солнечных батарей позволяют сделать вывод, что при условии преодоления существующих технологических препятствий массовое производство этой эффективной и потенциально дешевой альтернативы кремниевым фотоэлементам, вероятно, не повлечет существенных рисков для здоровья человека и окружающей среды [3].

Кроме того, проблема повышения КПД солнечной батареи может быть решена и для традиционных кремниевых батарей. Для этого необходимо, чтобы солнечная батарея поглощала больше энергии, улавливая больше солнечного света и отражая меньше от себя. Добиться этого можно путем оптимизации рассеяния и дифракции солнечного света. Проведенный анализ публикаций на данную тему позволяет сделать вывод, что такое техническое решение способно увеличить ток, генерируемый кремниевой батареей до 125 %

[4]. Таким образом, исследование вопросов применения солнечных батарей в «земных условиях» получает новое развитие.

Вопросами применения солнечных батарей в автомобилях человечество занимается уже более полувека. Проведенный анализ позволяет сделать вывод, что основными способами использования батареи являются непосредственное преобразование солнечной энергии в энергию двигателя автомобиля, электропитание некоторых систем автомобиля, а также подзарядка аккумулятора.

Первое из этих направлений, в которых солнечные батареи питают электродвигатель, в последние годы достаточно активно развивается. Перед классическими двигателями внутреннего сгорания автомобиля на солнечных батареях обладают рядом преимуществ [5]:

- экологическая безопасность;
- неограниченный запас энергии;
- отсутствие необходимости в возведении станций подзарядки и заправочных станций;
- длительный эксплуатационный срок;
- доступная и бесплатная энергия.

При этом широкое внедрение гелиобатарей затруднено следующими минусами:

- высокая стоимость батарей, обусловленная необходимостью использования инновационных технологий и штучным производством;
- более низкая скорость и запас хода;
- отсутствие развитой сети сервисов и ремонтных служб, специализирующихся на гелиосистемах.

В современных серийных автомобилях солнечные батареи небольшой мощности на обычных автомобилях кондиционируют воздух в салонах и подзаряжают пусковые аккумуляторы на стоянках, питают радио- и телеаппаратуру. В 2010 году создан фотоэлемент, который можно «клеить» на любые поверхности – окна, стёкла автомобилей. Эта технология даёт возможность по-новому использовать кремний в устройствах для преобразования солнечной энергии в электрическую. Можно будет, например, тонировать автомобильные стекла, чего будет достаточно для работы навигатора или кондиционера автомобиля. Специфика использования кондиционера такова, что максимальная его эффективность необходима в первые минуты, когда владелец автомобиля только садится в раскаленный летним солнцем автомобиль. И если автомобиль перемещается по городу на небольшие расстояния, с частыми остановками, происходит постоянное охлаждение–нагрев салона автомобиля. Что ведет к повышенному расходу топлива, ведь известно, что кондиционер отбирает от 10 до 30 % мощности двигателя. Особенность использования энергии солнца именно для питания кондиционера в том, что эффективность работы солнечных батарей зависит от интенсивности солнечного излучения, в свою очередь, и требуемая мощность кондиционера тоже прямо пропорциональна солнечному излучению.

В настоящее время имеется большое количество разнообразных батарей на основе солнечных элементов, в том числе появились в производстве элементы на гибкой пленочной основе, что позволяет их размещать на поверхности, отличной от ровной, имеющей небольшую степень кривизны и малую массу и габариты [6]. Размещение таких элементов удобнее всего на крыше автомобиля. Размещая солнечные элементы такой площади, можно получать около 200 Вт, что достаточно для поддержания необходимого температурного режима в салоне автомобиля во время стоянки и позволит дополнительно обеспечивать электроэнергией автомобиль во время движения, обеспечивая экономию топлива минимум на 8 %.

Таким образом, сегодня редкое использование энергии солнца на автотранспорте связано с низкой эффективностью солнечных батарей и сложностью их изготовления. Качественный скачок характеристик солнечных элементов питания позволяет рассчитывать на создание солнцемобилей, сравнимых по техническим данным с традиционными автомобилями, и превосходящих их по экологичности, что позволит в значительной мере решить одну из глобальных проблем современности.

Библиографический список

1. Грилихес, В. А. Солнечные космические энергостанции/ В. А. Грилихес. – М.: Наука, 1996. –181с.
2. Гладышев П. П., Юшанхай., Сюракшина Л. А. Гибридные органо-неорганические перовскитные структуры и фотоэлектрические преобразователи на их основе: физические и химические проблемы // Органические и гибридные наноматериалы: получение и перспективы применения (Под ред. В. Ф. Разумова и М. В. Ключева). – Иваново: Иван. гос. ун-т, 2015. – С. 426-460.
3. Свинец, олово, висмут или органические соединения: оценка потенциальных опасностей для окружающей среды и здоровья человека, связанных со зрелой перовскитной фотоэлектрической технологией. – Текст : электронный // Solar Energy Materials and Solar Cells. – 2023. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0927024822005943?via%3Dihub> / (дата обращения: 01.03.2023).
4. Еременко, В. Г. Использование регулируемых преобразователей в солнечных энергоустановках с неориентируемыми панелями солнечных элементов/ В. Г. Еременко, С. С. Волков. – М.: Наука и производство, 1999. - № 5. – С. 45-49.
5. Косяченко, Л. А. Проблемы эффективности фотоэлектрического преобразования в тонкопленочных солнечных элементах CdS/CdTe / Л. А. Косяченко // Физика и техника полупроводников. – 2006. – Т. 40, Вып. 6. – С. 730-746.
6. Фролова, Н.О. Имитатор солнечных батарей с импульсно-линейной структурой / Н. О. Фролова, О. А. Фролов: Материалы ВНТК «Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике», 2010. – С.72-74.

УДК 504.4.054

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА ДОПУСТИМОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ СБРОСЕ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОТОК

М. А. Мозгушин
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация Проведен анализ результатов расчета максимальных концентраций загрязняющего вещества в контрольном створе водотока методом Таллиннского политехнического института на основе различных литературных источников. Проведено сравнение результатов расчета допустимой концентрации загрязняющего вещества в контрольном створе, полученной различными методами.

Ключевые слова: допустимая концентрация, норматив допустимого сброса, кратность разбавления, метод, Таллиннский политехнический институт.

В соответствии с Федеральным законом «Об охране окружающей среды» [1] и «Водным кодексом Российской Федерации» [2] была утверждена методика разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей [3].

Разработка НДС осуществляется в соответствии с законодательством в области охраны окружающей среды, водным законодательством в отношении загрязняющих веществ, характеризующих применяемые технологии и особенности производственного (технологического) процесса на объекте организации-водопользователя и объектах его абонентов (при наличии).

Величины НДС определяются расчетным путем исходя из:

- нормативов качества воды водного объекта;
- фонового состояния водного объекта;

- применяемых технологий и особенностей производственного процесса водопользователя.

НДС рассчитываются по формуле (1):

$$\text{НДС} = q \cdot C_{\text{НДС}}, \quad (1)$$

где:

q – максимальный часовой расход сточных вод, м³/ч;

$C_{\text{НДС}}$ – допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м³.

Основная расчетная формула [3] для определения $C_{\text{НДС}}$, формула (2):

$$C_{\text{НДС}} = n \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{Ф}}) + C_{\text{Ф}} \quad (2)$$

где:

n – кратность общего разбавления сточных вод в водотоке;

$C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м³;

$C_{\text{Ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке, г/м³.

В соответствии с [3] кратность общего разбавления можно определить по следующим формулам: (3), (4).

$$n = n_{\text{н}} \cdot n_{\text{о}}, \quad (3)$$

где:

$n_{\text{н}}$ – кратность начального разбавления;

$n_{\text{о}}$ – кратность основного разбавления.

$$n = (S_{\text{ст}} - S_{\text{е}}) / (S_{\text{макс}} - S_{\text{е}}) \quad (4)$$

где:

$S_{\text{ст}}$ – концентрация загрязняющего вещества в сточных водах, г/м³;

$S_{\text{е}}$ – фоновая концентрация вещества в водотоке, г/м³.

$S_{\text{макс}}$ – максимальная концентрация загрязняющего вещества в поперечном сечении водотока, находящемся на контрольном расстоянии от створа выпуска сточных вод вниз по течению, г/м³.

В основе расчета кратности общего разбавления лежит расчет турбулентной диффузии.

Важной составляющей для расчета n является $S_{\text{макс}}$. Существует множество методов расчета максимальной концентрации загрязняющего вещества в поперечном сечении водотока. В данной работе был рассмотрен метод Таллинского политехнического института, разработанный Л. Л. Паалем и В. А. Сууркаском. Данный метод основан на аналитическом решении уравнения турбулентной диффузии [4, 5]. Авторы предложили рассчитывать максимальную концентрацию загрязняющего вещества в контрольном створе по формуле [4]:

$$S_{\text{макс}} = S_{\text{е}} + \frac{Q + q}{H \cdot \sqrt{\pi \cdot V \cdot \bar{K}_y} \cdot x} \cdot \frac{1}{\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^z e^{-\varepsilon^2} d\varepsilon} \cdot \exp \cdot \left(-\frac{y^2 \cdot V}{4 \cdot \bar{K}_y \cdot x} \right) \quad (5)$$

Однако в действующей методике расчета нормативов допустимых сбросов и книге А. В. Караушева максимальная концентрация загрязняющего вещества в контрольном створе рассчитывается следующим образом [3, 6]:

$$S_{\text{макс}} = S_{\text{е}} + \frac{Q + q}{H \cdot \sqrt{\pi \cdot V \cdot \bar{D}_y} \cdot x} \cdot \frac{1}{\frac{2}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_0^z e^{-\varepsilon^2} d\varepsilon} \cdot e^{K_{\text{н}} \cdot \frac{x}{V}} \quad (6)$$

В работе на тестовом примере, удовлетворяющем границам применимости метода, была проведена оценка корректности результатов, получаемых по этим формулам. Результаты расчета максимальной концентрации загрязняющего вещества приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результат расчета максимальной концентрации загрязняющего вещества

Метод изложенный в	Максимальная концентрация загрязняющего вещества $S_{\text{макс}}$, г/м ³
Приказ Минприроды России от 29.12.2020 N 1118 (ред. от 18.05.2022) "Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты для водопользователей" [3]	100000,0
Качество воды рек и внутренних водоемов Х. А. Вельнер [4]	12,23
Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Под редакцией засл. деят. науки и техники РСФСР проф. А. В. Карашева [6]	100000,0

Результаты расчета максимальной концентрации загрязняющего вещества по приказу Минприроды и книге А. В. Карашева дают одинаковые результаты, сильно расходящиеся с результатами, полученными по формуле из статьи Л. Л. Пааля и В. А. Сууркаса [3-6].

Оценка корректности расчетных формул была проведена на основе расчета кратности общего разбавления еще двумя методами [3]:

1. Метод А. В. Карашева.
2. Метод ВОДГЕО.

Результаты расчетов приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результат расчета допустимой концентрации загрязняющего вещества

Метод	Допустимая концентрация загрязняющего вещества $C_{\text{ндс}}$, г/м ³
Метод Таллиннского политехнического института [3]	19,7
Метод Таллиннского политехнического института [3, 6]	25012,2
Метод А. В. Карашева [3]	17,2
Метод ВОДГЕО [3]	18,5

Исходя из таблицы 2 очевидно, что результаты расчета максимальной концентрации загрязняющего вещества по формуле, изложенной в [3, 6], значительно отличаются от результатов расчета по другим методам. При расчете максимальной концентрации методом А. В. Карашева, методом ВОДГЕО и методом Таллиннского политехнического института, изложенным его авторами, максимальное изменение концентрации не превышает 13 %, что допустимо для инженерных расчетов. С высокой степенью достоверности можно утверждать, что в действующей методике расчета нормативов допустимых сбросов методом Таллиннского политехнического института допущена ошибка.

Библиографический список

1. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (последняя редакция). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.09.2022).
2. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 № 74-ФЗ (ред. от 01.05.2022). – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 10.09.2022).
3. Приказ Минприроды России от 29.12.2020 № 1118 (ред. от 18.05.2022) «Об утверждении Методики разработки нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ

в водные объекты для водопользователей». – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573275596> (дата обращения: 10.09.2022).

4. Качество воды рек и внутренних водоемов [Текст]: [Сборник статей] / [Науч. ред. проф. Х. А. Вельнер]. – Москва: [б. и.], 1972. – 100 с., 2 л. граф.: черт.; 26 см. - (Международное гидрологическое десятилетие/ Междунар. высш. гидрол. курсы ЮНЕСКО при Моск. гос. ун-те им. М.В. Ломоносова. 4-я сессия, 1972).

5. О коэффициентах турбулентной диффузии в расчетах, смешения сточных вод в водотоках Сууркас В. А., Тутт М. А.// Труды Таллинск. политехн, ин-та. Сер. А. – 1971. - № 309. – С. 51 – 55.

6. Методические основы оценки антропогенного влияния на качество поверхностных вод. Под редакцией засл. деят. науки и техники РСФСР проф. А. В. Караушева. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1981. – 175 с. – URL: http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-090555.pdf (дата обращения: 10.09.2022).

УДК 628.16

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГРАНУЛИРОВАННОГО АКТИВИРОВАННОГО УГЛЯ ПОСЛЕ ЕГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ

З. Р. Муравлева
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования по восстановлению адсорбционной активности гранулированного активированного угля (далее ГАУ) способами высокотемпературной реактивации. Полученные данные позволяют оценить целесообразность применения рассматриваемых методов реактивации ГАУ. Установлено, что показатели: йодное число, влажность, органолептические параметры рассматриваемой марки ГАУ могут быть полностью восстановлены описанным методом-2 высокотемпературной реактивации.*

***Ключевые слова:** гранулированный активированный уголь, водоснабжение, реактивация, печь реактивации, адсорбционная обработка.*

Адсорбционная обработка воды с применением активных углей приобрела широкое распространение, в основном, для доочистки от органических соединений, удаления многочисленных загрязнений и микроэлементов (фенолов, углеводородов, пестицидов, моющих средств, некоторых тяжелых металлов), а также с целью улучшения органолептических характеристик воды, то есть удаления привкуса, неприятного запаха, улучшения цветности [1]. Способ адсорбции с применением ГАУ используется в блоке с основной подготовкой питьевой воды Южной водопроводной станции (далее – ЮВС) ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга».

В состав водоочистных сооружений входит 20 скорых двухслойных фильтров, обеспечивающих адсорбционную очистку воды на завершающем этапе фильтрации. Объем загрузки одного фильтра 60 тонн, таким образом, общий объем загрузки ГАУ составляет 1200 тонн. Конструктивные особенности фильтров предусматривают двухслойную фильтрующую загрузку – ГАУ, кварцевый песок [2]. Использование ГАУ в двухслойном фильтре имеет особенность – необходимо использовать марки сорбента с высокой механической прочностью, однородным гранулометрическим составом, большой удельной поверхностью, а также агломерированной структурой. Поэтому на блоке подготовки питьевой воды ЮВС используется ГАУ, имеющий не только удовлетворительные сорбционные свойства, но и высокие прочностные характеристики – «Filtrisorb TL-830» (производитель – бельгийская

компания Chemviron Carbon; ОКДП 20.59.54.110 «Угли активированные из каменноугольного сырья») [3].

При снижении адсорбционной способности активированного угля в ходе его эксплуатации необходимо производить его замену свежеподготовленным реагентом с определенной величиной адсорбционной емкости или реактивировать. В настоящее время реализуется первый вариант – отработанный ГАУ утилизируется без дальнейшей возможности его применения на сооружениях водоподготовки и заменяется свежим сорбентом. Внедрение технологии рециклинга рассматриваемого отхода имеет экономические, экологические и ресурсосберегающие причины, а также это актуально для большинства предприятий водоподготовки, использующих в технологическом процессе ГАУ.

На стадии проектирования сооружений было рекомендовано восстанавливать сорбционные характеристики угля методом реактивации, так (по информации поставщиков) ГАУ с высокими прочностными характеристиками наиболее эффективно восстанавливает свои свойства [3]. Также этот метод позволяет экономить не только природные, но и производственные ресурсы.

Технология высокотемпературной реактивации включает следующие этапы: *a* – сушку; *b* – обработку в печи при температуре 700–800 °С в присутствии водяного пара; *c* – охлаждение и рассев. На последнем этапе – отсеиве, то есть удалении мельчайших гранул, после дробления уголь можно применять в процессе водоподготовки [4].

Предприятием ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» проводились испытания по реактивации ГАУ с площадки ЮВС двумя методами высокотемпературной реактивации.

Ранее на ЮВС подрядным способом были предприняты попытки высокотемпературной реактивации методом-1 с использованием вращающейся печи в условиях парогазовой активации, при температуре 700–750 °С. Время пребывания угля в печи составляло 30 мин.

В настоящее время реализуются повторные испытания по восстановлению сорбционных свойств отработанного углеродного адсорбента методом-2 высокотемпературной реактивации в барабанной вращающейся электропечи (рис. 1), конструкция печи и технологические параметры несколько изменяются.



Рис. 1. Барабанная электрическая печь

Отработанный уголь, приходящий с блока подготовки питьевой воды ЮВС, проходит этап сушки и загружается в приемный бункер печи с вращающимся барабаном (рис. 1), далее он проходит три зоны реактивации:

1. Возгонка и начало карбонизации органических веществ.
2. Конец карбонизации при температуре 600–700 °С и начало процесса реактивации ГАУ.
3. Активная реактивация ГАУ при температуре 750–800 °С в присутствии водяного пара.

Реактивированный уголь поступает в приемный бункер и охлаждается. Отходящий газ выходит через вытяжку и поглощается циклоном.

Сравним два метода реактивации ГАУ, рассматриваемых ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (табл.1).

Таблица 1 показывает, что преимущества метода-2 реактивации ГАУ превосходят над методом-1.

После процесса реактивации методом-1 было проведено исследование соответствующих образцов угля и оценены физико-химические параметры (табл. 2).

На основании результатов исследований образцов ГАУ сделана экспертная оценка [5]:

1. В процессе реактивации изменяется массовая доля каждой фракции с ярко выраженным снижением крупных гранул, с увеличением содержания мелких фракций. Изменяется насыпная плотность сорбционного материала, уменьшается объем угля, для обеспечения проектных характеристик фильтрующей загрузки требуется большее количество ГАУ для дозасыпки.

2. Характеристика ГАУ по показателю «прочность» снизилась ниже требуемого показателя до 75 %.

3. Сорбционная активность по йодному числу в ГАУ значительно ниже по отношению к сорбционной активности нового продукта.

4. Сорбционная активность по метиленовому синему ГАУ через два года эксплуатации достигла критичного порога.

Таблица 1 – Сравнение методов высокотемпературной реактивации

Методы	Метод-1	Метод-2
Достоинства	<ul style="list-style-type: none"> – меньшие габариты оборудования; – меньшие затраты; – быстрее проходит реактивация ГАУ 	<ul style="list-style-type: none"> - наличие 3-зонной системы нагрева в едином корпусе позволяет не разрушать структуру ГАУ и не терять прочность; - плавное вращение зон нагрева позволяет не нарушать гранулометрический состав; - первичная термообработка ГАУ позволяет получить в печи более «длинную» зону активации, что приводит к выпуску более качественного и стабильного по характеристикам конечного продукта
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> – печь из углеродистой стали с покрытием, которое не выдерживает более 750 °С; – нет первичного этапа термообработки ГАУ, из-за чего происходил гидроразрыв структуры ГАУ и терялась прочность; - потери по объему ГАУ более 30 % 	<ul style="list-style-type: none"> – дополнительные затраты на оборудование для первичного этапа термообработки; - комплекс сооружений занимает большую площадь

По этим характеристикам было сделано заключение о нецелесообразности проведения этой реактивации, сооружения поэтапно загружаются свежим сорбентом.

Также после проведенной реактивации ГАУ методом-2 лабораторией ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» были проведены исследования угля по показателям адсорбции, а также органолептических показателей проб воды, прошедшей фильтрацию через делительную грушевидную воронку, заполненную предварительно промытым и высушенным исследуемым ГАУ массой 500 г (рис.2).



Рис. 2. Воронка делительная цилиндрическая, заполненная ГАУ

Полученные результаты исследования представлены в таблице 2 и таблице 3:

Таблица 2 – Сорбционные свойства ГАУ, прошедшего реактивацию двумя методами

Параметры	НД на метод определения	Норматив	Метод-1		Метод-2		
			Новый ГАУ (загрузка 2015 г.)	Реактивированный ГАУ после двух лет эксплуатации	Новый ГАУ (загрузка 2019 г.)	Отработанный ГАУ после трех лет эксплуатации	Реактивированный ГАУ
Йодное число, мг/г	AWWA В 600-78	>900	1006	627	1123	682	1103
Влажность, %	ГОСТ 12597-67	< 2	0,9	0,1	0,7	2,3	0,03

Таблица 2 показывает, что ГАУ, прошедший реактивацию методом-2, имеет наиболее приближенные к новому адсорбенту значения по показателям адсорбционной активности по йодному числу и влажности, чем ГАУ, прошедший реактивацию методом-1.

Анализ отобранных проб воды, проведенный лабораторией ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» по показателям «цветность», «запах», «мутность» и «перманганатная окисляемость» после реактивации ГАУ, демонстрирует восстановление его сорбционных свойств.

Таблица 3 – Органолептические показатели воды, прошедшей фильтрацию через разного типа ГАУ

Анализируемые показатели	Норматив	Метод определения	Исходные показатели воды	Новый ГАУ (загрузка 2019 г.)	Отработанный ГАУ после трех лет эксплуатации	Реактивированный ГАУ
Цветность, град	ГОСТ 31868-2012, метод Б	Фотометрический	8	5	7	5
Запах при 20°С/60°С, балл	ГОСТ Р 57164	Органолептический	1/1	0/0	1/1	0/0

Мутность, мг/дм ³	ГОСТ Р 57164-2016, п.6	Фотомет- рический	3,22	0,18	0,87	0,23
Щелочность, ммоль/дм ³	ЦВ 1.0111- 98 «А»	Титромет- рический	0,32	0,31	0,32	0,31
Окисляемость перманганатная, мг/дм ³	ГОСТ Р 55684-2013, способ Б	Титромет- рический	4,75	2,14	3,68	2,26
Водородный показатель единицы рН	ПНД Ф 14.1:2:3:4.12 1-97	Потенцио- метрический	6,48	6,40	6,38	6,41

Исходя из вышеизложенного, реактивация ГАУ марки Filtrasorb TL-830 при выбранных технологических режимах обеспечивает удовлетворительное восстановление сорбционных свойств материала. Важно отметить, что необходимо провести оценку прочности угля и сохранения сорбционной активности после реактивации для определения количества регенераций.

Библиографический список

1. Берндт Д., Дрюс М., Фридманн Р., Херб Ш., Лойшке Й., Лозв В., Ломотт М., Мейер Ф., Пютц Р. и Турински Р. // Практика водоснабжения: справочник для технического персонала предприятий водоснабжения. – СПб.: Новый журнал, 2010. – 496 с.
2. Технологический регламент производства питьевой воды на Южной водопроводной станции Производственного управления водоснабжения «ЮГ» филиала «Водоснабжение Санкт-Петербурга» ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» (утв. приказом Директора филиала «Водоснабжение Санкт-Петербурга» 15 мая 2018 года), 2018. – 61 с.
3. Activated Carbon Purification Systems. Pure Water. – Текст: электронный // Компания Chemviron Carbon – URL: <https://www.chemviron.eu> (дата обращения: 03.12.2022).
4. Мухин В. М., Клушин В. Н., Зубова И. Д. Использование метода реактивации отработанных активных углей // Экология производства. – 2008. - № 1. – 54 с.
5. Гвоздев В. А., Портнова Т. М., Яциневич Н. В. Восстановление сорбционной способности гранулированного активированного угля // Водоснабжение и санитарная техника. – 2018. – 9 с.

УДК 574

ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗОЛОТООБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Э. О. Немцева
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В работе производится оценка негативного воздействия на окружающую среду золотообогатительной фабрики. Предложены мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду и водные объекты.

Ключевые слова: золотообогатительная фабрика, загрязняющее вещество, сточные воды, хвостохранилище.

Оценка воздействия на окружающую среду проводится с целью предотвращения/минимизации воздействий, возникающих при осуществлении хозяйственной деятельности на окружающую среду и связанных с этим социальных, экономических и иных последствий.

Целью работы является оценить негативное воздействие обогатительных комбинатов на окружающую среду и предложить мероприятия по снижению воздействия.

Актуальность данной работы связана с тем, что горнодобывающая промышленность оказывает большое воздействие на окружающую среду и способна коренным способом изменять ландшафты. Интенсивное освоение золоторудного сырья в разных уголках мира способствует формированию техногенных горно-промышленных систем и поступлению в окружающую среду различных химических веществ, что приводит к загрязнению гидросферы, атмосферы, биосферы и литосферы.

При работе фабрик на окружающую среду будут оказываться следующие виды воздействий:

- химическое загрязнение и физическое воздействие на окружающую среду (запыление прилегающих территорий, возможное загрязнение поверхностных и подземных вод, производственный шум);

- изъятие из окружающей среды для нужд производства различных видов природных ресурсов (мест обитания популяций ценных видов растительного и животного мира, воды на технологические нужды, преобразование природных ландшафтов и формирование техногенного рельефа для размещения основных и вспомогательных производств, складирование хвостов фабрики в хвостохранилище, размещение бытовых и промышленных отходов).

Обогатительные комбинаты при разработке недр разрушают участки литосферы. При карьерной добыче диаметры воронок достигают 10–15 км, площади – 200–300 км². Однако только 10 % минерального сырья, извлекаемого из недр, превращается в готовую продукцию, а остальные 90 % идут в отходы, что приводит к загрязнению экосистемы. Ежегодно в России на горных предприятиях накапливается около 7 млрд. тонн отходов. Всего в отвалах, полигонах, хранилищах и несанкционированных свалках находится свыше 80 млрд. тонн твердых отходов. И все они занимают значительные площади, которые изъяли из лесного фонда. В результате работы фабрик образуются тонны отходов I–V класса опасности (например, ртутьсодержащие лампы; отработанный электролит; моторные масла отработанные; металлическая пыль; лом черных металлов и т. п.), которые необходимо накапливать на специально организованных площадках и потом передавать на утилизацию лицензированным организациям.

Масштабная разработка месторождений полезных ископаемых сопряжена с мощным техногенным воздействием на земную кору. Длительность эксплуатации рудника, огромные объемы перемещаемых пород, ведение добычи на ограниченных территориях – все это способствует нарушению первоначального напряженно-деформированного состояния земной коры на обширных территориях. В результате такого воздействия, наряду с естественными (тектонические подвижки и естественные землетрясения), возникают и так называемые наведенные геомеханические процессы, вызванные техногенной деятельностью. Сюда относятся изменение рельефа местности (карьерные выемки, терриконы, отвалы, хвостохранилища и др.), активизация опасных геологических процессов (карст, оползни), оседание и сдвигание горных пород, изменение физических полей (геотемпературного и др.), особенно в районах вечной мерзлоты, химическое загрязнение почв, их механическое нарушение. Такие процессы по силе их проявления сопоставимы с естественными, а их опасность усугубляется тем, что они происходят в областях концентрации экономической деятельности человека. Каждая из форм проявления геомеханических процессов способна произвести серьезные нарушения жилых, промышленных объектов и отведения естественного русла рек.

При добыче руды производятся либо открытые горные работы, либо подземные горные работы, где используются буровзрывные работы, которые сопровождаются значительными выбросами в атмосферу твердых частиц, пыли и газов. Источники выделения пыли дробильного комплекса: дробилки, питатель, грохот, склад дробленой руды, узлы пересыпки руды и транспортирующие конвейера. В атмосферный воздух выделяется пыль неорганическая с содержанием SiO₂ 20–70 %. При добыче, транспортировке, погрузке и разгрузке руды также выделяется пыль.

Для сокращения выбросов пыли в атмосферный воздух от отделения дробления необходима установка газоочистного оборудования в соответствии с уточненной технологической схемой при проектировании по количеству и компоновке оборудования на фабрике. Для открытых территорий необходимо предусматривать системы пылеподавления.

Эксплуатация хвостохранилищ, имеющих большие площади открытой водной поверхности, способствует активному испарению вод, содержащих вредные химические компоненты. При обогащении руды происходит окисление сульфидов, что приводит к большому выделению сероводорода, диоксида серы, пыли и т. д., которые попадают в атмосферу и загрязняют ее.

Эксплуатация золотообогатительной фабрики потенциально может оказывать воздействие на водные объекты за счет:

- нарушения гидрогеологического режима вод;
- изъятия водных ресурсов на нужды производственного и бытового водопотребления;
- негативное влияние на поверхностные воды при сбросе стоков от фабрики.

Состав сточных вод фабрик отличается сложностью. Это связано с особенностями состава как самой руды, так и используемых в процессе флотореагентов. Качественный состав сточных вод фабрик зависит от технологического режима, интенсивности выщелачивания полезных компонентов из руды, расхода и номенклатуры применяемых флотореагентов. Характерным для сточных вод является большое содержание взвешенных веществ, низкая прозрачность, относительно высокая минерализация и разнообразие специфических ингредиентов, высокое содержание металлов, цианидов и их комплексов с металлами, роданидов. Как правило, на золотоизвлекательных фабриках применяют локальную обработку цианидсодержащих вод окислителями (хлором, гипохлоритом, озоном, перекисью водорода), а также применяют сорбционную очистку на угольных фильтрах, электрохимическое окисление. Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки, и применительно к конкретным условиям необходимо проектировать свою схему очистки в зависимости от технологического регламента извлечения золота.

Поскольку основное водопотребление рудников приходится на технологические нужды, во избежание негативного воздействия на поверхностные и подземные воды, а также с целью предупреждения загрязнения водных объектов и рационального использования водных ресурсов при эксплуатации на рудниках осуществляется замкнутая система производственного водооборота.

Особенностями сточных вод горной добычи является образовавшиеся в процессе обогащения хвосты в виде пульпы. Это от 60 % до 90 % от общего объема всех сточных вод. В них концентрируются нерудные компоненты в виде твердых частиц различного размера. Содержание твердой части в хвостах находится в пределах 20–40 %.

Хвостовая пульпа поступает в специальное гидротехническое сооружение – хвостохранилище. Хвостохранилище представляет собой гидротехническое сооружение в виде большого водоема. Твердые частицы пульпы по естественным воздействиям силы тяжести опускаются на дно и происходит так называемая «укладка хвостов». Жидкая составляющая хвостовой пульпы покидает хвостохранилище и направляется на повторное использование (оборотное водоотведение). А в некоторых технологических процессах, к сожалению, сбрасывается в близлежащие водоемы. На основе химических анализов жидкой и твердой фазы хвостов расчетным путем был определен класс опасности хвостовой пульпы. По результатам расчета отвальные хвосты гравитационного обогащения могут быть отнесены к 5 классу опасности (практически неопасные) для окружающей природной среды.

Помимо естественного отстаивания, а также иногда осветление идет с помощью коагулянтов, сточные воды золотоизвлекательных фабрик подвергаются химической очистке. Наибольшее распространение получили реагентные методы очистки, включающие применение гашеной и хлорной извести, гипохлорита кальция, жидкого хлора, железного купороса и т. д. Данные вещества используются для нейтрализации вредного воздействия цианидов и ионов тяжелых металлов.

Наиболее сложной при обработке сточных вод является очистка от цианидов. В качестве реагента используют хлорную известь, а также гипохлорит натрия или жидкий хлор. На некоторых фабриках используют сульфат двухвалентного железа. Однако при этом образуется довольно большой объемистый осадок, а кроме того, не все цианиды подвергаются разрушению и остается риск вторичного образования цианида.

В случае сточных вод со значительным содержанием цианидов используется метод отгонки. Сточную воду обрабатывают серной кислотой, образующиеся пары синильной кислоты улавливаются, а остаточная вода доочищается «активным хлором». Отгонка применяется для обработки сравнительно ограниченных объемов сливов сгустителей концентратов.

Еще один метод очистки используется в золотодобываемых отраслях – это окисление озоном. По сравнению с обработкой хлором, при обработке озоном не требуется дальнейшее удаление остаточного «активного хлора», а сточная вода не содержит хлор-ионов. Но при этом следует учитывать, что сам озон весьма агрессивен и токсичен, а, следовательно, требует использования повышенных мер техники безопасности.

В период эксплуатации фабрики на площадке существенно изменится экосистема, произойдет коренное изменение растительного и почвенного покрова, ландшафта в сторону потери его естественных форм, будет сформирован новый «техногенный» ландшафт, который после истечения срока отработки месторождения будет рекультивирован.

Потенциальные виды воздействия на почвенно-растительный покров включают в себя:

- непосредственное удаление почвенно-растительного слоя с площадки ОФ (строительство зданий и сооружений);
- отложение на почвенно-растительном покрове пыли и других, переносимых воздухом загрязнителей от объекта;
- склоновая и ветровая эрозия и образование наносов на поверхности почвенно-растительного покрова.

Локализация объекта на промышленном отводе сведет к минимуму масштаб нарушения земель и растительного покрова, поможет избежать возможного контакта с территориями, являющимися ареалами распространения редких и охраняемых видов растений.

Для уменьшения возможного влияния планируемой деятельности при проектировании объекта необходимо предусмотреть мероприятия по рекультивации нарушенных земель.

Основными факторами влияния фабрик на млекопитающих является следующее:

- отторжение территории природного ландшафта, как мест обитания млекопитающих;
- фактор беспокойства;
- гибель животных в технических условиях;
- нарушение миграционных путей;
- обезвоживание и засоление, затопление и загрязнение мест обитания животных;
- браконьерство.

К общим видам воздействия на ихтиофауну водных объектов, расположенных вблизи золотообогатительной фабрики, можно отнести следующие:

- забор воды;
- наличие поверхностного стока непосредственно в водоемы с промплощадки;
- подпитка загрязненными подземными источниками;
- сброс очищенных хозяйственно-бытовых стоков.

Уровни шума на технологических площадках предприятия находятся в диапазоне звуковых частот от 63 до 8000 Гц и изменяются в зависимости от активности работ в течение суток. Основными и постоянными источниками шума на фабрике являются:

- технологическое оборудование отделения дробления (конвейера, пересыпка и т. д.) составит ≤ 80 дБА;
- технологическое оборудование главного корпуса (мельницы, грохота и т. д.) составит 80дБА;
- вентиляционные системы, установленные вне стен зданий – 75 дБА.

Для снижения уровня шума на фабриках можно устанавливать шумоподавительные мероприятия (например, шумопоглотительные экраны).

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы.

1. Оценка воздействия на окружающую среду проводится с целью предотвращения/минимизации воздействий, возникающих при осуществлении хозяйственной деятельности на окружающую среду.
2. Обогательные фабрики оказывают целый комплекс негативного воздействия и поэтому необходимо еще на стадии проектирования объекта разработать мероприятия по снижению негативного влияния на окружающую среду, которые жестко должны выполняться сотрудниками фабрик. Одним из механизмов обеспечения качества окружающей среды является также соблюдение технологических нормативов (нормативы выбросов, сбросов загрязняющих веществ, нормативы допустимых физических воздействий).

Библиографический список

1. Алборов, И. Д. Загрязнение почв в районе добычи полиметаллических геоматериалов и их влияние на растительные сообщества / И. Д. Алборов, М. З. Мадаева, О. Д. Сосунова // Экология и промышленность России. – 2009. - № 6. – С. 54-56.
2. Абросимов А., Мелкий В. А. //Оценка и управление природными рисками: Материалы Всероссийской конференции «Риск–2003». – М.: Изд-во Российск. ун-та дружбы народов, 2003. – Т. 2. – С. 129-132.
3. Патент РФ 2275779, 2006; патентообладатель Лескова и др., 2007.
4. Гула, К. Е. К вопросу оценки хвостохранилища как источника загрязнения объектов природной среды / К. Е. Гула, Л. Т. Крупская, А. М. Дербенцева, К. В. Ионкин, А. В. Крупский // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – ОВ № 5 – ДВ -2. – С. 234-242.
5. Гула, К. Е. Оценка экологического состояния некоторых объектов окружающей среды в зоне влияния хвостохранилища, расположенного в п. Многовершинное (Хабаровский край) / К. Е. Гула, О. М. Морина, Л. Т. Крупская, В. А. Морин // Системы. Методы. Технологии. – 2012. - № 3 (15). – С. 128-133.
6. Звягинцев, Д. Г. Биологическая активность почв и шкалы для оценки некоторых ее показателей / Д. Г. Звягинцев // Почвоведение. – 1978. - № 6. – С. 48-55.
7. Иванов, В. Б. Сравнение влияния тяжелых металлов в связи с проблемой специфичности и избирательности их действия / В. Б. Иванов, Е. Л. Быстров, И. В. Серегин // Физиология растений. – 2003. – Т. 50, № 3. – С. 445-454.
8. Ивлев, А. М. Ноосфера. Современные проблемы в педосфере /А. М. Ивлев // Добыча золота. Проблемы и перспективы. – 1997. – Т. 3. – С. 530-534.

УДК 574

АНАЛИЗ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ДЛЯ ЗОЛООБОГАТИТЕЛЬНОГО КОМБИНАТА В УСЛОВИЯХ ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ

Э. О. Немцева
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В работе рассмотрен комплекс мероприятий по снижению негативного воздействия золотообогатительного комбината на окружающую среду. Проведен анализ мероприятий для возможности реализации в условиях вечной мерзлоты.

Ключевые слова: золотообогатительный комбинат, хвостохранилище, сточные воды, очистные сооружения, пылеподавление, утилизация

Интенсивное освоение золоторудного сырья в разных уголках мира способствует формированию техногенных горно-промышленных систем и поступлению в окружающую среду различных химических веществ, что приводит к загрязнению гидросферы, атмосферы, биосферы и литосферы.

Современные способы золотодобычи горнорудных предприятий позволяют значительно увеличить выход полезного продукта, но предпринимаемые мероприятия для снижения загрязнения объектов природной среды недостаточно эффективны. Использование высокотоксичного реагента – цианида натрия (NaCN) – для извлечения Au и Ag из руды, а также обезвреживание сточных вод (в виде пульпы) посредством обработки гипохлоритом кальция $[Ca(ClO)_2]$ является характерной особенностью технологии, используемой в настоящее время. Сбрасываемые в водные объекты сточные воды содержат значительное количество загрязняющих веществ: цианистых соединений и ионов тяжелых металлов, обладающих общетоксическим, кумулятивным, канцерогенным и мутагенным действием, и представляют угрозу экологическому равновесию природных систем [1].

Следовательно, защита воздуха, почвы, биоты, поверхностных и подземных вод от загрязнения токсичными веществами является важной экологической задачей. В условиях вечной мерзлоты данная проблема стоит наиболее остро. Холодовое воздействие как экстремальный фактор приводит к усилению развития в организме токсических эффектов под действием химических веществ. Также разработка мероприятий входит в раздел проектной документации «Мероприятия по охране окружающей среды» согласно Постановлению правительства № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» [2]. Поэтому уже на этапе проектирования предприятия необходимо разрабатывать комплекс мероприятий, направленных на снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Цель данной работы – анализ природоохранных мероприятий и предложение оптимальных решений для золотообогатительных фабрик.

Мероприятий по снижению негативного воздействия на атмосферный воздух

Любые проектные решения по охране атмосферного воздуха обеспечивают нормативное воздействие ГОК на окружающую среду и локализацию негативного воздействия в пределах санитарно-защитной зоны, СЗЗ. Экологическая нагрузка по факторам химического загрязнения атмосферного воздуха и шумового воздействия локализуется в пределах СЗЗ площадки горно-обогатительного комбината.

Значительную часть загрязняющих воздух веществ составляют отработанные газы строительных машин и механизмов. Поэтому основные мероприятия по уменьшению загрязнения атмосферного воздуха при выполнении строительных работ направлены на пылеподавление и уменьшение токсичности отработанных газов:

- борьба с пылеобразованием с помощью полива пылящих поверхностей автомобильных дорог, бортов карьера и поверхностей отвала в засушливое время года, что позволит сократить пыление;
- регулировка двигателей машин и механизмов, используемых при производстве работ, что уменьшит количество выбросов в атмосферу с отработанными газами автотранспорта;
- расположение техники и транспортных средств на специально оборудованных площадках, постоянный технический осмотр и ремонт техники;
- укрытие брезентом кузовов автосамосвалов для исключения пыления с поверхности кузова при транспортировании материала;
- скорость движения автотранспорта на площадке не должна превышать 15 км/час для уменьшения выделения пыли от подъездных работ;
- сведение к минимуму работы техники на холостом ходу;
- применение оросителей в местах разгрузки и погрузки породы и руды;
- орошение поверхности складов породы и руды в теплый период года для уменьшения пыления.

Для очистки выбросов от Pb, NaOH, Na₂S, H₂S, Ca(OH)₂ необходимо устанавливать пылегазоочистное оборудование, например, рукавные фильтры, электрофильтры, мокрые скрубберы. Газоочистное оборудование подбирается в зависимости от требуемой эффективности очистки выбросов, расхода и медианного размера частиц.

Большинство мероприятий по пылеподавлению носят организационный характер и могут быть внедрены на всех ГОК. В условиях вечной мерзлоты наиболее актуальна установка оросителей только в теплый период времени.

Мероприятия по снижению негативного влияния физических факторов

Для снижения воздействия шума и соблюдения нормативов шумового воздействия на человека и окружающую среду предусматривается выполнение следующих мероприятий:

- параметры применяемых машин, оборудования, транспортных средств по характеристикам шума должны соответствовать установленным стандартам и техническим условиям предприятия-изготовителя, согласованным с санитарными органами;

- при необходимости, в случае превышения допустимого уровня звука, для звукоизоляции двигателей автомашин предусмотрено применять защитные кожухи и капоты с многослойными покрытиями, применением резины, поролона и т. п. (за счет применения изоляционных покрытий и приклейки виброизолирующих матов и войлока шум можно снизить на 5 дБА);

- присоединение вентиляторов к воздуховодам через эластичные вставки;

- установка технологического оборудования на виброоснованиях;

- подбор окружных скоростей вентиляторов и скоростей перемещения воздуха в воздуховодах из условия относительной бесшумности;

- шумоизоляцию и виброизоляцию постоянных рабочих мест машинистов, операторов и диспетчеров;

- звукоизоляцию наружных и внутренних ограждающих конструкций зданий (сэндвич-панели с минераловатным утеплителем).

Предложенные мероприятия также носят организационный характер и применимы на любых ГОК. Соблюдение данных мероприятий позволит не только снизить уровень шума, но обеспечит выполнение правил по охране труда.

Мероприятия по снижению негативного воздействия на земельные ресурсы

Для снижения или исключения отрицательного воздействия на почвы в период эксплуатации объекта должны выполняться следующие природоохранные мероприятия:

- определение площадей изымаемых земель размещением проектируемых площадок с учетом технологической взаимосвязи между объектами, рельефа местности, инженерно-геологических условий (установка заборов);

- размещение объектов строго в контурах для предотвращения нарушения почвенно-растительного покрова на прилегающих территориях;

- выполнение всех необходимых работ по рекультивации земель, нарушенных при строительстве объектов предприятия, заключающихся в засыпке ям и углублений, планировке территории, согласно ТУ на рекультивацию;

- обустройство мест временного накопления отходов с последующей передачей их специализированным лицензируемым организациям;

- выполнение планировочных работ по окончании строительства (уборка строительного мусора, проведение благоустройства);

- использование противофильтрационных экранов (геомембрана/грунты с низкими коэффициентами фильтрации) при устройстве площадки складирования отходов.

После периода строительства объекта для обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий должны предусматриваться мероприятия по озеленению и благоустройству территории.

Мероприятия по снижению негативного воздействия на растительный и животный мир

Негативные воздействия на растительность и животный мир территории расположения объекта будут заметно смягчены при безаварийном строительстве и эксплуатации предприятия, а также при условии выполнения всех необходимых природоохранных мероприятий.

Минимизация воздействия будет обеспечиваться соблюдением следующих мероприятий:

- ведение работ на строго ограниченной территории, предоставляемой под размещение производственных и хозяйственных объектов предприятия, а также максимально возможное сокращение площадей механических нарушений земель в пределах отвода;

- ограждение территории предприятия во избежание захода и случайной гибели представителей животного мира в результате попадания в узлы производственного оборудования и техники;

- рациональное использование территории, предусматривающее минимальное уничтожение и нарушение растительного покрова, минимизация вырубок растительности;

- проводить профилактические инструктажи персонала и соблюдать строгую регламентацию посещения прилегающих территорий;

- строго регламентировать содержание собак на хозяйственных объектах, свободное содержание их крайне нежелательно ввиду возможной гибели представителей животного мира;

- при обнаружении представителей особо охраняемых видов растений и животных сообщить в местные природоохранные структуры;

- размещение производственных объектов с учетом произрастания на их площади охраняемых растений;

- пересадка охраняемых видов растений за пределы зоны влияния проектируемого предприятия или выделение охраняемых участков в составе промплощадки (по согласованию с местными органами охраны природы).

Мероприятия по снижению негативного воздействия на водные объекты

Все производственные объекты должны быть оборудованы дренажными системами для отвода и последующей очистки хозяйственно-бытовых сточных вод, поверхностного стока и производственных сточных вод.

Для предотвращения истощения и загрязнения поверхностных и подземных вод при реализации хозяйственной деятельности должен выполняться ряд природоохранных мероприятий, обеспечивающих рациональное использование водных ресурсов:

- внедрение технически обоснованных норм водопотребления и водоотведения;

- установка локальных очистных сооружений;

- рациональное использование воды за счет создания замкнутой системы водопользования;

- соблюдение положений Водного кодекса РФ в части режима использования водоохранных зон и прибрежных полос;

- отвод и аккумуляция поверхностного стока в дренажные системы, недопущение образования неорганизованного стока с промплощадки в водные объекты;

- гидроизоляция всех технологических трубопроводов и коммуникаций;

- тщательная подготовка машин и механизмов к производству работ для исключения аварийного пролива нефтепродуктов;

- обращение с отходами производства и потребления, исключаящее их негативное воздействие на поверхностные и подземные воды;

- мониторинг поверхностных вод района проектных работ;

- устройство накопителей сточных вод из условия приема максимальных расходов воды дождевых паводков 5 % обеспеченности;

- контроль соблюдения технологических параметров основного производства, процессов;

- очистки сточных вод и обеспечение нормальной эксплуатации оборудования;

- организация регулярного контроля технического состояния гидротехнических сооружений, целостности и исправности оборудования.

На ряде ГОК, расположенных в условиях вечной мерзлоты, хозяйственно-бытовые воды вывозят на очистные сооружения ближайшего населенного пункта. Из-за ограничения по количеству чистой воды в местах работы ГОК наиболее оптимальным является установка локальных очистных сооружений на поверхностные и хозяйственно-бытовые сточные воды. Сегодня на рынке присутствует достаточное количество производителей модульных установок в наземном исполнении с обогревом, которые обеспечат качественную очистку сточных вод, которая позволит направить воду в оборот и сократить забор воды из водных объектов.

Образующиеся осадки обезвоживаются также в модульных установках и могут быть утилизированы совместно с отходами в инсинераторах и котлах-утилизаторах. Данное мероприятие позволит значительно сократить количество отходов, уменьшить их класс опасности и получить тепловую энергию, так необходимую в условиях вечной мерзлоты.

Для снижения выбросов от автотранспорта, особенно в шахтах и на карьерах, целесообразно использовать электромобили и троллевозы, которые обеспечивают существенное снижение выбросов продуктов сгорания в атмосферный воздух. Данное мероприятие соответствует «Концепции развития производства и использования электротранспорта в России до 2030 года» Правительства РФ [3].

Для организации пылеподавления можно использовать оросительные системы (дождеватели) и генераторы тумана. И один из самых главных недостатков оросительных систем: орошение неэффективно в подавлении пыли размером 2–10 мкм. Системы туманообразования лишены данного недостатка. Ультразвуковые генераторы тумана используют низкое давление и сжатый воздух. Очистка идет за счет образования ударных волн, вода потребляется мало, окружающие предметы и грунт не увлажняются [4].

Сегодня в мире намечается тенденция к разработке упорных руд и активно развиваются новые микробиологические технологии, которые позволят перерабатывать руды и отходы, которые разрабатывать обычными методами нерентабельно. Замена цианирования биохимическими способами извлечения золота в процессе кучного выщелачивания позволит значительно снизить воздействие на окружающую среду.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- необходимо строго реализовывать природоохранные требования и мероприятия, заложенные еще на этапе проектирования предприятия;
- необходимо переходить на современные биохимические технологии получения золота;
- необходимо заменять автопарк на электромобили;
- необходимо устанавливать ультразвуковые генераторы тумана для пылеподавления;
- необходимо селективно собирать отходы и при возможности утилизировать на месте в котлах-утилизаторах.

Библиографический список

1. Гула К. Е. Эколого-химическая оценка влияния отходов переработки золоторудного сырья на экосферу и разработка способа их доочистки: автореф. дис... химических наук: 03.02.08. – Хабаровск, 2016. – 23 с.
2. Постановление Правительства РФ № 87 «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию» от 16.02.2008 // Официальный интернет-портал правовой информации. – 2008 г. – с изм. и доп. в ред. от 06.05.2023.
3. Экология и природопользование: учеб. пособие / под ред. д-ра геогр. наук, проф. В. М. Разумовского. – СПб. : Изд-во СПбГУЭФ, 2011.
4. Современные технологии и оборудование для подавления пыли. – Часть 1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://os1.ru/article/4316-sovremennye-tehnologii-i-oborudovanie-dlya-podavleniya-pyli-eh-dorogi-pyl-da-tuman-ch-1> (дата обращения: 23.03.2023).

КОМПЛЕКСНАЯ ПЕРЕРАБОТКА БИО- И НЕФТЕШЛАМОВ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

В. А. Никитин, В. И. Дзюба
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В данной статье рассмотрено создание комплексной переработки шламов на нефтеперерабатывающем предприятии и оценка экологической безопасности термического метода обезвреживания шламов.

Ключевые слова: нефтеперерабатывающая промышленность, термический метод обезвреживания отходов, экология, утилизация.

Нефтегазохимический комплекс (НГХК) представляет собой совокупность нефтедобывающих и газодобывающих предприятий, транспортных предприятий по переработке нефти и газа, предприятий нефтепродуктообеспечения и газоснабжения, предприятий сервиса [1].

Производство продукции сопровождается образованием большого количества отходов с явно выраженной тенденцией к ежегодному увеличению их объемов. Наиболее значительной техногенной опасности подвергаются компоненты природной среды на территориях складирования нефтесодержащих отходов, поскольку отсутствие современных технологий их ликвидации и обезвреживания превратило значительное число хранилищ из средства предотвращения нефтезагрязнения в угрозу крупномасштабного загрязнения компонентов природной среды (почв, подземных и поверхностных вод, атмосферы).

С целью уменьшения ряда отходов, образующихся при эксплуатации очистных сооружений на нефтеперерабатывающем предприятии: бишламов («кека» после центрифугирования и осадков с иловых полей ОС) и нефтешламов (в основном, осадков шламонакопителей), предложена технологическая схема термической переработки (утилизации) (рис. 1).

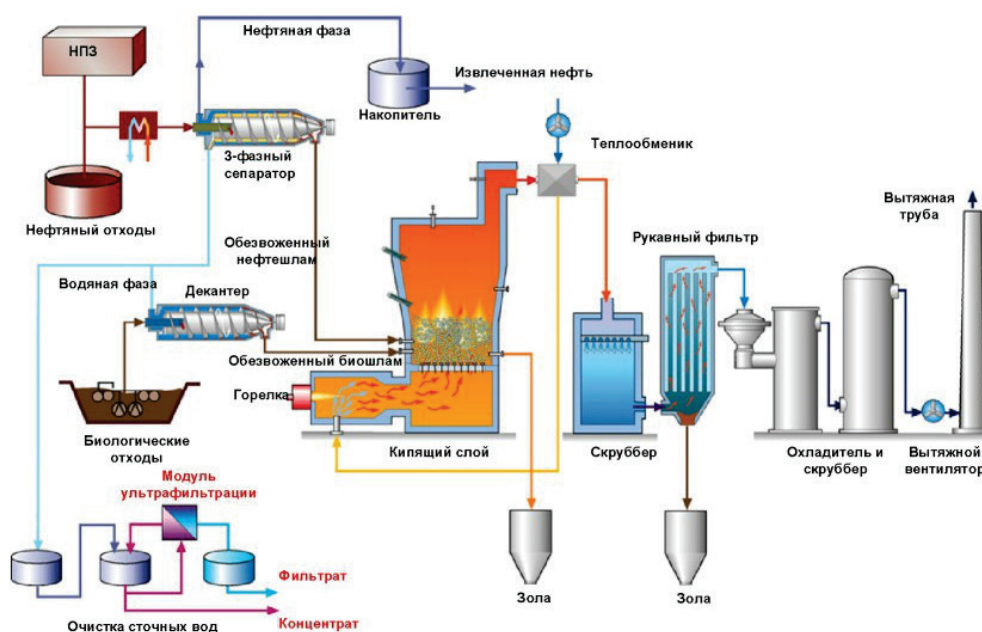


Рис. 1. Структурная схема установки термического обезвреживания био- и нефтешламов

В ее основу положена установка, предназначенная для термического обезвреживания отходов, образующихся при эксплуатации очистных сооружений нефтеперерабатывающего предприятия.

Предлагаемая установка представляет собой трехбарабанную вращающуюся печь (рис. 2) со следующими характеристиками: производительность – 3 т/ч, режим работы – 3 смены по 8 часов, топливо – топливный газ.

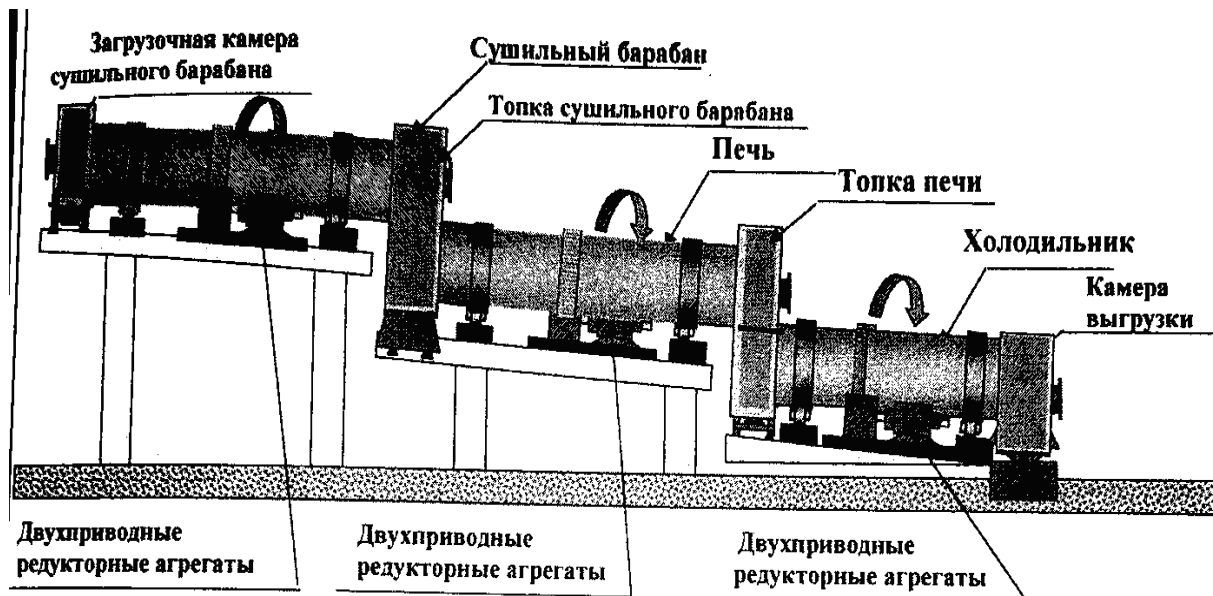


Рис. 2. Трехбарабанная вращающаяся печь для сжигания кека, ила и нефтешламов

Шлам поступает в приемное отделение установки, которое имеет емкость с мешалкой для приема нефтешламов, содержащих 10 % нефтепродуктов, также предусмотрена подача твердых нефтешламов из подготовительного отделения шнековым конвейером и емкость со смесителем для приема биошламов, в эту же емкость предусматривается подача смеси шлама газоочистки (от скруббера).

Подача шламов из приемных емкостей в устройство для загрузки шламов в сушильный барабан осуществляется шламовыми насосами-дозаторами [2]. Далее смесь шламов с влажностью 78 % поступает в сушильный барабан, где высушивается до влажности 15–17 %.

Из сушильного барабана подсушенный шлам поступает во вращающуюся печь, где осуществляется выгорание органической и неорганической составляющих осадка. Неорганическая часть в виде зольного остатка поступает в барабанный холодильник [2].

Охлажденный зольный остаток трубным цепным транспортером подается в накопительный бункер, далее с помощью специального разгрузочного устройства загружается в контейнеры, которые спецтранспортом вывозятся на дальнейшее размещение.

Источниками образования отходов, подлежащих термической утилизации в установке, являются процессы эксплуатации комплекса очистных сооружений. При эксплуатации предложенного комплекса планируется поступление в атмосферу следующих загрязняющих веществ: взвешенные вещества, оксиды азота, диоксид серы, оксид углерода, хлористый водород, диоксины, бенз/а/пирен, аэрозоли тяжелых металлов [3].

Предлагаемая установка обеспечена системой контроля параметров сжигания отходов, которые влияют на образование вредных веществ. Эффективные средства пылеулавливания и очистки газов позволяют уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу.

Таблица 1 – Результаты анализа

№ п/п	Наименования определяемых веществ	Концентрация, мг/м ³	Средняя концентрация, мг/м ³	ПДК р.з., мг/м ³	ПДК м.р., мг/м ³
1	Оксиды азота	3,8; 4,1; 3,2	3,7	5,0	0,085
2	Диоксид серы	Менее 0,04	Менее 0,04	10	0,5
3	Пыль	438; 267; 298	334	4	0,5

Таким образом, влияние выбросов загрязняющих веществ на загрязнение атмосферного воздуха по всем наименованиям практически ограничивается размерами промышленной площадки проектируемого комплекса.

Поскольку при использовании методов, позволяющих сжигать осадок очистных сооружений и нефтешламы, отходов данного вида практически не остается, а третий класс опасности нефтешламов и флотоконцентрата после сжигания заменится на четвертый класс опасности из золошлаковых отходов, и, кроме того, количество отходов после сжигания многократно сократится. Золошлаковые отходы можно использовать при заполнении неровностей территории или размещать на заводском полигоне производственных отходов, где они могут использоваться как укрывной материал [4]. Поэтому строительство установки считается целесообразным.

Выводы. В работе рассмотрели проект термической установки по комплексной переработке отходов от очистных сооружений. Предложенный способ утилизации отходов позволяет снизить количество отходов на предприятии ООО «КИНЕФ» и улучшить экологическую обстановку. Предусмотрен контроль и регистрация технологических параметров термической переработки. Регулирование процесса утилизации позволит стабилизировать работу установки. Исключение из технологической схемы очистки сточных вод промышленной канализации шламонакопителей позволяет снизить валовой выброс загрязняющих веществ с очистных сооружений в атмосферу, а также позволит уменьшить расходы на хранение образующихся отходов.

Библиографический список

1. Интеллектуализация предприятий нефтехимического комплекса: экономика, менеджмент, технология, инновации, образование/под общ. ред. И. А. Садчикова, В. Е. Сомова. – СПб.: СПбГИЭУ, 2006. – 760 с.
2. Баннов П. Г. Процессы переработки нефти. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 2000. – 224 с.
3. Садчиков И. А., Сомов В. Е. Киришинефтеоргсинтез – от ПО к...ПО. – СПб.: Химия, 1997. – 270 с.
4. Минигазимов Н. С., Расветалов В. А., Зайнуллин Х. Н. Утилизация и обезвреживание нефтесодержащих отходов. – Уфа: Экология, 1999. – 299 с.

УДК 628.3

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ АВТОМОЙКИ

В. А. Никитин, К. А. Иванова
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В работе рассматривается проблема очистки сточных вод после автомойки, актуальность ее в современном мире. Выбрана технологическая схема очистки воды после процесса мойки автомобилей. Даны характеристики и описан принцип работы аппаратов для очистки сточных вод.

Ключевые слова: сточные воды, автомойка, гидроциклон, электрофлоккоагулятор, блочные локальные очистные сооружения, установка «Кристалл».

С развитием науки и техники появилось большое количество полезных изобретений. Ярким тому примером является автомобиль. Со временем число автомобилей только растёт, а с увеличением числа автомобилей растёт и сфера обслуживания: это и автосервисы, и станции технического обслуживания, и автомойки.

Целью работы является разработка схемы очистки сточных вод от процесса мойки автомобилей.

Основные загрязнители сточных вод, образующиеся при мойке автомобилей, - механические примеси и нефтепродукты. Сточные воды содержат моторные масла, асфальт, песок, СОЖ, ПАВ, соли тяжелых металлов, различные виды топлива, а также моющие вещества.

Нефтепродукты относятся к веществам, которые с большим трудом поддаются окислению при биологической очистке сточных вод. При большой концентрации нефтепродукты могут оказать неблагоприятное влияние на качество активного ила и затруднять эксплуатацию городских очистных сооружений. В связи с этим возникает проблема локальной очистки нефтесодержащих стоков вперед спуском их в городскую канализацию. Наиболее правильным решением является вторичное использование в системах оборотного водоснабжения моечных стоков с ежедневным пополнением в количестве 10 % от общего объема, при условии обмыва из водопровода для легковых автомобилей.

Основным направлением в проектировании водоснабжения и канализации АТП должно стать снижение потребления питьевой воды из системы водопровода и количества сточных вод, поступающих в систему канализации.

При выборе источника водоснабжения следует выбирать вариант, по которому в качестве источника принимается водоем с наименьшим напряжением по водохозяйственному балансу. Отсутствие каких-либо сбросов в водоем является полной гарантией защиты его от загрязнений. Это одно из требований, предъявляемых к проектам водоснабжения, а именно требование устройства максимального водооборота [1].

Каждый проект очистных сооружений должен предусматривать лабораторный контроль за эффективностью очистки.

Спуск сточных вод в водоем должен обеспечивать наиболее эффективное смешение стоков с водой водоема и происходить в местах повышенной турбулентности потока.

Для легковых автомобилей расход на мойку равен 700 л, при использовании в процессе мойки СМС расход равен 177 л. При использовании оборотных систем водоснабжения концентрация загрязнений в воде, используемой повторно:

- по взвешенным веществам – 40 мг/л;
- по нефтепродуктам – 20 мг/л.

Источником водоснабжения АТП, располагаемых в основном в населенных пунктах, является городской водопровод. Пополнение оборотной системы в соответствии со СНиП 2.04.03-85 принято в количестве 10 % от общего расхода воды на мойку.

Для отвода сточных вод на АТП предусматривают несколько систем канализации, которые присоединяются к соответствующим наружным сетям.

Сточные воды, загрязненные взвесями, нефтепродуктами, ПАВ, должны пройти очистку перед спуском в канализацию.

Наибольшее распространение на АТП получили очистные сооружения, включающие в себя: горизонтальный отстойник, распределительную камеру, кассетный фильтр, водозаборную камеру, насосную станцию, реагентное хозяйство и блок обработки осадка, если в процессе мойки не применяются СМС.

Применение при мойке автомобилей СМС с высоким содержанием поверхностно-активных веществ (ПАВ) вызвано желанием улучшить качество мойки и существенно сократить количество расходуемой для этих целей воды. Но применение СМС приводит к

изменению состава и свойств стоков после мойки и ухудшению эффективности работы очистных сооружений, а также к образованию стойких эмульсий с дисперсиями стока (автомобильным маслом и бензином), что, в свою очередь, препятствует хлопьеобразованию и седиментации частиц.

Образование стойких эмульсий обуславливает непригодность механических методов доочистки моечного стока для повторного использования на мойке автомобилей. Наиболее рационально использовать для этих целей электрохимические методы – электрокоагуляцию и электрофлотацию, предварительную и последующую механические доочистки, так как для очищаемых вод на электрокоагуляторах существует ограничение по взвешенным веществам, которое составляет до 50 мг/л.

Рассмотрим основной метод очистки стоков после процесса мойки – электрофлотокоагуляцию, которая в отличие от простой коагуляции и других методов механической очистки значительно эффективней.

Для механической очистки сточных вод от взвешенных веществ допускается применять открытые и напорные гидроциклоны. Открытые гидроциклоны применяются для выделения из сточных вод, всплывающих и оседающих, тяжелых грубодисперсных примесей гидравлической крупностью свыше 0,2 мм/с, а также скоагулированной взвеси.

Напорные гидроциклоны следует применять для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, главным образом, минерального происхождения [2].

При необходимости более глубокой очистки сточных вод применяют последовательную работу гидроциклонов различных типоразмеров. Аппараты первой ступени удаляют из воды грубые взвеси, а аппараты последующих ступеней используют для более мелких частиц. На первой ступени следует использовать гидроциклоны больших размеров для задержания основной массы взвешенных веществ и крупных частиц взвеси, которые могут засорить гидроциклоны малых размеров, используемые на последующих ступенях установки.

Таким образом, можно поставить на первой ступени открытый гидроциклон без внутренних устройств, на второй ступени – открытый гидроциклон с конической диафрагмой и внутренним цилиндром. Откажемся от выбора напорного циклона, так как сточные воды в схеме очистки идут самотеком, а для применения напорного циклона в системе необходим дополнительный напор.

Электрокоагуляторы эффективны для удаления из стоков тонкодиспергированных примесей в пределах pH 5–9, а при применении СМС при мойке автомобилей сточная вода будет находиться примерно в этой области pH, следовательно, нет необходимости в корректировке pH стоков для улучшения эффективности очистки.

Размещение электродного блока выбираем в вертикальном исполнении, что усилит жесткость конструкции и приведет к большей неизменности размеров электродной системы, а также улучшению условия выделения газов и протекания процесса флотации.

Электрофлотокоагулятор совмещен со вторичным отстойником в один блок. Под действием электрического тока происходит растворение анода и образование в воде коагулянта, который связывает примеси в крупные агрегаты. При пропускании тока идет электролиз воды, мелкая взвесь всплывает в виде флотошлама, который собирается и вывозится на утилизацию. Образовавшая взвесь удаляется отстаиванием в нижней части отстойника. Рассмотренные решения очистки воды требуют большого расхода электроэнергии на растворение анода и флотацию примесей, приводят к образованию выбросов, которые нужно контролировать, также при коагуляции образуется большое количество обводненного осадка, который необходимо обрабатывать.

Для очистки сточных вод, содержащих нефтепродукты и взвешенные вещества, МосводоканалНИИпроект разработаны установки типа «Кристалл» (рис.) производительностью 30, 60, 90 и 120 м³/ч [3]. Установки типа «Кристалл» используют для очистки сточных вод, содержащих 100–800 мг/л взвешенных веществ и 20–500 мг/л нефтепродуктов. Очищенные воды содержат 25–50 мг/л взвешенных веществ и 1–1,5 мг/л нефтепродуктов.

Эти установки могут быть применены и для замкнутого оборота воды на промышленных предприятиях, и в автохозяйствах. Очистка воды обеспечивается благодаря фильтрующей и нефтепоглощающей способности применяемых отходов нетканых синтетических материалов, отличающихся весьма высокими абсорбционно-адгезионными свойствами к нефтепродуктам и малой стоимостью. Эти материалы (вазопрон, сипрон и др.) легко регенерируются. Невысокая стоимость этих материалов и возможность многократной их регенерации ставят эти материалы на первое место по сравнению с другими фильтрующими загрузками по очистке сточных вод. Вода из резервуара насосом подается на фильтр с плавающей загрузкой. Из него очищенная от грубых примесей вода поступает на коалесцирующий фильтр с загрузкой из гранул полиэфирной смолы, затем на фильтры из нетканых материалов. Очищенная вода подается в резервуар, откуда насосом отводится из установки. Задержанный осадок, а также нефтепродукты собираются в сборнике, из которого периодически удаляются на утилизацию.

В результате очистки сточных вод после процесса мойки автомобилей может быть получена очищенная вода для использования в обороте и образуются следующие отходы:

- а. эмульсии и смеси нефтепродуктов – класс опасности III;
- в. всплывшая пленка из нефтеуловителей – класс опасности III;
- с. шлам нефтеотделительных установок – класс опасности III.

Образовавшиеся отходы передают лицензированным организациям на утилизацию.

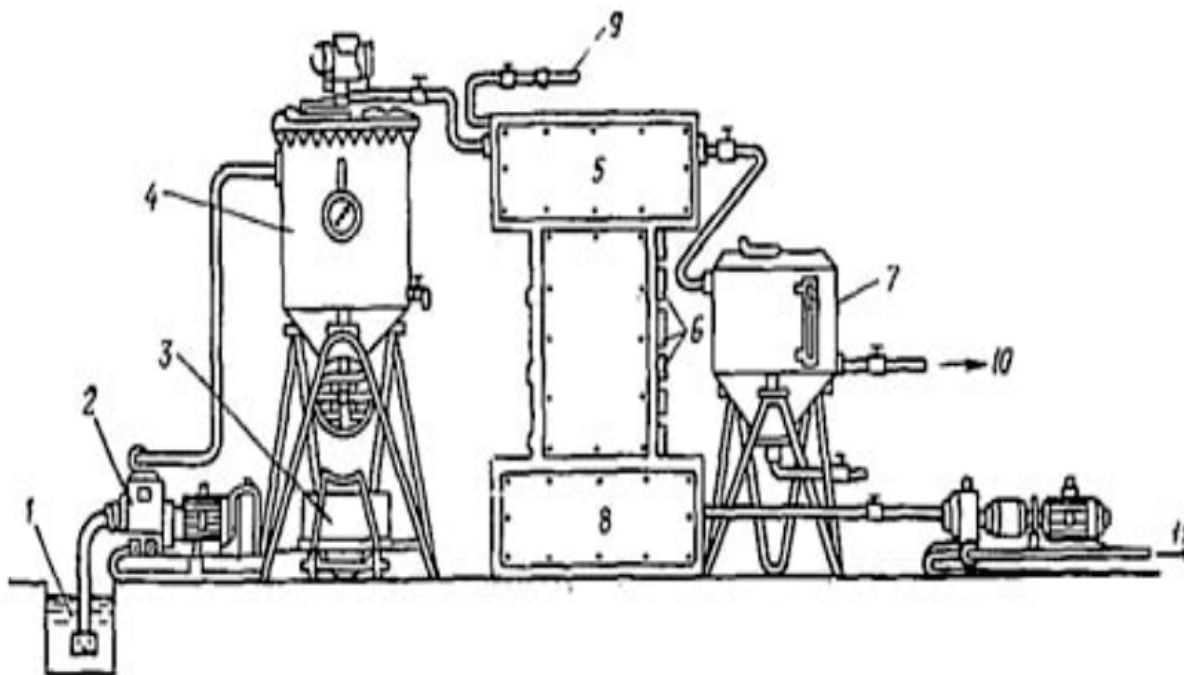


Рис. Схема очистки сточных вод по замкнутому циклу на установке «Кристалл»: 1 – резервуар сточных вод; 2 – насос; 3 – сборник осадка; 4 – фильтр с плавающей загрузкой; 5 – коалесцирующий фильтр; 6 – фильтры доочистки (адсорбционный); 7 – сборник нефтеотходов; 8 – резервуар чистой воды; 9 – подача воздуха; 10 – отвод на сжигание; 11 – отвод очищенной воды

Выводы. В результате выполнения работы были рассмотрены сооружения очистки сточных вод автомойки и предложена установка «Кристалл» для очистки воды для оборотного использования, которая простая, недорогая и позволяет очищать сточные воды, содержащие синтетические моющие средства с высокой эффективностью.

Библиографический список

1. Яковлев, С. В. Водоотведение и очистка сточных вод: учебно-методическое пособие / С. В. Яковлев, Ю. В. Воронов. – изд. 4-ое, доп. и перераб. – Москва: Ассоциации строительных вузов, 2006. – 704 с.

2. Дытнерский, Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский. – изд. 2-ое, перераб. и доп. – Москва: Химия, 1991. – 495 с.
3. Автомобилестроение, наземный транспорт, организация движения : [сайт]. – URL: <http://motorzlib.ru/books/item/f00/s00/z0000011/st007.shtml> (дата обращения: 23.11.2022).

УДК 631.83

ОРГАНИЗАЦИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ЛОКАЛИЗАЦИИ И ГОТОВНОСТИ К ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИИ НА КОМБИНАТЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КАЛИЙНЫХ УДОБРЕНИЙ

А. В. Николаева
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В работе рассмотрены объекты, представляющие потенциальную опасность, отражены общие принципы эксплуатации соответствующих объектов, установлено, что наиболее эффективным способом является автоматическая система управления.*

***Ключевые слова:** автоматизированные системы управления, системы безопасности, аварии, производство калийных удобрений.*

Учитывая сложившуюся в последнее время ситуацию по повышению террористической угрозы на территории РФ, требуется уделить особое внимание мерам по противодействию возможным террористическим актам и экологическим проблемам, которые могут возникнуть в их результате.

В связи с особыми условиями производства калийных удобрений компания, которая относится к опасным производственным объектам (ОПО), обязана организовывать и осуществлять производственный контроль за соблюдением требований промышленной безопасности согласно ФЗ № 116-ФЗ [1].

В данной работе с этих позиций рассматривается только часть объектов основного производства, которым необходимо обеспечить специфические мероприятия по локализации последствий возможных аварий на различных технологических стадиях основного производства:

- корпус складирования и приготовления реагентов;
- система газоснабжения;
- сушильно-грануляционное отделение.

Учитывая особенности выделенных технологических процессов основного производства при нештатной ситуации, следует ожидать химические загрязнения. Все эти объекты могут являться предметом террористических актов со специфическими последствиями распространения химических веществ.

Для предотвращения постороннего вмешательства, а также для противодействия возможным террористическим актам первым важным мероприятием на предприятии предусматривается система охраны промышленной площадки, которая состоит из физической охраны и технических средств охраны.

Физическая охрана осуществляется на договорной основе. Режим работы охраны круглосуточный. Для контроля за перемещением людей и грузов на территории промышленной площадки организуются контрольно-пропускные пункты (КПП).

Для учета перемещения людей и грузов на основе проектной документации и в реальности предусмотрена установка аппаратно-программного комплекса. Кроме этого, в соответствии с требованиями, отраженными в нормативных документах [2], предусматривается установка ограждения, состоящая из двух линий заборов с разделительной

полосой шириной 5 м. Организация первой и второй линии имеют специальную охрану, которая является коммерческой тайной.

В корпусе для складирования и приготовления реагентов предусмотрены расходные емкости для каждого реагента, предусмотренного в технологии производства *калийных удобрений*. Эти емкости обязательно должны быть снабжены переливными трубами, уровнемерами и маркировкой реагентов с учетом класса опасности. Специфика их обслуживания должна быть отражена в технологическом регламенте и программе контроля этого процесса.

В местах хранения, погрузки и разгрузки реагентов предусматриваются средства в количестве, необходимом для обезвреживания пролитых и просыпанных реагентов. Полы, стены и несущие строительные конструкции корпуса имеют соответствующую химическую защиту. Требуется отдельная проработка технических решений по сбору и отводу стоков, образующихся при ликвидации аварий с обезвреживанием и очисткой сточных вод, образующихся при этих мероприятиях. В проектных документах такие решения, как правило, не прорабатываются, если они не были включены в техническое задание при проектировании объекта.

Технологический процесс основного режима приготовления и складирования реагентов обеспечен автоматизированной системой управления комплекса. В этот комплекс входят автоматическое дозирование, поддержание заданной температуры, автоматическая подача приготовленных растворов. Систему обслуживает 8 чел/смену. Таким образом, на этой стадии производится контроль производственного технологического процесса, который входит в систему контроля. Необходимо отдельно отработать контроль параметров, которые должны входить в производственно-экологический контроль (ПЭК) и коррелировать с общей программой ПЭК предприятия.

Для этих систем подлежит разработке специальный алгоритм для выполнения операций в ручном режиме с обеспечением технических требований по локализации аварий наиболее значимых реагентов по выбранной технологии при нештатной ситуации.

Газоснабжение комбината осуществляется от газорегуляторной станции (ГРС), расположенной рядом с промышленной площадкой. От ГРС поступает газ высокого давления. Точка врезки в наземный газопровод $Du=150$, $P=0,6$ МПа. Для предотвращения аварий в системе газоснабжения на вводе в главный корпус устанавливается термозапорный клапан, который для прекращения подачи газа при возникновении пожара и должен соответствовать требованиям ГОСТ Р 52316-2005 [3]. Работа электромагнитного термозапорного клапана должна коррелировать с системой автоматического контроля загазованности.

Следует особое внимание уделить обстоятельству, что перед каждым потребителем природного газа устанавливается запорная арматура, соответствующая требованиям ГОСТ Р 56001-2014 [4]. К эксплуатации этой системы допускаются люди, прошедшие специальную подготовку и аттестованные в соответствии со статьей 14.1 Федерального закона № 116 [5].

Сушильно-грануляционное отделение выполняет функцию подготовки товарного продукта конечной стадии – облагораживание гранулированного хлористого калия. Данный процесс обеспечивается специальным оборудованием – сушилками с горелками. Система работает в режиме автоматической подачи газа к горелкам.

Блок управления горелкой с контроллером позволяет осуществлять дистанционное управление технологическим процессом (работой горелки) с промышленного компьютера, входящего в состав системы АСУТП.

Для обеспечения безопасности данного процесса необходимо делать проверку герметичности газовых клапанов перед каждым розжигом.

Для обеспечения процесса сушки хлористого калия в качестве сушильных газов используются продукты сгорания природного газа с последующим отводом от сушилок «кипящего слоя» отработанных газов. Отвод дымовых газов от сушилок осуществляется через дымовые трубы, которые выводятся на высоту не менее 2 м от кровли. Отвод является организованным источником выбросов, для которого необходимо обеспечивать контроль с

учетом определения концентрации парниковых газов в соответствии с требованиями стандарта [6].

Производственный экологический контроль в данном отделении осуществляется по следующим параметрам:

- контроль загазованности CO и CH₄ в воздухе рабочей зоны;
- управление горелками (отключение) по второму порогу загазованности CO и CH₄ в воздухе помещения и по превышению порогов загазованности;
- контроль, регистрация и сигнализация перепада давлений наружного воздуха и воздуха в помещении;
- контроль, регистрация и сигнализация давления воздуха в помещении;
- контроль расхода газа на горелки каждого агрегата;
- контроль и сигнализация положения отсечного клапана, установленного на трубопроводе природного газа, на вводе;
- схемы автоматики безопасности, обеспечивающие надежную и безопасную работу оборудования.

Таким образом, при рассмотрении трех технологических процессов, которые используются при производстве калийных удобрений, выявлены следующие аспекты, которые имеют общие решения для обеспечения реализации мероприятий по локализации последствий аварии: требуется специально подготовленный персонал для осуществления работы в этих системах и обеспечения контроля или система его подготовки в режиме эксплуатации предприятия. Предпочтительным режимом эксплуатации является автоматизированная система управления программного комплекса, в том числе по параметрам качества окружающей среды как на промышленной площадке, так и за ее пределами. В системе программного контроля целесообразно особое внимание уделять мерам по противодействию возможным террористическим актам, а также организации и обеспечению мероприятий по локализации и готовности к ликвидации последствий аварий при нештатных ситуациях, в том числе силами предприятия, для чего необходимо иметь правильно организованную систему функционирования такого подразделения.

Готовность к ликвидации последствий аварий специально подготовленной службой требует отработать алгоритмы действий определенным персоналом по конкретным направлениям воздействия на промышленной площадке и зоне ее влияния.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
2. ГОСТ Р 57278-2016 «Ограждения защитные. Классификация. Общие положения».
3. ГОСТ Р 52316-2005 «Клапана термозапорные. Общие технические требования. Методы испытания».
4. ГОСТ Р 56001-2014 «Арматура трубопроводная для объектов газовой промышленности».
5. ГОСТ ISO 23550-2015 «Устройство защиты и управления газовых горелок и аппаратов».
6. ГОСТ Р ИСО 14064-1-2021 «Газы парниковые. Часть 1. Требования и руководство по количественному определению и отчетности о выбросах и поглощении парниковых газов на уровне организации».

РАЗРАБОТКА РЕШЕНИЙ ПО ОЧИСТКЕ СТОЧНЫХ ВОД ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Н. Ю. Новикова
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В данной статье были рассмотрены сточные воды фармацевтических организаций: какие элементы содержатся, как влияют на водный бассейн природной среды и способы понижения вредных примесей различными методами воздействия на активные вещества.*

***Ключевые слова:** сточные воды, активные вещества, методы разработки, фармацевтика, стоки, дезактивация.*

С каждым годом сточные воды всё больше и больше загрязняют окружающую среду. Их выброс в некоторых областях достаточно высок, где-то проведены меры по полному снижению, но таких предприятий мало. Фармацевтические предприятия – одна из самых масштабных отраслей, которая способствует негативному влиянию на окружающий мир.

Производственные сточные воды – это воды, использованные на производственные нужды и загрязненные различными примесями, изменившими их первоначальный химический состав и физические свойства.

Фармакологические и мутагенные свойства химиотерапевтических препаратов потенциально делают противоопухолевые препараты наиболее опасным загрязнителем нашей водной системы и представляют опасность для водной флоры и фауны и людей. Химико-фармацевтическая промышленность относится к группе экологически опасных производств [1].

Трудный многоступенчатый процесс производства фармацевтических препаратов дает неравномерный состав и расход стоков, разную концентрацию загрязняющих веществ при поступлении на сооружения очистки.

В критериях неравномерного сброса стоков инсталлируются усреднители, в каких происходит также и нейтрализация поступающих загрязненных вод. На локальных установках производится фильтрование и осаждение ядовитых веществ.

Часто попадающие и накапливающиеся в воде лекарственные препараты действуют на биоценоз рек и озер. Стоит отметить, например, лекарства, попавшие в водоем, постоянно сосуществуют в нем с патогенными микробами, делают их невосприимчивыми к препаратам.

Отдельные химические элементы (ртуть, кадмий, свинец, селен) в составе разнообразных веществ сбрасываются в таких количествах, что водные системы не в состоянии их переработать.

Промышленные сточные воды медицинской промышленности содержат органические растворители, катализаторы, добавки, побочные продукты, сырье и фармацевтически активные вещества, что вызывает серьезные трудности при их очистке. В связи с тем, что сточные воды содержат токсичные и стойкие вещества, уровень удаления в санитарно-бытовых объектах значительно ниже, чем в других отраслях экономики [2].

В водных выбросах подобных производств присутствует достаточно много различных активных веществ. Не будем перечислять все, а лишь выделим те, которые при высокой концентрации приносят очень сильный ущерб природным ресурсам.

Фенолы – органические вещества, содержащие одну или несколько гидроксильных групп, присоединенных к углероду бензольного кольца. Простейший гидроксibenзол, также называемый карболовой кислотой, имеет формулу C_6H_5OH .

Оксибензол имеет низкую температуру плавления – 40,9 °С, поэтому в нормальных условиях фенол имеет мутные кристаллы, которые на воздухе становятся розовыми.

Условно неопасной дневной порцией считается 0,6 мг/кг. Смертельные отравления появляются при вдыхании концентрированных, которые содержат более 3,7 мг ксенобиотика на литр. Смертельная доза для приема вовнутрь варьируется от 1 до 10 г [3].

Самое негативное влияние на живые организмы – сильнейшее отравление, вплоть до летального исхода. При поступлении через кожу поражается около 50 % тела, оставляя сильнейшие ожоги. При вдыхании организма – дыхательные пути.

Несмотря на то, что бензол является легко воспламеняющимся однородным простым элементом, при реакции с другими химическими веществами в течение недолгого промежутка разрушает почвенную и водную структуру. Для человека же, помимо мелких недомоганий, может привести к заболеваниям, связанным с кровеносной системой [4].

Для предотвращения высокого выброса вредных активных элементов и повышения очищения сточных вод применяются многоуровневые способы очистки, каждый из которых представляет отдельную систему значимости.

Химическая дезактивация – химический метод дезактивации подразумевает внедрение смесей химреагентов, либо разного рода воздействия на данной поверхности с использованием реагентов. Его основное действие – свинцовое, а последующее химическое действие – направленная дезактивация при замерзании коротких линий и на резисторах от коррозии (снятие загрязнения оборудования с другой линией окисляющей водой в растворах, десорбция радиоактивной воды из агрегатов).

Кавитационная очистка – характер явления кавитации определяется морфологическими особенностями и функциональным состоянием микроорганизма. Это связано не только с массовым разрушением микробной клетки, но и может изменить функциональные свойства бактерии. Определяется размером микробных клеток и тем, что они выполняют специализированную функцию. При работе в области, где кавитационный пузырек схлопывается размером с микроорганизм. При этом ударная волна, генерируемая падающим пузырем, действует не на всю клетку, а лишь на часть клетки, подвергающуюся разного рода механическим повреждениям [5].

Огневой метод – суть заключается в том, что, когда происходит впрыскивание нечистот непосредственно в отходящие газы, нагретые до температуры 900–1000 °С, насыщенная вода испаряется, а органические примеси сжигаются.

Процесс сжигания применяют только тогда, когда содержатся только минеральные вещества. Этот процесс также можно использовать для нейтрализации небольшого объема сточных вод, содержащих высокотоксичные органические вещества, которые вряд ли могут быть эффективно очищены другими способами. Однако огневой метод рекомендуется, когда в качестве топлива используются горючие отходы [6].

Озонирование с УФ-излучением – один из самых ведущих и продуктивных вариантов глобальной очистки водных примесей. Озон энергично взаимодействует с минеральными и органическими субстанциями. После озонирования количество микробов убавляется на 99,8 % [7]. Недочет этого способа – условная сложность оборудования и высочайшая цена обеззараживания.

В таблице приведено сравнение основных методов очистки сточных вод.

В результате выполнения работы была рассчитана и предложена схема очистки сточных вод фармпредприятия (рис.). Производственная сточная вода собирается в накопительную емкость (Е1), насос забирает часть воды в контактную камеру (АК) сверху вниз. В контактную камеру через эжектор подается озono-воздушная смесь – происходит растворение озона. Озонирование идет в противоточном режиме. В контактной камере установлен погружной модуль для обеззараживания воды ультрафиолетом. Рабочее положение установки – вертикальное. В контактную камеру подается озono-воздушная смесь через диспергаторы для получения большего количества мелких пузырьков. Под действием озона и УФ бактерии, вирусы погибают, органические вещества окисляются до простых соединений. Избыточный озон, не растворившийся в воде, выбрасывается через деструктор разложения озона ДО (где преобразуется в кислород) в атмосферу. Очищенная сточная вода направляется в емкость

очищенной сточной воды (Е 2), а далее на городские очистные сооружения. Процесс очистки воды сочетанием УФ-обработки и озонированием в разы быстрее и эффективнее и позволяет отказаться от химической обработки хлором. Озон по сравнению с хлором в 500–3000 раз эффективнее справляется как с химическими, так и с биологическими включениями.

Данная технология использует в своей работе только электричество и окружающий воздух, не образует побочных продуктов, не меняет минеральный состав воды, при этом насыщается вода кислородом, образовавшимся в процессе инактивации озона. Система максимально автономна и требует минимального внимания к своей работе.

Очищенная озоном вода неоднократно подвергалась испытаниям на соответствие требованиям российских и международных стандартов. По результатам испытаний Всемирная ассоциация здравоохранения пришла к выводу, что озон с высокой эффективностью справляется с различными штаммами микроорганизмов.

В результате работы была выбрана схема очистки производственных сточных вод и посчитано основное оборудование. На предлагаемых очистных сооружениях вода обеспечивает требуемую степень очистки сточных вод для последующей очистки на городские очистные сооружения.

Таблица – Сравнение методов обработки воды

Технологические параметры	Хлорирование	Озонирование	УФ-облучение + озонирование
Эффективность очистки	75%	90%	99%
Электрохимический окислительный потенциал	1,49	2,07	2,8
Время обработки	12-24 ч	10-30 мин	5-10 мин
Преимущества	Простота конструктивного оформления и оперативного контроля	Озон действует очень быстро. Натуральное, экологически чистое дезинфицирующее средство, к которому никакие микроорганизмы не могут выработать иммунитет	Уменьшается доза озона. Обеззараживание по всем показателям, включая вирусы и цисты патогенных простейших
Недостатки	Токсичность обеззараженной воды, содержание хлорорганических веществ, большая продолжительность времени контакта в сооружении. К хлору патогены «привыкают»	Высокие капитальные затраты. Озон – высокий класс опасности вредных веществ	Метод технически сложен, процесс осуществляется при высоком электрическом напряжении. Озон вызывает активную коррозию оборудования и трубопроводов

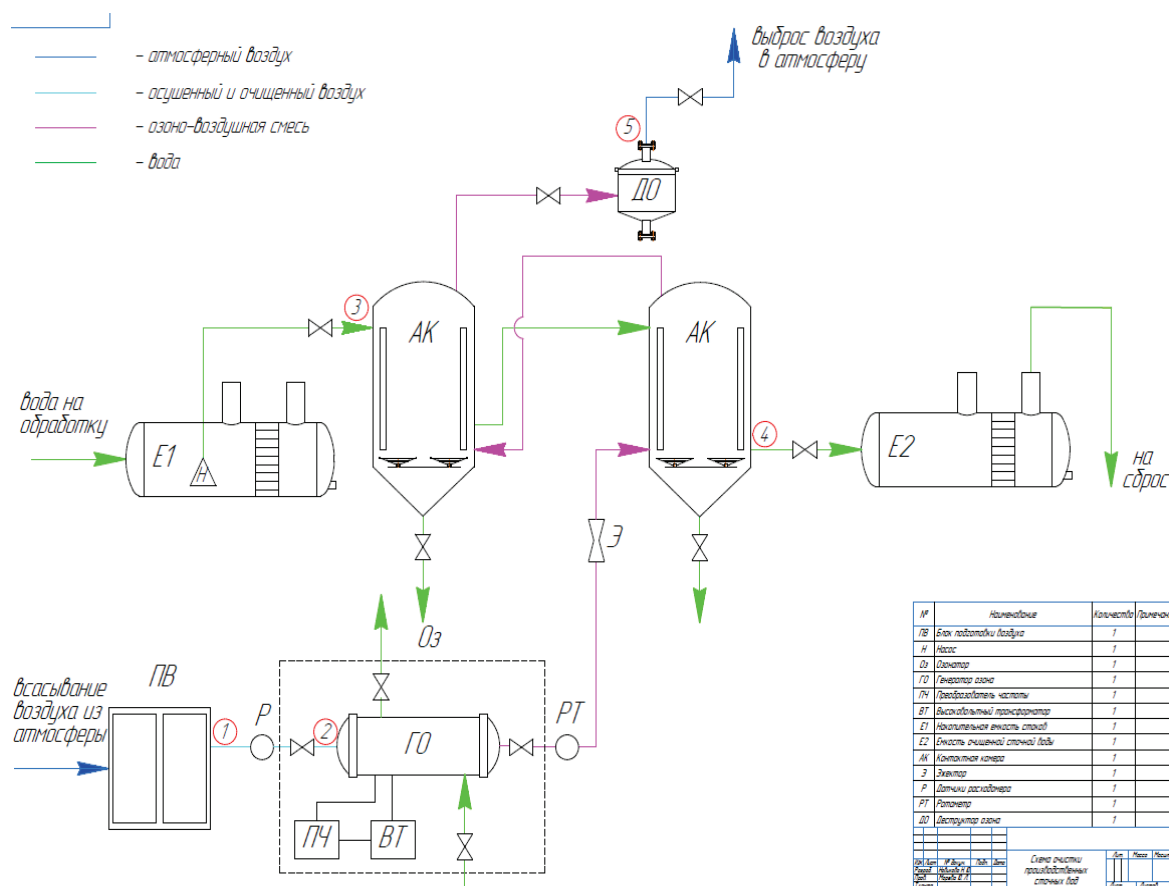


Рис. Схема комбинированной очистки воды озонированием и УФ-обработкой

Библиографический список

1. Пугачев Е. А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод. – М.: МГСУ : Изд-во ассоц. строит. вузов, 2010. – 208 с.
2. Самыгин В. Д., Игнаткина В. А. Процессы и аппараты очистки сточных вод. Учебное пособие. - М. : МИСИС, 2009. — 223 с.
3. Гляденев С. Н. Очистка производственных и поверхностных сточных вод //Экология и промышленность России. – 2021. – № 8. – С. 7 – 9.
4. Гляденев С. Н. Очистка сточных вод: традиции и новации // Экология и промышленность России. – 2021. – № 2. – С. 15 -17.
5. Кривошеин Д. А., Кукин П. П., Лапин В. Л. И др. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: Учеб. пособие – М.: Высшая школа, 2013. – 344 с.
6. Тупикин Е. И. Общая биология с основами экологии и природоохранной деятельности. – М.: Академия, 2019. – 384 с.
7. Чернова Н. М., Былова А. М. Фармоэкология. – М.: Дрофа, 2014. – 412 с.

УДК 620.93

СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

А. В. Рудь, Е. Д. Тарасова
ИИАИЭ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В современном мире особенно актуально встал вопрос об альтернативных источниках энергии, так как до XX века основным топливом были ресурсы, которые конечны. После промышленного переворота в европейских странах энергетические ресурсы стали

расходиться бешеными темпами и перед человечеством встала задача поиска новых источников энергии. Среди возобновляемых источников энергии солнечная радиация по масштабам ресурсов, экологической чистоте и повсеместной распространенности наиболее перспективна.

Ключевые слова: солнечные батареи, солнечная энергетика, альтернативные источники энергии, фотоэлементы.

Солнечная батарея – источник электрического тока на основе нескольких фотоэлементов, объединённых для получения требуемой мощности в панель. Их различают по способу конструирования и рабочему материалу.

Идея преобразования солнечной энергии в электрическую появилась ещё в XIX веке и развивалась очень стремительно.

В 1883 году американский изобретатель Чарльз Фриттс создал первую рабочую фотогальваническую ячейку на основе селена. Он покрыл селеновую основу тонким слоем золота. Этот первый функционирующий солнечный элемент имел КПД всего 1 %. Первые в мире солнечные батареи на базе этих элементов были установлены на крыше одного из зданий в Нью-Йорке в 1884 году. Но высокая стоимость таких фотогальванических ячеек препятствовала широкомасштабному внедрению этих солнечных батарей.

Однако в 2000 году генерация всех солнечных электростанций в мире переваливает за 1 гигаватт. Только США достигают генерации 1ГВт в 2008 году и превышают показатель в 25 ГВт в 2015 году.

Компания First Solar открывает крупнейшую в мире фабрику по производству солнечных батарей мощностью 100 МВт в год, до 2005 года мощность производства не превышала 25 МВт.

Строение солнечной батареи

Если говорить о том, из чего состоит солнечная батарея, то изначально стоит упомянуть фотоэлементы. Их можно назвать маленькими генераторами. Именно они выполняют основную функцию – собирают энергию солнца. Эти элементы очень хрупкие, поэтому они дополнительно защищаются стеклом и полимерной подложкой.

Однако солнечные панели – это лишь часть всей электростанции. Также в нее входят другие элементы: аккумуляторная батарея, контроллер заряда, инвертор и т. д. (рис.).

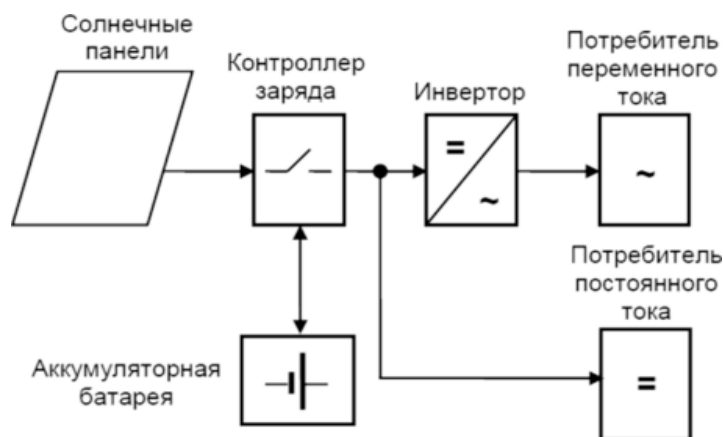


Рис. Схема солнечной батареи [1]

Каждый из перечисленных устройств выполняет свою функцию. Аккумулятор – накапливает и хранит добытую энергию, контроллер – контролирует мощность, подключает и отключает батарею, анализируя уровень заряда. Инвертор называют еще преобразователем. Это оборудование превращает прямой ток в переменный. Благодаря ему электричество можно использовать для бытовых целей. Последней составляющей электростанции является стабилизатор. Он защищает всю систему от скачков напряжения.

Использование солнечной энергии может быть реализовано по двум главным направлениям:

1. Фотоэлектрическое преобразование солнечного излучения в электроэнергию.
2. Тепловое использование солнечной энергии.

Использование солнечной электроэнергии сегодня

Наиболее высокими темпами производство фотоэлектрических модулей растет в Германии. Весьма активны Китай и Япония, а также ряд других стран. Рост объема установленных фотоэлектрических панелей в Европе выше, чем в США, в первую очередь благодаря субсидиям, которые предусматриваются в некоторых европейских государствах на эти цели. Остальная часть мира – это, главным образом, развивающиеся страны, где рост объемов установленных солнечных панелей сдерживается низкой покупательной способностью населения [2].

Государства с развитой промышленностью, но с ограниченными собственными ресурсами энергии выделяют большие средства на исследования. Пока солнечная энергетика не в состоянии успешно конкурировать с электростанциями высокой производительности, сжигающими ископаемое топливо, с атомными электростанциями или с гидроэлектростанциями. Но она уже успешно используется как дополнительный местный источник энергии, и, как было упомянуто выше, ее значимость быстро растет. Солнечные электростанции мощностью до несколько МВт уже были построены, и еще большее их число разрабатывается.

Перспективы развития солнечной энергетики

Несмотря на все очевидные плюсы солнечной энергии, есть ряд значительных трудностей, которые не дают в полной мере ее использовать. Для того, чтобы солнечная энергия могла использоваться широким кругом лиц, нужно значительно снизить стоимость получения киловатт часа. Главное препятствие на пути их широкого распространения – высокая себестоимость электроэнергии: она в 6–8 раз выше, чем на ТЭС.

Еще одной серьезной проблемой является проблема необходимости перераспределения полученной энергии. Панели вырабатывают энергию днем, тогда как большинству она нужна в темное время суток. Решением данной проблемы может служить запасание энергии на уровне домохозяйств. Аккумуляторы достаточной емкости дороги, а оснастить ими придется миллионы зданий. Быстрее и надежнее было бы модифицировать электросети, но это требует огромных затрат от государства.

Но несмотря на такие неблагоприятные условия, солнечная энергетика с каждым годом только увеличивает свою мощность во всем мире, это говорит нам о том, что в будущем эта тенденция будет сохраняться. Аналитики прогнозируют, что в течение следующих 10 лет общий объем мощности установок может вырасти в 4 раза [3].

В заключение хотелось бы сказать, что хоть солнечная энергетика на данный момент, конечно, не может являться полноценной заменой традиционной энергетики, но она имеет большие перспективы в будущем.

Солнечная энергетика появилась относительно недавно и находится лишь в начале своего развития. Но технический прогресс, достигнутый человеком в этой области за последние десятилетия, свидетельствует о том, что эта сфера энергетики будет и дальше развиваться также стремительно, все имеющиеся на данный момент недостатки будут исправлены, что сделает эту энергию действительно экологически чистой. В современном мире создается все больше организаций, занимающихся этой деятельностью. Солнечная, как и другие виды зеленой энергетики, должны стать, если не полной заменой традиционных видов топлива, то превалировать над ними.

Стремление человечества к экологичности и отказу от нефти приведет к внедрению все больших энергосберегающих технологий. Это значит, что солнечные батареи будут использоваться повсеместно.

Библиографический список

1. Схема подключения солнечных батарей [сайт] – 2016. – URL: <https://sovet-ingenera.com/eco-energy/sun/skhema-podklyucheniya-solnechnyx-batarej.html> (дата обращения: 20.11.2022).
2. Барышников, А. А., Мустафин, Н. Ш., Горелов, С. А. Анализ технологии солнечных батарей/ А. А. Барышников, Н. Ш. Мустафин, С. А. Горелов//Региональное развитие: электронный научно-практический журнал. – 2016.- № 1. – С. 58-72.
3. Сибикин, Ю. Д. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие/ Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. – Москва-Берлин, 2014.

УДК 504.65

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКОВ В РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

А. А. Савинцева

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-технический центр «ЭкоЛоджиксЛаб»
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. Процесс управления риском охватывает различные аспекты работы с риском: от идентификации и анализа риска до оценки его допустимости и определения потенциальных возможностей снижения риска посредством выбора, реализации и контроля соответствующих управляющих действий.

Ключевые слова: радиационная безопасность, риск, количественная мера, ущерб, предупреждающие действия, идентификация риска.

Задачи: рассмотреть основные подходы к оценке рисков в радиационной безопасности; выбрать объект для контроля; провести анализ возникновения возможных рисков при работе в лаборатории радиационного контроля; предложить предупреждающие действия для минимизации последствий негативного воздействия.

Работа с источниками ионизирующего излучения очень часто приводит к острым или хроническим поражениям персонала. В качестве меры опасности при таких поражениях целесообразно использовать показатели риска. Чтобы избежать рисков наступления негативного воздействия при возникновении радиационных опасностей, необходимо правильно их оценивать и выбирать методы, которые минимизируют воздействия на человека при работе с источниками ионизирующих излучений.

Риск – это мера опасности, характеризующая случайный характер поражения. Само понятие «риск» отталкивается от слова «опасность» и его принято воспринимать как некоторую либо количественную, либо качественную меру опасности.

Есть еще такое определение: риск (или степень риска) – это сочетание частоты (или вероятности) и последствий определенного опасного события.

Понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой осуществляется опасное событие, и последствия этого события (см. рисунок).

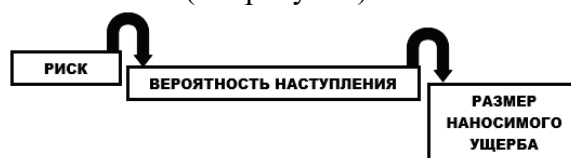


Рис. Риск и его характеристики

Точность оценки в большинстве случаев зависит от применяемого метода.

В качестве количественной меры риска применима формула (1):

$$R = \sum_{i=1}^n P_i \times X_i, \quad (1)$$

где P_i – вероятность получения ущерба X_i в результате наступления неблагоприятного события;

X_i – величина ущерба, выраженная в соответствующих показателях (в экономике в стоимостном выражении);

R – количественная мера риска, выраженная в тех же показателях, что и ущерб.

Проанализировав понятия, можно сделать вывод, что в конечном итоге величина риска является математическим ожиданием ущерба [1, 2].

С точки зрения безопасности вполне реальный интерес представляет оценка риска неблагоприятных последствий радиационного воздействия на человека.

В ходе проведения анализа риска предпринимаются попытки ответить на три важных вопроса:

- что может произойти? (выход оборудования из строя, ошибка человека – выявление опасности);
- с какой вероятностью это может произойти? (анализ частоты);
- каковы последствия этого события? (анализ последствий) [3].

Существует несколько методов, применяемых для оценки рисков в различных отраслях: - **«метод мозгового штурма»** – форма коллективной работы для поиска решений предполагаемых проблем. Этот метод широко используется в различных сферах деятельности.

Мозговой штурм включает в себя следующие действия:

- определяется проблема, необходимая для принятия решения. Проблема должна быть сформулирована четко, ясно и понятно, чтобы не допускать двусмысленной трактовки;
- назначается (определяется) куратор сессии мозгового штурма и может назначаться отдельное лицо для ведения записей по ходу сессии (либо эти записи может делать куратор);
- во время сессии куратор группы должен следить, чтобы участники группы придерживались основных правил;
- никакой критики или разговоров во время генерирования идей;
- нет никаких ограничений. Приветствуются любые, даже самые нелепые предположения. Чем больше идей будет предложено, тем выше шансы на успешное решение проблемы;
- комбинирование и совершенствование. Для того чтобы получить новые идеи, необходимо комбинировать и изменять предложенные идеи. Допустимы даже самые незначительные изменения и неправильные толкования представленных идей.

После окончания «генерирования» предположений проводится обсуждение решений, для того чтобы выбрать наиболее подходящие. Эти идеи необходимо проанализировать [4].

«Пять почему» – это простой метод поиска причин возникших несоответствий, который помогает быстро построить причинно-следственные связи.

С помощью применения этого метода можно выстроить «дерево» причин, то есть при ответе на поставленный вопрос возможно появление нескольких вариантов.

Метод «*пять почему*» заключается в следующем:

1. Формулирование несоответствий или проблем, для которых необходимо найти решение.
2. Задается вопрос «*Почему это несоответствие возникло?*» или «*Почему это произошло?*». Определяются варианты ответов на поставленный вопрос. Ответов может быть большое количество. Записываются они рядом с проблемой. Ответы необходимо формулировать кратко и понятно. Чтобы «разложить все по полочкам» поиск решений по методу «*пять почему*», можно предварительно определиться с основными подобластями, которые приводят к появлению несоответствий.
3. Если причины, выявленные на шаге 2, могут быть детализированы далее, то по каждой из выявленных причин опять задается вопрос «*Почему это произошло?*». Ответы на этот вопрос записываются на третьем уровне детализации.
4. Проводится проверка возможности дальнейшего уточнения причин. Если детализация возможна, то цикл постановки вопроса повторяется. Как правило, хватает пяти повторений данного цикла.

5. Когда анализ будет завершен и дальнейшее уточнение причин становится невозможным, проводится пересмотр всех выявленных причин и определяются ключевые причины. В ходе пересмотра диаграммы некоторые из причин могут перемещаться с уровня на уровень или повторяться на различных ответвлениях дерева причин.

Диаграмма Исикавы или причинно-следственная диаграмма (второе ее название диаграмма «рыбья кость») – применяется с целью графического представления взаимосвязи между поставленной проблемой и причинами, влияющими на ее возникновение.

Диаграмма Исикавы позволяет выявить основные параметры процессов, влияющие на характеристики изделий, установить причины сложности процесса или факторы, оказывающие влияние на возникновение неисправности в изделии. В момент построения диаграммы Исикавы, причины проблем распределяют по ключевым категориям. В качестве таких категорий выступают – человек, методы работы (действий), механизмы, материал, контроль и окружающая среда.

Все причины, связанные с исследуемой проблемой, детализируются в рамках этих категорий [4]:

- *причины, связанные с механизмами* – это все факторы, которые обусловлены оборудованием, машинами, приспособлениями, используемыми при выполнении действий;
- *причины, связанные с методом работы* заключают в себе то, каким образом выполняется работа, а также все, что связано с производительностью и точностью выполняемых операций процесса или действий;
- *причины, связанные с человеком*, включают в себя факторы, обусловленные состоянием и возможностями человека;
- *причины, связанные с материалом* – это все факторы, которые определяют свойства материала в процессе выполнения работы;
- *причины, связанные с контролем* – это все факторы, влияющие на достоверное распознавание ошибки выполнения действий;
- *причины, связанные с внешней средой* – это все факторы, определяющие воздействие внешней среды на выполнение действий.

Рассмотрим основные принципы в радиационной безопасности на примере радиационной защиты в случае правильной эксплуатации источников излучения, а именно:

- *принцип нормирования*, требующий не превышения допустимых пределов индивидуальных доз облучения населения от всех возможных источников излучения;
- *принцип обоснования*, запрещающий все виды деятельности по использованию источников излучения, при которых полученная для человека и общества польза не превышает риск возможного вреда, причиненного дополнительным облучением;
- *принцип оптимизации*, требующий поддержания на возможно низком и достижимом уровне, с учетом экономических и социальных факторов, индивидуальных доз облучения и числа облучаемых лиц при использовании любого источника излучения.

Эти принципы полагают использование наилучшего обеспечения мер защиты и безопасности источников излучения и установок таким образом, чтобы величина и вероятность облучения и численности населения, подвергающихся облучению, сохранялись на достижимо низком уровне с учетом экономических и социальных факторов, и чтобы дозы облучения и связанные с ними риски были.

Основную ответственность за защиту и безопасность должно нести юридическое лицо, получившее разрешение на осуществление деятельности, при которой используется источник излучения [5].

Оценка радиационного риска за счет техногенного облучения приводится для следующих категорий облучаемых лиц:

- население, проживающее в зонах наблюдения радиационных объектов (далее - 1 категория лиц);

- население, проживающее на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате прошлой хозяйственной деятельности и радиационных аварий (далее - 2 категория лиц);
- персонал радиационных объектов (далее - 3 категория лиц).

Рассмотрим возможность возникновения рисков на примере лаборатории радиационного контроля, которая использует в своей деятельности источники ионизирующего излучения (таблица).

Таблица – Идентификация рисков

Риск	Последствия реализации риска	Причины возникновения риска	Предупреждающие действия (действия, меры предупреждения)
Персоналом получена доза облучения, превышающая допустимые нормы	Проблемы со здоровьем у человека	Неквалифицированный персонал	Повышение квалификации персонала (обучение)
		Неправильное хранение источников	Назначить ответственного сотрудника на выдачу/приемку источников для работы с объектами радиационного контроля (ведение журнала для отслеживания)
			Знание методик и руководств по эксплуатации для работы с прибором
			Исключить доступ посторонних лиц и других сотрудников (кроме ответственного)
		Некорректная работа с объектами радиационного контроля	Обеспечить надежную герметизацию радиоактивного содержимого при всех возможных условиях эксплуатации изделия
Несоблюдение требований СП 26.1.2612-10	Соблюдение требований безопасной работы с источниками ионизирующего излучения (СП 26.1.2612-10)		
Утрата источника	Вред, ущерб окружающей среде и населению	Неправильное хранение источников	Назначить ответственного сотрудника на выдачу/приемку источников для работы с объектами радиационного контроля (ведение журнала для отслеживания)
		Свободный доступ посторонних к источникам ионизирующего излучения	Исключить доступ посторонних лиц и других сотрудников (кроме ответственного)
Источник ионизирующего излучения не обнаружен на объекте	Вред, ущерб окружающей среде и населению	Неправильная работа с прибором	Знание методик и руководств по эксплуатации для работы с прибором. Повышение квалификации персонала по работе с оборудованием и источниками ионизирующего излучения

	Облучение человека повышенной дозой облучения	Несоблюдение методики измерений	Обеспечить сотруднику обучение по средствам измерений и методикам работы с ними
		Прибор не пригоден для использования (либо, нет поверки на оборудование)	Провести поверку прибора и обеспечить надлежащий контроль по срокам проведения поверки

Заключение. Все меры, представленные выше, нацелены на минимизацию последствий негативного воздействия при работе в радиационной безопасности. Если не удастся минимизировать риск возникновения негативного воздействия на окружающую среду и население, то необходимо взять источник возникновения риска под контроль.

Библиографический список

1. Тихомиров Н. П., Тихомирова Т. М. Риск-анализ в экономике. – М.: Экономика, 2010.
2. ГОСТ Р 51901.1-2002 «Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем»: национальный стандарт Российской Федерации: дата введения 2003-09-01/Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. Официальное. – Москва: Постановление Госстандарта России от 7 июня 2002 г. N 236-ст. – 21 с.
3. МР 2.6.1.0145-19 «Расчет показателей радиационного риска по данным, содержащимся в радиационно-гигиенических паспортах территорий, для обеспечения комплексной сравнительной оценки состояния радиационной безопасности населения субъектов Российской Федерации»: дата введения 2019-04-23/ Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека/ Главный государственный санитарный врач Российской Федерации. – М., 2019. – 16 с.
4. Хамидуллина, Г. Р., Гатина, Г. Р. Управление качеством. Конспект лекций / Г. Р. Хамидуллина, Г. Р. Гатина/ Казанский федеральный университет. – Казань, 2014. – 204с.
5. Российская Федерация. Законы. О радиационной безопасности населения: Федеральный закон № 3-ФЗ: [принят Государственной Думой 5 декабря 1995 г.]. – Москва: Кодекс, 20 с.

УДК 502.55

СИСТЕМА ОЧИСТКИ БУРОВОГО РАСТВОРА С АМБАРНЫМ ХРАНЕНИЕМ ОТХОДОВ

С. Э. Солдаткин, П. С. Недобоев
ИЗВО ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В данной статье рассматривается система очистки бурового раствора с амбарным хранением отходов и дальнейшая ликвидация амбара.

Ключевые слова: очистка бурового раствора, ресурсопотребление, бурение, нефть, буровой раствор, шламовый амбар.

Природные водные и топливно-энергетические ресурсы являются национальным достоянием России, для сохранения которых необходимо предусмотреть меры по повышению эффективности их использования и созданию необходимых условий по переводу экономики на энергосберегающий путь развития.

На сегодняшний день добыча нефти происходит посредством буровых скважин, закрепленных стальными трубами высокого давления. Механический способ бурения наиболее распространённый, он осуществляется ударным, вращательным и ударно-вращательным способами бурения. При бурении нефтяных и газовых скважин в России

применяют исключительно вращательный способ бурения. При использовании вращательного способа бурения скважина высверливается вращающимся долотом. Процесс бурения состоит из следующих основных операций: спуск бурильных труб с долотом в скважину до забоя и подъем бурильных труб с отработанным долотом из скважины и работы долота в забое, т. е. разрешение породы бурения.

На рисунке 1 представлена технологическая схема буровой установки. Технологический процесс бурения во многом зависит от бурового раствора, который, в зависимости от геологических особенностей месторождения, готовится на водной основе, на нефтяной основе, с использованием газообразного агента или воздуха [1].

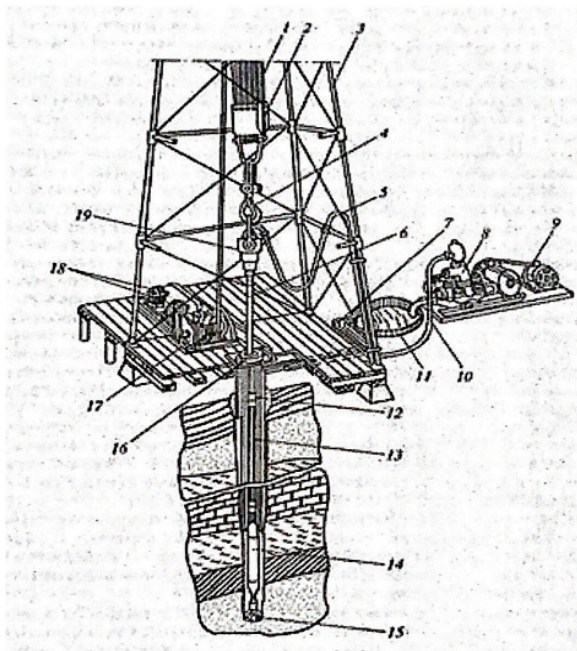


Рис. 1. Схема буровой установки для вращательного бурения:
 1 – талевый канат; 2 – талевый блок; 3 – вышка; 4 – крюк; 5 – буровой шланг;
 6 – ведущая труба; 7 – желоба; 8 – буровой насос; 9 – двигатель насоса;
 10 – обвязка насоса; 11 – приемный резервуар (емкость); 12 – бурильный замок;
 13 – бурильная труба; 14 – гидравлический забойный двигатель; 15 – долото;
 16 – ротор; 17 – лебедка; 18 – двигатель лебедки и ротора; 19 – вертлюг

Буровой раствор – сложная многокомпонентная дисперсная система суспензионных, эмульсионных и аэрированных жидкостей, применяемых для промывки скважин в процессе бурения. Промывка скважин – одна из самых ответственных операций, выполняемых при бурении. По мере развития бурового дела функции бурового раствора расширились. Теперь в них входят:

- вынос частиц выбуренной породы из скважины;
- предупреждение поступления в скважину нефти, газа и воды;
- охлаждение и смазывание трущихся деталей долота;
- удержание частичек разбуренной породы во взвешенном состоянии при прекращении циркуляции;
- предотвращение обвалов пород со стенок скважин;
- уменьшение проницаемости стенок скважины, благодаря коркообразованию.

Соответственно буровые растворы должны удовлетворять следующим требованиям:

- выполнять возложенные функции;
- не оказывать вредного влияния на бурильный инструмент;
- легко прокачиваться и очищаться от шлама и газа;
- быть безопасными для обслуживающего персонала и окружающей среды;
- быть удобными для приготовления и очистки;

- быть доступными, не дорогими [2].

Очистка бурового раствора является одной из важнейших операций в современном бурении, от которой существенно зависит эффективность всего процесса строительства скважин. Циркуляционная система буровой установки предназначена для приготовления, очистки, регулирования свойств и циркуляции бурового раствора, обеспечивающего вынос выбуренной породы и подведение мощности к забойному двигателю и долоту.

В результате изучения литературных источников предложена следующая схема очистки бурового раствора. Механизмы циркуляционной системы представляют трёхступенчатую очистку бурового раствора (рис. 2). Из скважины раствор поступает на вибросито в первую ступень грубой очистки и собирается в отстойнике ёмкости, где осаждается грубодисперсный песок. Из отстойника раствор проходит в отсек циркуляционной системы и подаётся центробежным шламовым насосом в дегазатор при необходимости дегазации раствора, а затем – в пескоотделитель, где проходит вторую ступень очистки от породы размером до 0,074–0,08 мм. Затем раствор подаётся в илоотделитель – третью ступень очистки. В нем удаляются частицы породы до 0,03 мм. Песок и ил сбрасываются в ёмкость, откуда подаются в центрифугу для дополнительного отделения раствора от породы. Очищенный раствор из третьей ступени поступает в приёмную ёмкость – в приёмный блок буровых насосов для подачи его в скважину.

Для сбора жидких отходов бурения, буровых сточных вод и шлама, которые образуются в ходе бурения скважины, используется шламовый амбар. Это сооружение природоохранного типа, потому что также используется для захоронения различных токсичных отходов, появившихся в ходе промышленного бурения. Все отработанные технологические жидкости, буровые растворы требуют быстрой и надёжной утилизации, так как они содержат в себе токсичные вещества, которые негативно влияют на окружающую среду.

Конструктивная прочность шламового амбара и предотвращение фильтрации отходов бурения за его пределы обеспечивается созданием по внутренней поверхности накопителя противотриационного экрана из синтетического нетканого материала, а общего объема шламового амбара достаточно для безопасного накопления и захоронения отходов бурения [3].

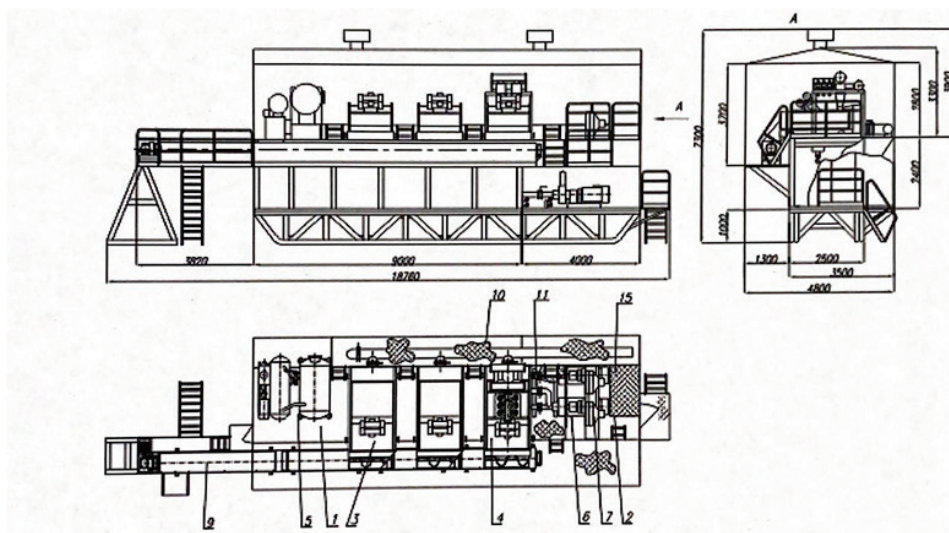


Рис. 2. 3-ступенчатая ЦС очистки бурового раствора [3]:

- 1 – ёмкость объемом 40 м³; 2 – насосный модуль; 3 – сито вибрационное линейное ЛВС1 – 2 шт.; 4 – ситогидроциклонный сепаратор ЛСГС – 1 шт.; 5 – дегазатор «Каскад 40» – 1 шт.; 6 – горизонтальный шламовый насос ГШН150/30 – 2 шт.; 7 – калорифер КПСК 36 – 2 шт.; 8 – шнековый конвейер КШ 25/12 – 1 шт.; 9 – технологический трубопровод – 1 комплект; 10 – запорная арматура – 1 комплект;
11 – таль ручная 1 т – 1 шт.

Сбор, обезвреживание и захоронение отходов бурения осуществляется в шламовом амбаре, выполненном по схеме двух земляных амбаров. Твердая фракция отходов осаждается в первой секции – приемной, а жидкая по перетоку поступает во вторую секцию амбара для повторного использования (приготовления раствора).

Шламовые амбары, которые были ликвидированы несвоевременно, становятся постоянным фактором для загрязнения окружающей среды. Кроме того, происходит загрязнение окружающей среды в случае разрушения шламового амбара, поэтому они требуют постоянного контроля за их состоянием во время периода эксплуатации [4].

Таким образом, можно сделать следующие выводы. При бурении скважин нужно устанавливать современные и надежные системы очистки буровых растворов с целью рационального использования ресурсов, например, 3-ступенчатая ЦС очистки бурового раствора. Все отходы от буровых работ и амбары должны подвергаться постоянному контролю в соответствии с программой производственного экологического контроля и по окончании работ ликвидироваться.

Библиографический список

1. Басарыгин, Ю. М. Бурение нефтяных и газовых скважин: учеб. пособие для вузов / Ю. М. Басарыгин, А. И. Булатов, Ю. И. Проселков. – М.: ООО «Недра – Бизнесцентр», 2002. – 303 с.
2. Рязанов, Я. А. Энциклопедия по буровым растворам / Я. А. Рязанов. – Оренбург: Летопись, 2005. – 526 с.
3. Инструкция по охране окружающей среды при строительстве скважин на нефть и газ на суше. РД 39-133-94 (утв. Роскомнедрами 28.12.1993, РАО «Газпром» 18.01.1994, ГП «Роснефть» 04.01.1994).
4. ВРД 39-1.13-057-2002 «Регламент организации работ по охране окружающей среды при строительстве скважин».

УДК 502.45

КОМПЛЕКСНЫЕ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Н. А. Солнцев
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В статье проводится обзор существующих систем автоматического сбора информации в целях достоверной оценки влияния предприятий на окружающую среду и перспективы их комплексного применения.

Ключевые слова: экология, системы автоматического контроля, мониторинг, окружающая среда, цифровизация.

В рамках цифровой трансформации, активно развивающейся на всех направлениях российского производства, становятся все актуальнее системы, позволяющие объективно оценить вклад предприятий в загрязнение окружающей среды как в текущем времени, так и на перспективу [1].

В настоящий момент в соответствии с пунктом 9 статьи 67 Федерального закона от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» все природопользователи, эксплуатирующие объекты первой категории негативного воздействия на окружающую среду (НВОС), обязаны оборудовать стационарные источники выбросов и сбросов загрязняющих веществ средствами автоматического измерения и учета. Стоит отметить, что обязательных требований к оснащению объектов второй и третьей категории системами автоматического

контроля и учета показателей выбросов загрязняющих веществ и/или сбросов загрязняющих веществ законодательством Российской Федерации не предусмотрено.

Внедрение автоматических систем (АС) происходит на основе множества стадий:

- инвентаризация стационарных источников выбросов и сбросов загрязняющих веществ, влияние которых требуется учитывать с помощью АС;
- выбор технологических решений в соответствии с нормативно-правовой базой, техническими и экономическими компетенциями предприятия, доступностью выбранных решений на рынке;
- подбор типов измерительного оборудования, датчиков, определение мест монтажа;
- сертификация и метрологическая экспертиза;
- закупочные процедуры;
- монтаж оборудования и строительные работы;
- внедрение системы автоматического контроля (САК) выбросов и сбросов в систему управления предприятия;
- пусконаладочные работы и ввод в эксплуатацию [2].

После внедрения системы автоматического контроля выбросов и сбросов появляется возможность контролировать в любой момент времени основные показатели, такие как концентрации загрязняющих веществ, температура, объемные расходы и другие параметры эмиссий из соответствующих источников. Данные показатели позволяют оценивать текущее соответствие технологических процессов установленным нормам, а также соблюдение показателей влияния на окружающую среду, формируемых контролируруемыми источниками [3].

Помимо САК, направленных на учет источников выбросов и сбросов, распространены системы контроля атмосферного воздуха. В соответствии со статьей 23 Федерального закона от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» в целях наблюдения за атмосферным воздухом и оценкой его состояния организован государственный мониторинг атмосферного воздуха [4].

По результатам мониторинга загрязнения атмосферного воздуха создаются базы данных по количеству и динамике загрязняющих веществ в районе наблюдений, на основе которых возможна оценка состояния атмосферного воздуха в районе наблюдений и принятие решений с учетом полученных результатов [5].

Оценка эмиссий в окружающую среду, а также влияния негативных факторов, формируемых промышленными предприятиями, возможна и альтернативными методами, позволяющими оценить, как отдельные показатели, так и целый комплекс параметров:

1. Традиционно используемые на предприятиях всех масштабов системы автоматического управления (САУ) и учета позволяют фиксировать и отслеживать объемы потребления сырья, топлива, воды, энергии. Помимо этих показателей САУ позволяют определять и контролировать параметры системы: температуру, давление, газодинамику. Все эти данные могут служить для оценки выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду посредством расчетов требуемых показателей на основе материальных балансов и соответствующих расчетных методик [6].

2. Выбросы от работы двигателей транспортных средств составляют значительную долю от общего загрязнения атмосферного воздуха. За счет количества автомобилей и техники, сосредоточенных в городах, формируются превышения уровней допустимого воздействия на окружающую среду. Выбросы от железнодорожного транспорта и специальной техники, функционирующей на производствах, также вносят свой вклад в общую картину влияния предприятия на окружающую среду. Учет количества машин, интенсивности их движения, скорости движения и мест скопления крайне важно для корректной оценки состояния атмосферного воздуха как в городах, так и на предприятиях.

Оценка количества транспорта возможна несколькими методами:

- системы слежения GPS, устанавливаемые на транспорте;

- видеофиксация АТП с последующей обработкой с использованием программных средств;
- использование датчиков подсчета проезжающих автомобилей (индуктивный датчик; инфракрасный датчик);
- использование стационарных фоторадарных комплексов.

На основе данных о транспортных потоках и параметрах самих машин возможно оценить объемы выбросов, формируемых за счет работы двигателей.

3. В случае необходимости фиксации объемов и масс сыпучих грузов для дальнейшей оценки площадей поверхностей пыления возможно использование совмещенных систем весового контроля и лазерных дальномеров.

4. Значительной проблемой является воздействие физических факторов на окружающую среду, в том числе на человека. В крупных городах одним из ключевых фактов является шумовое загрязнение. Это связано с разнообразием источников шума в городе. Основными источниками внешнего шума являются автотранспортные потоки, железнодорожный, водный и воздушный транспорт, предприятия и внутриквартальные источники шума (хозяйственные дворы магазинов, спортивные и игровые площадки, трансформаторные подстанции и центральные тепловые пункты и др.). Фиксация показателей физического воздействия осуществляется шумомерами, измерителями плотности потока энергии электромагнитного поля, виброметрами и дозиметрами. В зависимости от специфики предприятия и окружающих условий может применяться комплекс из всех вышеперечисленных устройств [7].

5. Выполняются наблюдения для определения метеорологических характеристик на основе инструментальных измерений и визуальных оценок метеорологических показателей, их характеристик и атмосферных явлений. Данные о температуре, влажности, направлении и силе ветра важны для корректной оценки состояния окружающей среды.

На настоящий момент для оценки влияния предприятий и иных объектов на окружающую среду используются аккредитованные расчетные программы, созданные на основе законодательно утвержденных методов прогнозирования. За основу принимаются данные из отчетов инвентаризации источников выбросов и инвентаризации источников сбросов [8]. Также для моделирования применяются проекты предельно допустимых выбросов (ПДВ), проекты санитарно-защитных зон (СЗЗ) и проекты нормативов допустимых сбросов (НДС). Все существующие в свободном для приобретения доступе программные комплексы формируют статичную модель и не могут отслеживать изменения, происходящие в текущий момент.

Перспективой развития автоматизации экологии должен стать комплексный подход к оценке влияния предприятия на окружающую среду. На данный момент, помимо законодательно обязательных систем автоматического контроля, существует достаточно обширный перечень решений, позволяющих сформировать максимально полную цифровую модель предприятия с точки зрения эмиссий загрязняющих веществ в окружающую среду и влияний физических факторов. При учете в программном продукте данных из проектов ПДВ, СЗЗ, НДС и данных, поступающих от систем автоматического контроля и сбора информации, возможно наиболее достоверно оценить текущие технологические процессы и их влияние на окружающую среду, оперативно фиксировать возникновение нештатных ситуаций, повлекших превышение установленных нормативов, а также прогнозировать влияние того или иного решения, связанного с организацией производства.

Библиографический список

1. Как в России планируют использовать потенциал цифровых технологий для решения проблем в сфере экологии? – Текст: электронный // Журнал «Экология производства»: (сайт). – 2022. – URL: <https://news.ecoindustry.ru/2022/09/kak-v-rossii-planiruyut-ispolzovat-potentsial-tsifrovyyh-tehnologij-dlya-resheniya-problem-v-sfere-ekologii/> (дата обращения: 09.11.2022).

2. Создание системы автоматического контроля выбросов и сбросов – Текст: электронный // Журнал «Экология производства»: (сайт). – 2022. – URL: <https://news.ecoindustry.ru/2020/08/sozdanie-sistemy> (дата обращения: 09.11.2022).
3. Автоматический контроль выбросов: опыт применения предсказывающих систем. – Текст: электронный // Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»: (сайт). – 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/avtomaticheskii-kontrol-vybrosov-opyt-primeneniya-predskazyvayuschih-sistem/viewer> (дата обращения: 10.11.2022).
4. Федеральный закон от 4 мая 1999 г. № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» (с изменениями и дополнениями). – Текст: электронный // ООО «НПП «ГАРАНТ-СЕРВИС» Система ГАРАНТ: (сайт). – 2022. – URL: <https://base.garant.ru/12115550/> (дата обращения: 10.11.2022).
5. О развитии системы экологического мониторинга качества атмосферного воздуха. – Текст: электронный // Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»: (сайт). – 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/o-razvitii-sistemy-ekologicheskogo-monitoringa-kachestva-atmosfernogo-vozduha/viewer> (дата обращения: 11.11.2022).
6. Интеллектуальные автоматизированные системы в экологии. – Текст: электронный // Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»: (сайт). – 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/intellektualnye-avtomatizirovannye-sistemy-v-ekologii/viewer> (дата обращения: 15.11.2022).
7. Проблемы оценки сочетанного влияния шума и других физических факторов на здоровье человека. – Текст: электронный // Научная библиотека открытого доступа «КиберЛенинка»: (сайт). – 2022. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-otsenki-sochetannogo-vliyaniya-shuma-i-drugih-fizicheskikh-faktorov-na-zdorovie-cheloveka/viewer> (дата обращения: 15.11.2022).
8. Обзор программного обеспечения в области охраны окружающей среды. – Текст: электронный // Журнал «Справочник эколога»: (сайт). – 2022. – URL: https://www.profiz.ru/eco/8_2015/ERP/ (дата обращения: 18.11.2022).

УДК 547.914.7

СИНТЕЗ 30-ТРИОКТИЛФОСФОНИЙ БРОМИДА 3, 28-БИСТРИФТОРАЦЕТАТА БЕТУЛИНА

Д. А. Терентьев
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** Получение биологически активных веществ является одной из актуальных задач современной органической химии. Получение этих веществ сопряжено с изменением структуры молекулы путем введения в его молекулу различных элементов, таких как фтор, фосфор. Введение в структуру бетулина, фосфорсодержащих групп не только увеличивает их биологическую активность, но и повышает его растворимость и проницаемость в мембране, что определяет их потенциальное использование в медицине и фармацевтике. Однако любой процесс, который претендует на опытно-промышленное производство, требует оценки экологической и промышленной безопасности при его обосновании. Первым этапом работы в этом направлении является понимание и описание самого процесса синтеза. В данной работе приведены результаты синтеза 30-триоктилфосфоний бромида 3β,28-бис-О-трифторацетата бетулина.*

***Ключевые слова:** бетулин, синтез 30-триоктилфосфоний бромида 3β,28-бис-О-трифторацетата бетулина.*

В данной работе приведены и рассмотрены способы получения бетулина и его производных, а также синтезирован 30-триоктилфосфоний бромид 3 β ,28-бис-О-трифторацетата бетулина из березы бородавчатой (*Betula pendula* Roth.).

Бетулин, он же бетуленол – пентациклический тритерпеновый спирт лупанового ряда, имеет химическую формулу C₃₀H₅₀O₂. Является бело-желтым кристаллическим веществом, которое, как правило, не растворимо в воде, а также в большинстве органических растворителях. Температура плавления бетулина – 250-259 °С [1]. Впервые бетулин выделен Ловицем в 1788 году, путём сублимации (нагревание коры), а своё название, которое используется по сей день, бетулин (от лат. *Betula*-береза) получил в 1831 г. от химика Мэсона. Одним из основных источников бетулина является береста или кора берёзы. В России в основном применяется береза бородавчатая (*Betula pendula* Roth.), а также берёза пушистая.

Спектры ЯМР ¹H, ³¹P и ¹⁹F полученных веществ регистрировали на спектрометре Bruker Avance 400 на частотах 400.13, 100.61 и 375.50 МГц, в качестве растворителя использовали дейтерированный хлороформ (CDCl₃). Химические сдвиги ядер фтора приведены относительно фтортрихлорметана (CFCl₃).

Бетулин получен путём экстракции коры берёзы в аппарате Сокслета по патенту [2]. Исходный бетулин получали с помощью экстракции внешнего слоя коры берёзы, с последующем его размолотом до состояния порошка. В качестве растворителя использовали смесь толуола с петролейным эфиром (т. кип. 70-100 °С) в пропорции 1:1. Очищен с помощью перекристаллизации из изопропилового спирта. Т.пл. 254 °С. Достоверность полученного продукта подтверждена спектром ЯМР ¹H.

Получение 3 β ,28-бис-О-трифторацетата бетулина (**1**) из бетулина осуществляли по методу [3] (схема 1). Для этого полученный бетулин взаимодействовал с (CF₃CO)₂O. Достоверность полученного соединения (**1**) подтверждено с помощью ЯМР ¹H, ¹⁹F спектроскопии.

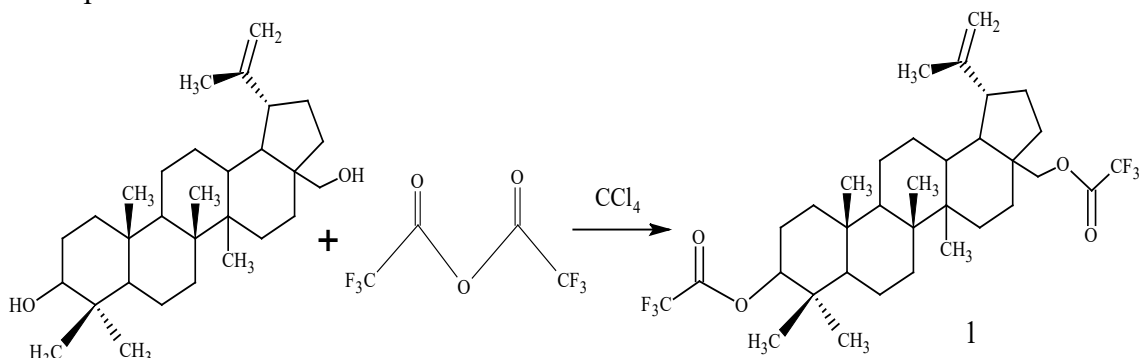


Схема 1. Получение 3 β ,28-бис-О-трифторацетата бетулина (**1**)

Получение 3 β ,28-бис-О-трифторацетокси-30-бромлуп-20(29)-ена (**2**) проводили по методу [4]. Исходный 3 β ,28-бис-О-трифторацетат бетулина (**1**) взаимодействовал с двукратным избытком N-бромсукцинимидом (схема 2). Реакцию проводили в растворе четырёххлористого углерода при температуре кипения (80 °С) под действием ультрафиолетового излучения.

Достоверность полученного соединения **2** подтверждено с помощью ЯМР ¹H, ¹⁹F спектроскопии.

В спектре ЯМР ¹H наблюдается сигнал в области δ 4.00 м.д., который является характерным для метиленовой группы, при атоме углерода в положении C³⁰, которая образуется вместо метильной группы. Также наблюдается отсутствие сигнала метильной группы в области δ 1.70 м.д., который является характерным для атома водорода при положении атома углерода при C³⁰. В спектре ЯМР ¹⁹F сохраняется наличие двух высокоинтенсивных синглетов, которые подтверждают сохранение трифторацетоксильных групп у атома углерода при C³ и C²⁸.

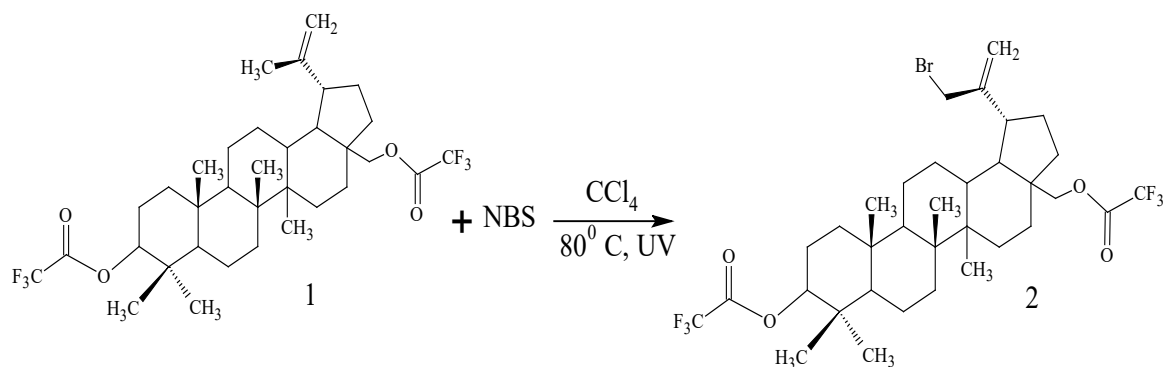


Схема 2. Бромирование 3 β ,28-бис-О-трифторацетата бетулина (**1**)

Синтез 30-триоктилфосфоний бромида 3,28-бистрифторацетата бетулина осуществлялся при взаимодействии 3 β ,28-бис-О-трифторацетокси-30-бромлуп-20(29)-ена (**2**) с триоктилфосфином (схема 3).

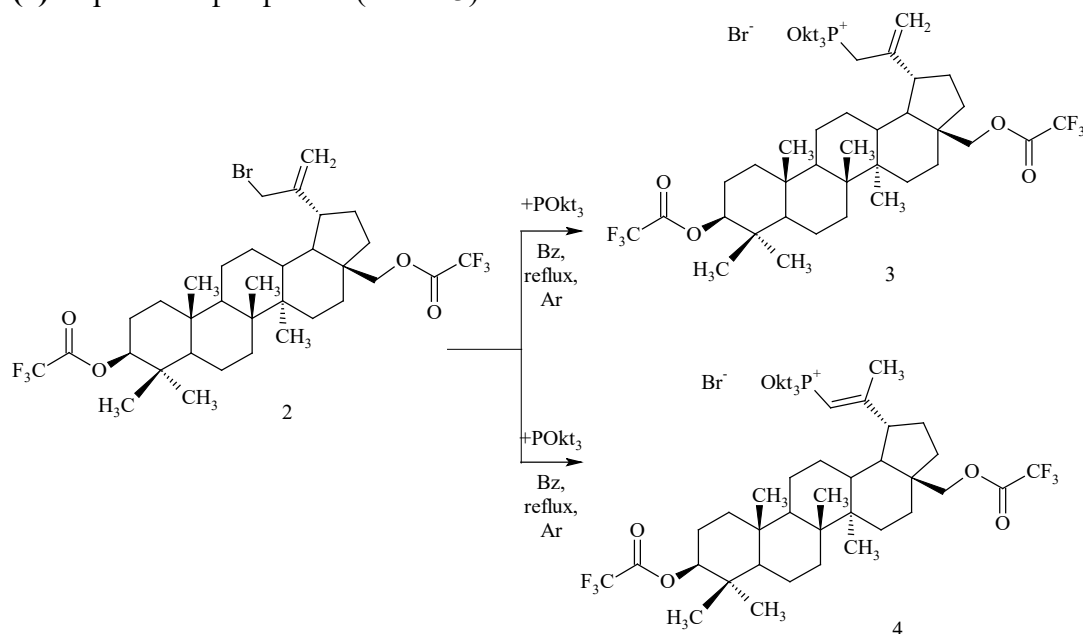


Схема 3. Получение фосфониевых солей 3 β ,28-бис-О-трифторацетокси-30-бромлуп-20(29)-ена (**3, 4**)

Продукт реакции бромирования, 3 β ,28-бис-О-трифторацетокси-30-бромлуп-20(29)-ен (**2**) разбавили абсолютным бензолом, после этого добавили 20 % избыток триоктилфосфина, со степенью чистоты 99 %. Реакцию проводили при постоянном кипячении, в атмосфере аргона, для того, чтобы избежать окисления воздухом.

Исходя из данных ЯМР спектроскопии следует вывод о том, что в результате взаимодействия 3 β ,28-бис-О-трифторацетокси-30-бромлуп-20(29)-ена (**2**) с триоктилфосфином, образовалась смесь фосфониевых солей (**3, 4**). Строение полученных соединений подтверждено с помощью спектров ЯМР ^1H , ^{19}F , ^{31}P спектроскопии.

В спектре ЯМР ^1H наблюдается появление сигналов протонов, принадлежащих октильным группам триоктилфосфина: δ 0.79, 0.81, 0.91, 1.19 м.д., что говорит об успешном образовании фосфониевой соли. Также подтверждением этого являются сигналы группы $^{30}\text{CH}_2$ δ 3.52-3.53 м.д. и $^{29}\text{CH}_2$ δ 5.05 и 5.14 м.д. О наличии в реакционной смеси продукта аллильной перегруппировки свидетельствует сигнал в области 1.95 м.д., принадлежащий метильной группы у C^{29} и сигнал в области δ 6.22 м.д., характерный для группы ^{30}CH . В спектре ЯМР ^{19}F появился дополнительный сигнал в области δ_{F} -76.13 м.д., что говорит о возможном частичном отщеплении трифторацетоксильных групп. В спектре ЯМР ^{31}P наблюдается наличие сигнала в области 31.55 м.д., что говорит о том, что произошла перегруппировка двойной связи и при присоединении триоктилфосфониевой группы

получилась фосфониевая соль (4), сигнал в области 21.10 м.д говорит о присоединении триоктилфосфониевой группы к бромированному 3 β ,28-бис-О-трифторацетату бетулина.

Таким образом, взаимодействием 3 β ,28-бис-О-трифторацетокси-30-бромлуп-20(29)-ена (2) с триоктилфосфином синтезированы новые 30-аллилфосфониевые и 30-пропенилфосфониевые соли бромпроизводного 3 β ,28-бис-О-трифторацетата бетулина.

Библиографический список

1. Жученко, А. Г. Химический состав бересты берез/ А. Г. Жученко, А. И. Черкасова: Сб. Тр. СвердНИИП древесины. – М., 1969. – № 4. – С. 6–9.
2. Патент № 2184120 Российская Федерация, МПК C07J 53/00, МПК C07J 63/00. Способ получения бетулина: заявл. 02.02.2001: опубл. 27.06.2002/ В. И. Роцин, Н. Ю. Шабанова, Д. Н. Ведерников. – 4 с.
3. Тришин, Ю. Г. 3,28-Бис-О-трифторацетат бетулина: синтез и молекулярная структура. / Ю. Г. Тришин, Г. Г. Чернявский, М. В. Шафеева, Ю. В. Нелюбина // Журнал органической химии. – 2010. – Т. 46, Вып. 10. – С. 1485-1487.
4. Uzenkova, N. V. Synthesis of 30-Amino Derivatives of Lupane Triterpenoids / N. V. Uzenkova, N. I. Petrenko, M. M. Shakirov, E. E. Shul'ts, and G. A. Tolstikov // Chemistry of Natural Compounds, 2005. V. 41. № 6. P. 692-700.

УДК 504.05

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ АИЭ

Н. Р. Федюченко
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

Аннотация. В данной работе рассматриваются отрицательные стороны некоторых источников нетрадиционной энергии, для того, чтобы выявить основные экологические проблемы использования альтернативных источников энергии. А также убедиться в том, что они не являются такими чистыми, как считаются.

Ключевые слова: альтернативные источники энергии, энергетика, экологические последствия, антропогенное воздействие, окружающая среда.

Альтернативный источник энергии (АИЭ) заменяет собой традиционный источник энергии, функционирующий в основном на нефти, добываемом природном газе и угле, которые при сгорании выделяют в атмосферу диоксид углерода, способствующий росту парникового эффекта и глобальному потеплению. Поэтому главными причинами поиска альтернативных источников энергии являются потребность в снижении нагрузки на окружающую среду и в снижении стоимости энергии. Однако использование АИЭ, решая одни проблемы, зачастую порождает другие.

Для выявления экологических проблем при использовании АИЭ рассмотрены отрицательные стороны некоторых источников нетрадиционной энергии.

Ветроэнергетические установки изымают часть кинетической энергии движущихся воздушных масс, что может оказывать заметное влияние на локальные, а в некоторых случаях и глобальные климатические условия местности. К тому же отбор энергии у ветра способствует изменению влажностного режима прилегающей территории.

По результатам некоторых исследований от механического воздействия лопастей и от резкого перепада давления в области пониженного давления около лопастей ветряка погибают летучие мыши и птицы.

Постоянные магниты, используемые в некоторых ветроустановках, требуют при производстве использование неодима, который экспортируется в основном из Китая. Очень опасен процесс экстракции этого редкоземельного элемента [1].

Для установки ветроэнергетических установок также необходимо некоторое вмешательство в ландшафт, отчуждение земель для сооружения фундамента и укрепления конструкции растяжками, для размещения электрооборудования.

Под производство сырья для биотоплива (например, биодизельного) отчуждаются большие земельные площади. В Индонезии, Малайзии, на Борнео и Суматре для создания пальмовых плантаций была вырублена немалая часть тропических лесов [2]. Введение платы за выбросы углекислого газа от сжигания ископаемого топлива при игнорировании выбросов от биотоплива также ведет к росту спроса на биомассу и расширению территорий, необходимых под плантации биотоплива.

На плантациях биотопливного сырья нередко используют повышенные дозы средств защиты растений. Это приводит к биодеградации грунтов, снижению качества почв и загрязнению водных объектов, после чего токсичные соединения продолжают миграцию по пищевым цепочкам.

Другой причиной эрозии почвы и непригодность ее для дальнейшей сельскохозяйственной деятельности является переработка сельскохозяйственных отходов, которые ранее являлись природным удобрением почвы. К таким отходам относятся, например, кукурузный силос, ботва клубневых растений и другие источники органических и минеральных компонентов.

Многие стадии технологического процесса производства биотоплива приводят к выбросам диоксида углерода и ряда других опасных для окружающей среды и здоровья человека веществ. Эти выбросы происходят при работе оборудования, сборе сырья, его перевозке, хранении, химической переработке и полученного топлива.

Солнечные концентраторы вызывают большие по площади затенения земель, приводящие к сильным изменениям почвенных условий и растительности, деградации земель и изменению микроклимата в районе расположения станции.

В солнечных энергетических системах применяют низкокипящие жидкости (особо опасны жидкости, содержащие хроматы и нитриты, которые являются высокотоксичными веществами), и их утечки при длительной эксплуатации могут привести к значительному загрязнению питьевой воды.

Использование кадмия, свинца, галлия, мышьяка при производстве некоторых видов фотоэлементов в целях повышения эффективности преобразования образует сложный вопрос их обезвреживания и утилизации, так как эти вещества содержат ядовитые вещества [3].

Одна из главных проблем, которые возникают при использовании геотермальных вод, заключается в том, что необходимо использование возобновляемого цикла поступления воды в подземный водоносный горизонт. В термальных водах содержится большое количество солей различных токсичных металлов, таких как свинец, цинк, кадмий, а также неметаллов – бор, мышьяк и химических соединений – аммиак, фенол, что исключает сброс этих вод в природные водные системы, расположенные на поверхности.

Через рабочую скважину возможны выбросы горючих и токсичных газов, минералов, которые содержатся в земной коре [4].

Проблемы водородной энергетики связаны с тем, что самым распространенным промышленным способом получения водорода является паровая конверсия природного газа, которая сопровождается выделением углекислого газа [5].

В заключение можно отметить, что основными общими экологическими проблемами применения альтернативных источников энергии являются:

- 1) выбросы углекислого газа в атмосферу;
- 2) отчуждение и деградация земель;
- 3) загрязнение водоемов опасными веществами;

- 4) применение радиоактивных или токсичных веществ на различных стадиях производства топлива, преобразования и потребления энергии.

Таким образом, данная статья в очередной раз подтверждает тезис о невозможности создания полностью безотходной и экологически чистой технологии.

Библиографический список

1. Экологическое воздействие ветроэнергетики. Чистый выигрыш энергии [Электронный ресурс]. – URL: <http://vetrodvig.ru/ehkologicheskoevozdejstvie-vetroehnergetiki-chistyjyuyigrysh-ehnergii/> (дата обращения: 29.11.2022).
2. Арутюнов В. С. Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики. – М.: Эксмо, 2016. – 208 с.
3. Картамышева Н. С., Картамышева Е. С., Вахрушин И. А., Трескова Ю. В. Экологические последствия развития солнечной энергетики // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы III Междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, июль 2015 г.). – СПб.: Свое издательство, 2015. – С. 59-62.
4. Геотермальные электростанции – прекрасная альтернатива традиционным методам получения энергии [Электронный ресурс]. – URL: <http://greenologia.ru/eko-zhizn/texnologii/geotermalniye-electrostanicyi.html> (дата обращения: 29.11.2022).
5. Водород в энергетике – проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. – URL: <http://alternativnaya-energiya.ru/водород-в-энергетике/> (дата обращения: 29.11.2022).

УДК 579.26

СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ БИОИНДИКАЦИИ РЕКИ ДОН В ГОРОДЕ РОСТОВ-НА-ДОНУ С ДАННЫМИ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Н. Р. Федюченко
ИТ ВШТЭ СПбГУПТД

***Аннотация.** В работе отражены результаты оценки качества экосистем реки Дон в зоне влияния города Ростов-на-Дону, методом биоиндикации по зообентосным организмам. Результаты подсчёта качественных и количественных характеристик зообентоса использовались при определении качества воды по таким индексам, как индекс Гуднайта-Уотля, Вудивисса и Переле. Результаты исследования сравниваются с исследованиями прошлых лет.*

***Ключевые слова:** река Дон, биоиндикация, зообентосные организмы, гидробиологические индексы, уровень загрязнения.*

Река Дон является одной из крупнейших рек России, ее протяженность составляет 1870 км и она является пятой рекой в Европе по этому параметру. Река Дон берет начало из ручья Урванка в городе Новомосковское Тульской области, затем протекает через территории Липецкой, Волгоградской, Воронежской и Ростовской областей и впадает в Азовское море.

Для хозяйственной деятельности этих областей река имеет большое значение: во-первых, как судоходный круглогодичный водный путь; второе, для мелиорации сельскохозяйственных земель и разведения аквакультур, а также водоплавающих птиц; в-третьих, для нужд промышленности, как источник водных ресурсов, так и как приемник сточных вод; немаловажную роль играет как рекреационная зона.

Особое внимание стоит уделить тому, что Ростов-на-Дону является крупным промышленным портом, через который проходит более 1000 кораблей в год. При эксплуатации судов образуются сбросы подсланевых, фекальных и балластных вод, а также происходит загрязнение при обработке плавсредств и механизмов в период строительства и

последующей эксплуатации [1]. Основные источники негативного воздействия на водную экосистему реки Дон в городе Ростов-на-Дону приведены на рисунке 1.

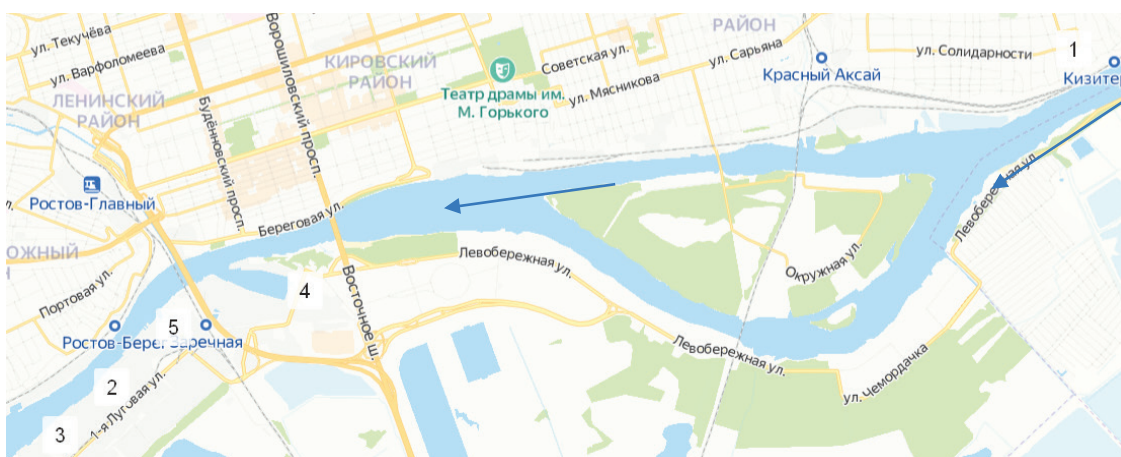


Рис. 1. Карта города с отмеченными промышленными объектами: 1 – ООО РЗЭ (РОСТОВСКИЙ ЗАВОД ЭЛЕКТРОНИКИ); 2 – табачная фабрика «ЗАО Донской табак»; 3 – ООО ЛАДА-ЛИСТ Ростовский офис (производство однослойных и многослойных пластиков); 4 – судоремонтный завод ОАО «Моряк»; 5 – ООО «Донской порт»

Антропогенное загрязнение водных объектов изменяет химический состав воды, а также влияет на состав водных биоценозов. Это может быть использовано в целях мониторинга водных объектов. Применение гидробиологических показателей позволяет комплексно оценить качество воды по совокупности воздействия химических, физических характеристик воды на живые организмы.

Для исследования качества воды методом биоиндикации по зообентосным организмам были определены точки забора проб донных грунтов, с учетом влияния основных источников воздействия: точка № 1 – на центральном пляже; точка № 2 – возле Донского порта; точка № 3 – поблизости от судоремонтного завода «Моряк». Места отбора указаны на рисунке 2. Описание точек контроля приведено в таблице 1.

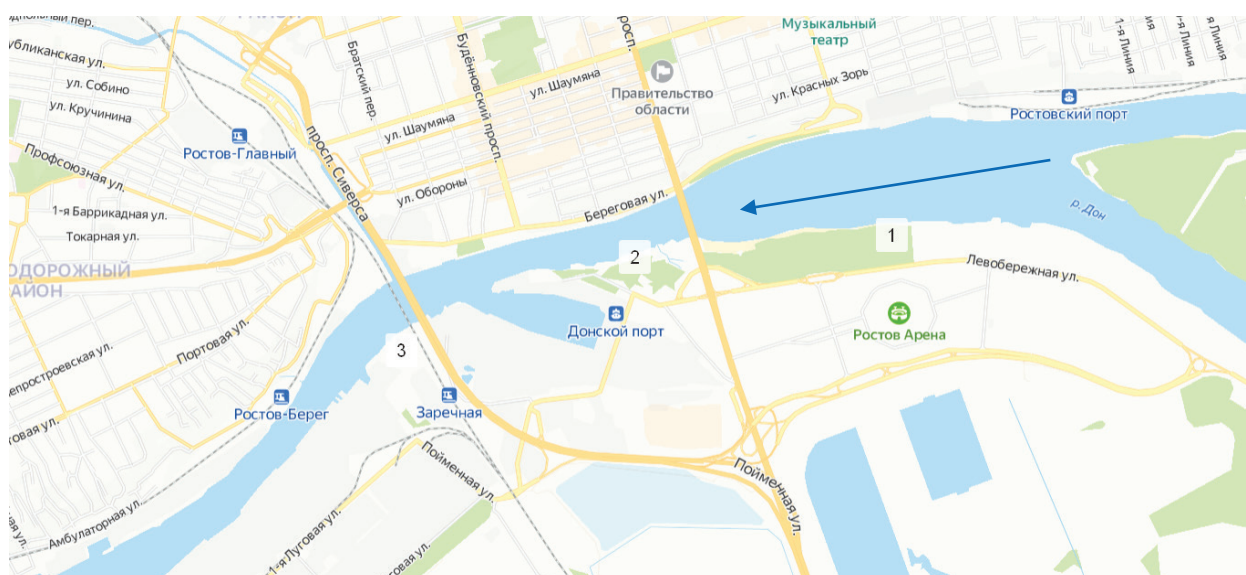


Рис. 2. Карта отобранных проб: 1 – центральный пляж; 2 – возле Донского порта; 3 – поблизости от судоремонтного завода «Моряк»

Таблица 1 – Характеристика точек отбора грунта

Номер на карте	Координаты	Тип грунта	Температура воды	Особенности
1	47.213854 39.737380	песчаный	24	Большое количество моллюсков в грунте
2	47.211994 39.717870	чернозем	24,5	Местами пятна от нефтепродуктов на поверхности воды
3	47.207837 39.701026	глинистый	25	Зарастание побережья

Возможность применения биоиндикации как способа определения санитарно-гигиенического состояния водотоков предполагает детальное изучение сообществ гидробионтов, приуроченных к конкретным водоемам и речным бассейнам [2]. Исходя из необходимости применения качественных и количественных характеристик водоемов, испытывающих антропогенную нагрузку, используются различные подходы, в том числе анализ обрастания (перифитона).

Результаты подсчёта качественных и количественных характеристик зообентоса использовались при определении качества воды по таким индексам, как индекс Гуднайта-Уотлея, Вудивисса и Переле. Данные по количеству организмов во всех трех точках отбора отражены в таблице 2.

Таблица 2 – Видовое разнообразие зообентосных организмов

Организмы	Количество организмов		
	Точка 1	Точка 2	Точка 3
Oligochaeta	20	5	8
Culex	9	2	4
Hirudinea	1	-	-
Ephemeroptera	1	-	-
Mollusca	17	-	1
Annelida	-	1	-
Hydrachnidae	-	-	2

На рисунке 3 представлены результаты анализа проб грунта по каждой из точек исследования в количественном соотношении.

Считается, что доля олигохет тем больше, чем сильнее загрязнены вода и дно органическими веществами, которыми они питаются. Они обитают в основном в пресноводных водоемах и в почвах, а также предпочитают мелководные зоны с достаточным уровнем насыщения воды кислородом, но встречаются и формы, которые могут жить на 22 значительных глубинах, где преобладают анаэробные условия. Класс Пиявки распространен в пресноводных водоемах – реках, озерах, ручьях и болотах. Пиявки – свободноживущие черви, они могут как паразитировать на моллюсках, ракообразных, рыбах, так и питаться червями, маленькими моллюсками, личинками водных насекомых.

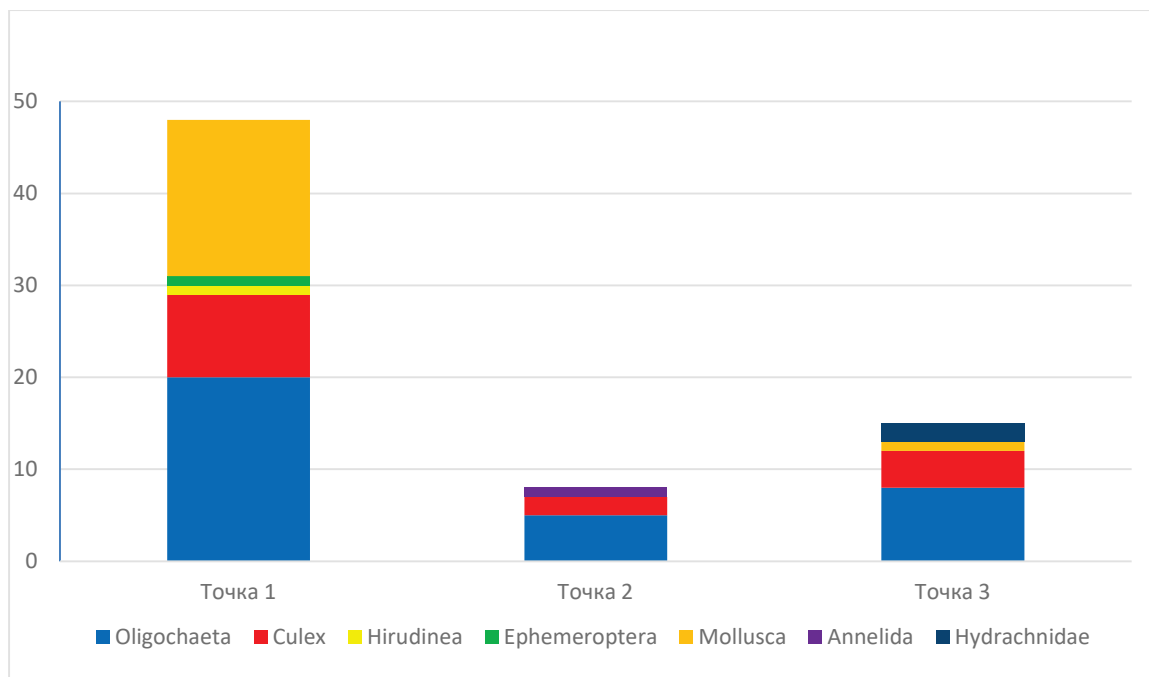


Рис. 3. Количественное соотношение зообентосных организмов

Поденки относятся к пресноводным формам насекомых. Они играют важную роль как кормовая база многих видов рыб. Сами же они питаются водорослями, растительным детритом, мелкими беспозвоночными и личинками других водных насекомых. Личинки поденок менее устойчивы к загрязнению водного объекта, поэтому их считают индикаторами в индексе Вудивисса. Водяные клещи широко распространены, встречаются в больших водоемах, в прудах, густо заросших растительностью. Моллюски играют важную роль в формировании качества воды и биопродуктивности водных экосистем за счет высокой биомассы. Обитают в водоемах с постоянной мезасопробной зоной с относительно стабильным водным, химическим и кислородным режимом [3]. Личинки комара питаются одноклеточными водорослями, разлагающейся растительной органикой. Более устойчивы к загрязнению, но погибают при сильном загрязнении воды нефтепродуктами, так как пленка не дает им дышать.

Из таблицы 2 можно увидеть, что самое большое разнообразие организмов в точке 1 (центральный пляж). Индекс Гуднайта-Уотля был рассчитан по формуле $D_1 = \frac{n_0}{n_B}$, где n_0 – численность олигохет, а n_B – численность бентоса [4]. Таким образом, индекс равен 41,6 % - это значит, что класс качества воды 3 (умеренно грязная), а зона самоочищения бета мезасопробная. Для такой зоны соответствует слабое органическое загрязнение, большой объем кислорода и богатство видового разнообразия. Индекс Вудивисса равен 3, что соответствует 5 классу качества воды и степени загрязнения – грязная [5]. В данной точке вода умеренно загрязненная, она пригодна для купания, но для бытового использования, без должной обработки, не рекомендуется.

В точке 2 (Донской порт) индекс Гуднайта-Уотля равен 62,5 % - это значит, что класс качества воды 4 (загрязненная), а зона самоочищения альфа мезасопробная. Для этой зоны характерно значительное органическое загрязнение, нехватка кислорода, в воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы. Индекс Вудивисса равен 2, что соответствует 6 классу качества воды и степени загрязнения – очень грязная [5]. Таким образом, для данной точки характерно сильное загрязнение воды, что сказывается на численности и состоянии микроорганизмов, в основном преобладают организмы, устойчивые к загрязнению. Негативное воздействие здесь оказывает порт, в который приходят многие грузовые суда, именно из-за них происходит разлив нефтепродуктов, а также сброс балластных и других вод.

В точке 3 (судоремонтный завод «Моряк») индекс Гуднайта-Уотлея равен 53,3 % - это означает, что класс качества воды 4 (загрязненная), а зона самоочищения альфамезосапробная. Так же, как и в точке 2, для этой зоны характерно значительное органическое загрязнение, нехватка кислорода, в воде и донных отложениях протекают окислительно-восстановительные процессы. Индекс Вудивисса равен 2, что соответствует 6 классу качества воды и степени загрязнения – очень грязная [5]. Результаты вычислений пробы данной точки похожи с точкой 2, так как проба взята у судоремонтного завода. Вдобавок сюда добавляются разлив дизельных масел, попадание ржавчины и грязи с судна. Все эти факторы оказывают негативное воздействие на экосистемы прибрежной территории.

В дальнейшем, после определения индексов качества воды, были изучены результаты исследования качества воды, проведенные в прошлые годы разными исследователями. По результатам исследований «Министерства природных ресурсов и экологии Ростовской» в 2021 году, отчет которого приведен в Экологическом вестнике Дона [6]. Качество воды определялось категорией «грязная» [6]. Кислородный режим воды устьевого участка р. Дон в течение года был удовлетворительным. Минимальные концентрации растворенного в воде кислорода определялись в узком диапазоне – от 5,78 до 6,54 мг/дм³. Среднегодовое содержание взвешенных веществ определялось в диапазоне – от 23 до 31 мг/дм³, величина минерализации – 816–857 мг/дм³. Минерализация и жесткость в 1,5-3 раза превышают ПДК.

Для всего устьевого участка реки характерными являлись: нефтепродукты, органические вещества по ХПК и БПК₅. В большинстве створов наблюдения средние концентрации нитритного азота были 1-2 ПДК. Повторяемость превышения норматива для вышеперечисленных веществ составила 56–100 %.

Во всех створах участка обнаружена растворенная ртуть от значений, не превышающих норматив до 4,1 ПДК. В отчетном году зарегистрировано 2 случая ВЗ соединениями ртути в створе г. Ростов-на-Дону «0,5 км ниже впадения р. Темерник» и «1 км ниже города» и 3 случая ВЗ соединениями ртути максимальные концентрации достигали 3 и 4,1 ПДК. Причины ВЗ не установлены.

Среднегодовые концентрации соединений железа определялись в диапазоне от менее 1 до 2 ПДК, повторяемость при этом составила 30–67 % отобранных проб. Среднегодовые концентрации летучих фенолов были ниже 1 ПДК. Загрязнение соединениями цинка на уровне 1–2 ПДК наблюдалось в створах г. Ростов-на-Дону. Соединения меди в диапазоне от менее 1 до 3 ПДК наблюдались во всех створах устьевого участка реки в 8–55 % отобранных проб.

Содержание нитратного азота, фосфатов, хлоридов, СПАВ и хлорорганических пестицидов не превышало 1 ПДК или соответствовало нулевым значениям.

Проведенное исследование свидетельствует, что перифитон искусственных субстратов включает гидробионтов, которых можно использовать для мониторинга качества воды в поверхностных водотоках. Индекс сапробности определяется на участке реки, как альфа- и бета-мезосапробная зоны, что позволяет говорить об отсутствии значительного загрязнения реки Дон токсичными веществами. Результаты подкрепляются тем, что в других исследованиях прошлых лет говорится о загрязненности реки опасными веществами. Таким образом, проблема загрязненности реки Дон остается актуальной до сих пор. На дне реки отложились нерастворимые осадки, которые затрудняют развитие донной фауны.

Библиографический список

1. Картамышева, Е. С. Судно как источник загрязнения окружающей среды / Е. С. Картамышева, Д. С. Иванченко, Е. А. Бекетова // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 12-15.
2. Молоканов Л. В., Хицова Л. Н., Клепиков О. В., Платунин А. В. Санитарно-гигиеническая оценка качества воды в реке Девице бассейна верхнего Дона по сообществам перифитона искусственных субстратов // Здоровье населения и среда обитания – ЗНИСО. – 2019. – № 6 (315). – С. 37-41.

3. Романова Е. М., Индирякова О. А., Куранова А. П. Перспективность использования моллюсков в биоиндикации загрязнения водных объектов // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2008. – № 4 (20). – С.157-159.
4. Измайлова Н. Л., Ляшенко О. А., Антонов И. В. Биотестирование и биоиндикация состояния водных объектов: учебно-методическое пособие к лабораторным работам по прохождению учебной (ознакомительной) практики/ СПбГТУРП. – СПб., 2014. – 52 с.
5. Баканов А. И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов (обзор) // Биология внутренних вод. – 2000. – № 1 . – С. 68-82.
6. Фишкин М. В. О состоянии окружающей среды и природных ресурсов Ростовской области в 2020 году // Экологический вестник Дона. – 2021. – С. 62-116.

СОДЕРЖАНИЕ

Автамонова К. А. , руководитель: М. О. Слюта Применение нейронных сетей на производстве.....	3
Алимова А. Е., Рыжиков В. А. Высококвалифицированное сжигание твердых древесных отходов и отходов сортировки макулатуры, содержащих синтетические полимеры, в котлоагрегате БКЗ-85-13.....	6
Антончик А. И. , руководитель: Ю. Л. Морева Водоохранные мероприятия на нефтеперерабатывающих предприятиях.....	11
Ващинкина В. Д., Анурин Е. К. , руководители: Д. Я. Смирнова, Ю. Л. Морева Реконструкция локальных очистных сооружений гальванического производства машиностроительного предприятия.....	15
Гаврилина П. А. , руководитель: Г. А. Морозов Вертикальный ветрогенератор для выработки электроэнергии в прибрежных водах.....	18
Герман А. А. , руководитель: Ю. Л. Морева Современные комплексы дозирования реагентов.....	21
Дорощенко С. В. , руководитель: А. В. Епифанов Расчёт технологических нормативов сбросов при добыче и обогащении железных руд.....	27
Иванова А. Д. , руководитель: Ю. Л. Морева Разработка мероприятий по снижению нагрузки на централизованные очистные сооружения сульфитного ЦБК.....	30
Ильина А. А. , руководитель: А. В. Епифанов Нормирование сбросов сульфатно-целлюлозных комбинатов.....	35
Ким Д. А. , руководитель: В. А. Яковлев Изучение с помощью математической модели возможностей глубокой очистки дымовых газов от диоксида серы в трехступенчатой абсорбционной установке.....	38
Ковалева Д. О. , руководитель: О. А. Шанова Методы очистки окружающей среды от деятельности судостроительного предприятия.....	43
Коган А. А., Божко А. С. , руководители: Д. Я. Смирнова, Ю. Л. Морева Очистка сточных вод от мойки пассажирских составов.....	48
Кузнецов А. С. , руководитель: Е. Ю. Демьянцева Исследование коллагена в водно-солевых растворах	51

Кузнецова К. А. , руководитель: Ю. Л. Морева Анализ методов очистки воды от красителей.....	52
Курбанова А. К., Белова А. С. , руководители: О. А. Шанова, Ю. Л. Морева Методы очистки биогаза от примесей.....	56
Лисицына А. Ю. , руководитель: Е. Ю. Демьянцева Исследование эффекта Марангони при очистке поверхности воды от нефтепродуктов.....	61
Мазурик Д. И. , руководитель: А. Б. Дягилева Сравнительная характеристика посевных материалов, используемых при биологическом этапе рекультивации	63
Максимов Я. В. , руководитель: Г. А. Морозов Экономическая эффективность песчаного резервуара в возобновляемой энергетике.....	67
Мерзлая Д. М. , руководитель: А. М. Оробинский Способы применения гибких и плёночных гелиоэлементов, а также перовскитных солнечных батарей в автомобильном транспорте.....	70
Мозгушин М. А. , руководитель: А. В. Епифанов Обоснование метода расчета допустимой концентрации загрязняющих веществ при сбросе сточных вод в водоток	73
Муравлева З. Р. , руководитель Ю. Л. Морева Исследование сорбционных свойств гранулированного активированного угля после его восстановления.....	76
Немцева Э. О. , руководитель: Ю. Л. Морева Оценка негативного воздействия на окружающую среду деятельности золотообогатительной фабрики.....	80
Немцева Э. О. , руководитель: Ю. Л. Морева Анализ мероприятий по снижению негативного воздействия на окружающую среду для золотообогатительного комбината в условиях вечной мерзлоты.....	84
Никитин В. А., Дзюба В. И. , руководитель: Д. Я. Смирнова, Ю. Л. Морева Комплексная переработка био- и нефтешламов на нефтеперерабатывающем предприятии.....	89
Никитин В. А., Иванова К. А. , руководитель: Д. Я. Смирнова, Ю. Л. Морева Очистка сточных вод от автомойки.....	91
Николаева А. В. Организация и обеспечение мероприятий по локализации и готовности к ликвидации последствий аварии на комбинате по производству калийных удобрений	95

Новикова Н. Ю. , руководитель: Ю. Л. Морева Разработка решений по очистке сточных вод фармацевтического предприятия.....	98
Рудь А. В., Тарасова Е. Д. , руководитель: Е. Н. Волкова Солнечные батареи: прошлое, настоящее, будущее.....	101
Савинцева А. А. Подходы к оценке рисков в радиационной безопасности.....	104
Солдаткин С. Э., Недобоев П. С. , руководители: Д. Я. Смирнова, Ю. Л. Морева Система очистки бурового раствора с амбарным хранением отходов	108
Солнцев Н. А. , руководитель: О. А. Шанова Комплексные системы контроля и оценки влияния предприятий на окружающую среду.....	111
Терентьев Д. А. , руководители: Е. Д. Вахрушева, А. Б. Дягилева Синтез 30-триоктилфосфоний бромида 3, 28-бистрифторацетата бетулина.....	114
Федюченко Н. Р. Экологические проблемы при использовании АИЭ.....	117
Федюченко Н. Р. , руководитель: И. В. Антонов Сравнение результатов биоиндикации реки Дон в городе Достов-на-Дону с данными гидрохимического анализа.....	119

МАТЕРИАЛЫ
студенческой научно-практической конференции
«МОЙ ВКЛАД В НАУКУ – 2022»

2022

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

Научное электронное издание сетевого распространения

Системные требования:
электронное устройство с программным обеспечением
Для воспроизводства файлов формата PDF

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

Дата подписания к использованию 09.10.2023 г. Рег. 5070/23

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