

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Политехнический институт
Факультет «Механико-технологический»
Кафедра «Безопасность жизнедеятельности»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой БЖД
_____ / А.И. Сидоров /
«__» _____ 2018 г.

Оценка соответствия принципам НИДСТ (ВАТ-technology) систем очистки
сточных вод на коксохимическом предприятии

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР

Руководитель работы, доцент
_____ / А.И. Солдатов /
«__» _____ 2018 г.

Автор работы
студент группы П-459
_____ / И.О. Кудрявцев /
«__» _____ 2018 г.

Нормоконтролер, доцент
_____ / А.В. Кудряшов /
«__» _____ 2018 г.

АННОТАЦИЯ

Кудрявцев И.О. Оценка соответствия принципам НИДСТ (BAT-technology) систем очистки сточных вод на коксохимическом предприятии – Челябинск: ЮУрГУ, 2018г., 57 стр., 8 ил., 5 табл., библиогр. список – 22 наим., альбом иллюстраций – 14 листов.

В работе рассмотрены организационные и технологические основы коксохимического производства, методы очистки сточных вод. Рассмотрены основные принципы концепции Best Available Technology и возможность их внедрения в нашей стране.

Основное внимание уделено анализу существующих методов очистки сточных вод в коксохимическом производстве, а также тех методов, которые непосредственно применяются на исследуемом предприятии.

Проведен анализ нормативной документации по очистке сточных вод.

Кроме того, рассмотрены основные источники загрязнения сточных вод на коксохимическом предприятии и недостатки существующей технологии очистки сточных вод на исследуемом предприятии.

На основании результатов проведенного анализа разработаны рекомендации производству по улучшению качества очистки сточных вод.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Кудрявцев И.О.</i>			<i>Оценка соответствия принципам НИДСТ (BAT-technology) систем очистки сточных вод на коксохимическом предприятии</i>	<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Пров.</i>		<i>Солдатов А.И.</i>					3	57
<i>Н. контр.</i>		<i>Кудряшов А.В.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра БЖД</i>		
<i>Уте.</i>		<i>Сидоров А.И.</i>						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	7
1.1 Организационные и технологические основы коксохимического производства.....	7
1.2 Существующие методы очистки сточных вод в коксохимическом производстве	12
1.3 Концепция Best Available Technology.....	25
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	37
2.1 Характеристика предприятия.....	37
2.2 Анализ нормативной документации.....	39
3 ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ.....	43
4 НИДСТ (ВАТ-technology). РЕКОМЕНДАЦИИ.....	46
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	55
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	56

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы определяется тем, что действующая в России система нормирования негативных антропогенных воздействий на окружающую среду основывается на принципах гигиенического нормирования и исходит из реализации природоохранных технологий в конце технологического цикла, так называемых «технологий на конце трубы». Регулирование осуществляется по отдельным компонентам окружающей среды, что затрудняет соблюдение установленных требований, ложится тяжёлым административным бременем на природоохранные органы и объекты регулирования, не предусматривает участие общественности.

Значительное количество (около 2000) регулируемых веществ и универсальные правила выдачи разрешений для всех предприятий-загрязнителей (независимо от их размера и уровня оказываемого воздействия на окружающую среду) препятствует эффективному мониторингу соблюдения требований, заложенных в природоохранных разрешениях. Кроме того, ограничена координация между органами, выдающими разрешения по отдельным компонентам окружающей среды, и прочими участниками процесса.

В результате предприятиям устанавливаются жёсткие значения лимитов, которые для большинства из них являются недостижимыми, приводят к высокому уровню экологических платежей и не стимулируют хозяйствующие субъекты к снижению загрязнений окружающей среды. Сокращение сбросов/выбросов до уровня ПДК за счёт строительства сложных и дорогостоящих очистных сооружений приводят к нерентабельности основного производства, повышению доходов зарубежных производителей (по сути, к оттоку денег из России) и к потере конкурентоспособности промышленности Российской Федерации в целом.

Между тем, анализ зарубежного опыта показывает, что в настоящее время правовое регулирование уровня нагрузки на окружающую среду (выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы, размещение отходов и т.д.) производится с использованием стратегии наилучшей доступной технологии (НДТ). Эта стратегия есть прямой результат накопленного международного опыта и исследований, которые непосредственно связаны с применением стратегии реализации наиболее чистого производства или предотвращение загрязнения окружающей среды и образование отходов непосредственно на источнике.

Коксохимическое производство выпускает каменноугольный кока, коксовый газа бензол, этилен, различные масла, смолы и т.д. Продукция коксохимического производства может быть использована в качестве топлива или сырья для производства полимерных материалов, синтетических моющих средств, пестицидов, азотных удобрений и т.д. В качестве основной задачи коксохимического производства можно назвать переработку каменного угля с использованием метода коксования. В ходе технологических операций процесса коксования, таких как: промывка угля, тушение кокса, очистка газа от

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

сероводорода, ректификация смолы происходит загрязнение воды в основном летучими фенолами, аммиаком и смолами.

Так же она характеризуется повышенными концентрациями роданидов, сульфидов, хлоридов, наличием тиосульфатов и значением рН от 7,1 до 8,8.

Сточные воды коксохимических предприятий в основном складываются из пирогенетической влаги, технической воды и водяного пара. Факторами концентрации сточных вод являются: качество коксуемых углей, условия эксплуатации и многие другие.

Воды содержат различные примеси. Например: взвешенные вещества, масла и др. Многие из этих примесей являются вредными. Среди всех примесей, можно выделить фенолы, так как они являются наиболее вредными. Поэтому сточные воды коксохимического производства получили наименование «фенольные».

Присутствие в воде большого количества фенолов и других вредных примесей приводит к гибели животных и рыб. Кроме данных факторов, подвергнутая хлорированию питьевая вода, имеет очень неприятный вкус и специфический запах.

Объектом исследования является эколого-экономическая эффективность очистки сточных вод на предприятии ООО «Мечел-Кокс».

Цель работы – выполнение оценки технологии очистки сточных вод коксохимического производства ООО «Мечел-Кокс» в контексте критериев технологического нормирования концепции наилучших доступных технологий (ВАТ), используемой в странах ЕС, и разработка рекомендаций производству по улучшению качества очистки, адаптировав положительный опыт европейских государств с учетом территориальной, экономической и социальной специфики Челябинской области.

Задачи работы:

- рассмотреть организационные и технологические основы коксохимического производства;
- рассмотреть источники загрязнения сточных вод на коксохимическом предприятии;
- дать характеристику предприятия и рассмотреть применяемые методы очистки сточных вод на предприятии;
- провести анализ существующих методов очистки сточных вод в коксохимическом производстве;
- рассмотреть концепцию Best Available Technology для систем очистки воды;
- проанализировать нормативную документацию по очистке сточных вод;
- разработать рекомендации производству по улучшению качества очистки сточных вод.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Организационные и технологические основы коксохимического производства

Одним из способов переработки твердых горючих ископаемых является коксование.

Коксование – переработка жидких и твердых горючих ископаемых нагреванием при 900–1050 °С без доступа воздуха. Основные продукты коксохимии: кокс каменноугольный (76–78 %), коксовый газ (14–15 %), различные химические продукты (5–6 %), например, бензол, нафталин, антрацен, инденкумароновые смолы, каменноугольные масла.

Коксохимические предприятия, в соответствии с организационной структурой, могут существовать в качестве отдельных коксохимических и коксогазовых заводов, либо как коксохимическое производство в составе металлургического комбината. Коксохимическое предприятие имеет в своем составе основные (технологические), вспомогательные цехи (подразделения) и заводоуправление. Цех – это основное производственное подразделение предприятия. Участки и отделения могут существовать как самостоятельные подразделения, и могут быть в составе цехов.

Организация процессов и распределение оборудования (в производственных цехах, на участках и в отделениях) находится в прямой зависимости от сырья, принятой технологической схемы, а также объемов производства. Организационное оформление процессов и оборудования может меняться, как по объединению технологических и вспомогательных подразделений, так и по разделению однотипных цехов. Основными цехами на коксохимических предприятиях являются: углеподготовительный, углеобогащительный (углеобогащительная фабрика, УОФ), коксовый, улавливания химических продуктов коксования (цех улавливания); очистки коксового газа от сероводорода (цех сероочистки), переработки сырого бензола (цех ректификации), смолоперерабатывающий, пекококсовый. Некоторые коксохимические предприятия имеют в своем составе основные цехи по глубокой переработке углей и продуктов коксования: ректификации пиридиновых оснований, фталевого ангидрида, роданистых соединений, термоантрацитовый и др.

Рассмотрим в качестве примера технологический процесс бензольного отделения цеха улавливания.

Назначение бензольного отделения – очистка коксового газа от нафталина, улавливание бензольных углеводородов из коксового газа с получением сырого бензола.

В бензольном отделении производится охлаждение коксового газа в конечных газовых холодильниках и очистка от нафталина, затем улавливание бензольных углеводородов в бензольных скрубберах поглотительным маслом. Выделение бензольных углеводородов из поглотительного масла осуществляется на дистилляционных колоннах с получением сырого бензола.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

В составе бензольного отделения две очереди бензольных скрубберов для улавливания бензольных углеводородов из коксового газа и две очереди дистилляции для получения сырого бензола, а также склад сырого бензола (хранение сырого бензола).

Вырабатываемый сырой бензол отгружаться потребителям.

Улавливание бензольных углеводородов из коксового газа осуществляется в скрубберах с плоскопараллельной насадкой. В отделении работают два скруббера, в которых обеспечен принцип противотока газа и поглотителя (каменноугольного масла) и исключена возможность смешивания масла, стекающего из разных скрубберов.

Охлажденный до 20–30 °С и очищенный от нафталина в конечном газовом холодильнике коксовый газ поступает в бензольные скруббера для извлечения из него бензольных углеводородов каменноугольным поглотительным маслом. Коксовый газ через газораспределительное устройство поступает в нижнюю часть первого по ходу газа скруббера и последовательно переходит из одного скруббера в другой.

Обезбензоленное масло («дебензине») из сборника масла «дебензине» насосами подается через маслораспределительное устройство вверх последнего по ходу газа скруббера.

Для полноты улавливания бензольных углеводородов должно обеспечиваться равномерное и полное смачивание насадки маслом. Стекающее со скруббера № 2 масло собирается в нижней конусной части скруббера и насосами (взаимозаменяемые) подается вверх скруббера. Между газом и маслом в скрубберах достигается противоток, при котором газ с наименьшим содержанием бензола орошается маслом также с наименьшим содержанием бензольных углеводородов.

Со скруббера поглотительное масло самотеком поступает в сборник «бензине», откуда насосом подается в отделения дистилляции.

Газовые и масляные коммуникации оборудованы запорной арматурой, перекрытие которых позволяет выключить по газу и маслу любой из работающих скрубберов, не нарушая схемы нормальной работы всей установки.

При контакте с коксовым газом масло абсорбирует бензольные углеводороды, последовательно проходя через скрубберы, насыщается бензолом и из нижней части первого по ходу газа скруббера поступает в сборник насыщенного бензолом масла («бензине»), откуда насосами подается в дистилляционное отделение для десорбции из него бензольных углеводородов.

Газовый конденсат и выносимое поглотительное масло поступает в сепаратор, поглотительное масло сбрасывается в сборник «бензине», фенольная вода самотеком поступает в фенольную канализацию.

Выделение бензольных углеводородов из поглотительного масла осуществляется дистилляцией: она основана на разнице температур кипения бензольных углеводородов, выкипающих до 180 °С, и поглотительного масла, кипящего при более высокой температуре.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

Процесс дистилляции осуществляется в дистилляционной колонне. Насыщенное бензолом масло стекает по тарелкам сверху вниз, а острый пар, поднимаясь снизу-вверх, барботирует через слой жидкости на тарелках и увлекает с собой пары бензольных углеводородов. Ввод острого пара понижает температуру кипения смеси до 125–140 °С. Температура кипения смеси зависит от количества вводимого острого пара: чем больше количество последнего, тем ниже температура кипения смеси.

Увеличение количество острого пара, подаваемого в дистилляционную колонну, приводит к увеличению количества перегоняемого вещества, т.е. к улучшению степени обезбензоливания или к росту пропускной способности колонны по маслу при сохранении постоянной степени обезбензоливания.

Увеличение парциального давления паров перегоняемого вещества приводит к увеличению количества перегоняемого вещества. Так как парциальное давление паров является функцией температуры, то, следовательно, повышение температуры дистилляции приводит к росту количества отгоняемого вещества, т.е. к улучшению степени обезбензоливания или увеличению производительности колонны.

При сохранении количества перегоняемого вещества постоянным увеличение температуры дистилляции приводит к уменьшению количества острого пара и, наоборот, увеличение количества пара снижает температуру выделения бензольных углеводородов.

Насыщенное бензолом поглотительное масло насосом подается для подогрева в масляные секции дефлегматора, где масло нагревается за счет тепла паров, поступающих из бензольной колонны. Из секции дефлегматора масло поступает в теплообменники, где нагревается за счет тепла горячего масла, сходящего с бензольной колонны. После теплообменников масло поступает в паровые подогреватели (решоферы), где нагревается до необходимой температуры глухим паром среднего давления.

Насыщенное бензолом и нагретое в подогревателях до 135–145 °С поглотительное масло подаётся на третью тарелку сверху колонны и стекает по тарелкам вниз.

В нижнюю часть бензольной колонны через барботеры подается острый пар из паропровода низкого давления и выхода паров из регенератора. Пар продувает стекающее по тарелкам масло, при этом бензольные углеводороды, легкая часть поглотительного масла отгоняются и вместе с водяным паром. Пары воды, масла, нафталина и бензольных углеводородов после колонны поступают в дефлегматор трубчатого типа, в котором охлаждаются до температуры 86–88 °С. Нижние трубчатки дефлегматора охлаждаются маслом «бензине». Верхние – оборотной технической водой, количеством которой регулируется температура паров, уходящих из дефлегматора. При этом конденсируются пары масла (флегма) и часть водяных паров, которые направляются для разделения в демульсатор. Флегма возвращается в масло «бензине», а вода откачивается в цикл холодильников Рашига.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Пары сырого бензола из верхней части дефлегматора поступают в среднюю часть разделительной колонны, в которой сырой бензол разделяется на первый (БС-1) и второй (БС-2).

Из-под нижней тарелки второй бензол поступает в сепаратор разделительной колонны, отстаивается от воды, затем – в сборник, расположенный в основании разделительной колонны, далее – в сборник тяжелого бензола, откуда насосом откачивается на склад.

Вода после отстоя поступает в цикл градирни конечного газового холодильника.

Обезбензоленное масло («дебензине») с нижней части колонны поступает в трубчатку теплообменника, в котором в межтрубном пространстве нагревается масло «бензине».

В процессе существующей технологии подготовки и коксования угля, улавливания и переработки химических продуктов неизбежно образуются отходы. Количество этих отходов в процентах от массы сухой угольной шихты составляет: выбросы в атмосферу (пыль, углеводороды, оксиды углерода, серы и азота и т.п.) – 0,7–0,8; фенолсодержащие сточные воды – 30–40; отходы химических цехов (фусы, кислые смолки, кубовые остатки) – 0,25–0,28. Помимо указанных отходов до 35–50 % от массы готовой шихты составляют отходы углеобогащения.

Сточные воды коксохимического производства – одни из наиболее опасных (как источник загрязнения водоемов) и трудных с точки зрения их очистки среди промышленных сточных вод. Поэтому проблема очистки сточных вод коксохимического производства решается комплексом физико-химических (отстаивание, флотация, коагуляция) механических и биохимических способов, которые используются для очистки локальных стоков и общего фенольного стока на биохимических установках. Применяемые на производстве способы и эффективность очистки зависят от того, как в технологическом процессе используются очищенные сточные воды.

Большинство коксохимических предприятий используют очищенные сточные воды для тушения кокса. При этом объем образующихся при технологическом процессе сточных вод (0,4–0,5 м³ на 1 т кокса) соизмерим с теми потерями воды, которые происходят безвозвратно при тушении кокса. Поэтому те предприятия, которые реализуют технологию с мокрым тушением кокса, обеспечивают в принципе бессточность производства. В этом случае сточные воды, которые идут на тушение кокса, требуют очистки от летучих вредных веществ и не должны содержать соединения, разлагающиеся при контакте с раскаленным коксом с выделением вредных летучих компонентов.

Сточные воды коксовых цехов также используются для тушения кокса. Их очистка от частиц кокса и коксового шлама размером соответственно до 25 и 15 мм, которые относятся к механическим примесям, осуществляется в горизонтальных отстойниках. Типовым горизонтальным отстойником является отстойник, состоящий из двух секций и имеющий размеры в плане 5,3×12,5 м, общую глубину 4,5 м, в том числе проточной части – 1,25 м и осадочной – 2,95 м.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

низкая. Коксохимические фенолы, кроме того, представляют собой ценное сырье. Фенолы сточных вод коксохимических предприятий имеют следующий состав (в %): собственно фенол – 60–65, крезолы – 30–35, ксиленолы – 5.

Таблица 1 - Состав сточных вод различные цехов химического производства

Содержание, мг/дм ³	Источники воды						ПДК для водоемов, мг/дм ³
	После аммиач. колонны	Из цикла конечного охлаждения	Сепараторная бензол. отделения	Цех ректификации	Разгонка смол	Общ. сток фенол вод	
Фенолы	0,3–1,3	0,1–2,0	0,2–0,4	0,2–0,3	2–5	0,2–0,4	0,001
Аммиак летуч.	0,05–0,2	0,01–0,1	0,03–0,05	0,05–0,1	0,5	0,3	0,1
связан.	0,1–0,5	0,1–0,2	0,1–0,2	0,02	0,2	0,6	0,1
Сероводор.	0,02–	0,1	0,1	0,01	0,05	0,05	1
Тиоцианат-ион	0,05 0,4–0,6	0,1–0,2	0,1	Нет	0,05	0,2–0,4	1500
Цианид-ион	0,05– 0,02	0,1	0,15	следы	0,03	0,02– 0,04	0,2
БПК, мгО ₂ на 1 дм ³	1600	2000– 3000	2000	1000	2500– 7000	1000– 3000	2,0–6,0

Сточные воды, получаемые при полукоксовании или энерготехнологической переработке углей, отличаются следующим составом: общее содержание фенолов значительно выше – 2,6 г/дм³, в том числе 60–70 % фенола и его гомологов и 30–40 % двухатомных фенолов: пирокатехина, резорцина и их гомологов. Так как двухатомные фенолы используются в качестве сырья для эпоксидные, полиакрилатные, поликарбонатные, некоторые виды фенолоформальдегидных смол, а также для изготовления синтетических дубителей и лекарственных веществ, то выделение их из этих вод особенно важно.

1.2 Существующие методы очистки сточных вод в коксохимическом производстве

На данный момент известны следующие методы очистки сточных вод:

1) Механические методы

Механическая очистка предназначена для выделения из сточной воды нерастворимых минеральных и органических примесей.

Цель механической очистки состоит в подготовке производственных сточных вод к более глубокой очистки. Механическая очистка на современных очистных

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

станциях состоит из процеживания через решетки, пескоулавливания, отстаивания и фильтрования.

Как правило, механическая очистка обеспечивает выделение взвешенных веществ из этих вод до 90–95 % и снижение органических загрязнений до 20–25 %.

2) Химические методы

К основным методам химической очистки производственных сточных вод относят нейтрализацию, окисление и осаждение. Наиболее распространенным методом нейтрализации является метод известкования. Среди окислительных методов выделяют в основном хлорирование и озонирование.

Химическая очистка применяется в качестве самостоятельного метода перед процессом подачи сточных вод в систему оборотного водоснабжения коксохимического производства, а также непосредственно перед процессом спуска сточных вод предприятия в водные объекты. Применение химической очистки в ряде случаев целесообразно (в качестве предварительной) перед биологической, механической или другими методами очистки.

Производственные сточные воды могут содержать щелочи и кислоты. В большинстве кислых сточных вод содержатся соли тяжелых металлов, которые необходимо выделять.

Наиболее часто сточные воды загрязнены минеральными кислотами: серной, азотной, соляной, а так же смесями (агрессивные смеси).

При химической очистке применяют следующие способы нейтрализации:

- а) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;
- б) нейтрализация реагентами, фильтрование через нейтрализующие материалы.

Метод окисления. Окислительный метод очистки применяют для обезвреживания производственных сточных вод, содержащих токсичные примеси (простые) и комплексные цианиды, органические вещества или соединения, которые нецелесообразно извлекать из сточных вод, а также очищать другими методами (сероводород, сульфиды).

В практике обезвреживания производственных сточных вод в качестве окислителей используют хлор; гипохлорит кальция и натрия, хлорную известь, диоксид хлора, озон, технический кислород и кислород воздуха. Среди, других окислителей, которые применяются при очистке производственных сточных вод, можно назвать пероксид водорода, оксиды марганца, перманганат и бихромат кальция.

3) Физико-химические методы

Физико–химические методы играют значительную роль при очистке производственных сточных вод. Они применяются как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, химическими и биотехнологическими методами.

К физико–химическим методам относятся коагуляция, флокуляция, флотация, сорбция, включая ионный обмен, обратный осмос, экстракция, эванорация, электрохимические методы.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

4) Электрохимические методы

Для очистки сточных вод от различных растворимых и диспергированных примесей применяют процессы электролиза анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлокуляции и электродиализа. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока.

Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты при относительно простой автоматизированной технологической схеме очистки, без использования химических реагентов. Основным недостатком этих методов является большой расход электроэнергии.

Очистку сточных вод электрохимическими методами можно проводить периодически или непрерывно.

Эффективность электрохимических методов оценивается рядом факторов: плотностью тока, напряжением, коэффициентом полезного использования напряжения, выходом по току, выходом по энергии.

5) Физические методы

К ним относятся электрогидравлический, ультразвуковой, электростатический, радиационный, магнитный и термический методы.

6) Биотехнологические

Биологические методы очистки сточных вод основаны на естественных процессах жизнедеятельности гетеротрофных микроорганизмов. Микроорганизмы, обладают рядом особых свойств, из которых основным является способность потреблять в качестве источников питания самые разнообразные органические (и некоторые неорганические) соединения для получения энергии и обеспечения своего функционирования.

Рассмотрим существующие методы очистки сточных вод на коксохимических предприятиях.

Аэрация применяется в качестве предварительной обработки сточных вод для улучшения отстаивания. Предварительная аэрация фенольных вод осуществляется в отдельных емкостях – преаэраторах, располагаемых перед первичными отстойниками.

Надсмольные воды отделений конденсации и сепараторные воды смолоперерабатывающих цехов перед отведением в канализацию подвергаются регенеративной очистки в аммиачных колоннах и обесфеноливающих скрубберах с целью улавливания аммиака и фенолов в виде товарных продуктов.

Весьма перспективным способом очистки фенольных сточных вод на предприятиях коксохимии является способ экстракционной очистки.

Флотационные методы очистки от масел сточных вод обладают существенными технологическими достоинствами (простотой аппаратного оформления, высокой производительностью, отсутствием стадии регенерации) и возможностью довольно глубокой очистки сточных вод от диспергированных примесей – в пределах до полного удаления всех частиц, кроме высокодисперсных.

Биохимическая очистка осуществляется микробным способом на биохимических установках в составе предприятия с помощью специальных

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

комплексов бактерий и на городских или поселковых очистных сооружениях совместно с бытовыми и сточными водами с помощью активного ила.

Адсорбция является эффективным методом обесфеноливания сточных вод. Сорбентами могут служить активные угли, кокс, зола, шлаки, органические ионообменники – пермутит и вофатит и др.

Перспективным методом доочистки фенольных сточных вод является озонирование (химический метод очистки). При оптимальных параметрах процесса (рН около 12, температура – 50–55 °С) концентрация фенолов в сточной воде снижается с 200–300 до 0,1–0,2 мг/дм³.

Как видно из изложенного выше, в настоящее время применяются различные способы очистки сточных вод коксохимических предприятий.

Рассмотрим некоторые из методов подробнее.

Паровой метод обесфеноливания сточных вод.

Смысл этого метода заключается в том, что из нагретой сточной воды, фенолы выдуваются водяным паром, а потом смесь пара и фенолов проходит через поглотительный раствор гидроксида натрия, который реагирует с фенолами с образованием фенолятов. Степень обесфеноливания по этому методу обычно составляет 85–90 %. Аппарат, который используется в паровом методе – обесфеноливающий скруббер, который состоит из верхней испарительной части, где из сточной воды отделяются фенолы, и из нижней поглотительной части, где фенолы реагируют с раствором щелочи с образованием фенолятов. Таким образом, в обесфеноливающем скруббере используются 2 процесса: десорбция фенолов из воды в пар и абсорбция фенолов из пара раствором едкого натра.

Принципиальная схема установки пароциркуляционного обесфеноливания представлена на рисунке 2.

Надсмольная вода после аммиачных колонн поступает на верхнюю секцию 1 обесфеноливающего скруббера, затем стекает по насадке и взаимодействует с циркулирующим в аппарате паром. При этом происходит десорбция фенолов. Пар с помощью циркуляционного вентилятора 2 нагнетается в нижнюю секцию 3 того же скруббера. Здесь пар промывается сначала циркулирующим раствором фенолятов натрия, а затем – раствором 8%-ного NaOH.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

пара применяют раствор NaOH. Образующаяся при этом соль слабой кислоты (константы диссоциации фенола и его гомологов при 25 °С равны соответственно: для фенола – $1,15 \cdot 10^{-10}$, о-крезола – $0,63 \cdot 10^{-10}$, п-крезола – $0,98 \cdot 10^{-10}$) и сильного основания будет подвергаться гидролизу. В соответствующих условиях работы обесфеноливающего скруббера (102–105 °С) этот процесс усиливается. Единственным средством увеличения полноты извлечения фенолов из пара и подавления гидролиза может быть применение избытка щелочи.

Таким образом, высокая эффективность пароциркуляционного обесфеноливания достигается только при непрерывной подаче свободного от фенолов раствора щелочи на верхний ярус насадки нижней секции скруббера.

При использовании насадочного аппарата непрерывная подача оказывается невозможной из-за несоответствия количества раствора щелочи, который нужно подавать на орошение, и условий эффективной работы насадочного, аппарата.

Для иллюстрации произведем расчет. Необходимо извлечь фенолы из сточной воды, содержащей $1,5 \text{ г/дм}^3$ фенолов. Расход вод $30 \text{ м}^3/\text{ч}$. Для извлечения содержащихся в этой воде фенолов ($1,5 \cdot 30 = 45 \text{ кг/ч}$) при двукратном избытке щелочи и применении 10%-ного раствора потребуется $45 \cdot (40 \cdot 2/94) \cdot 10 = 382 \text{ кг/ч}$ раствора. В то же время для очистки $30 \text{ м}^3/\text{ч}$ воды требуется скруббер диаметром 4,5 м и сечением $15,8 \text{ м}^2$. Насадочные аппараты работают эффективно при плотности орошения не менее $1,2 \text{ м}^3/\text{м}^2$ сечения насадки. Следовательно, для обеспечения нормальной работы аппарата необходимо подавать не менее 20 м^3 раствора щелочи, т.е. почти в 60 раз больше расчетного.

На некоторых заводах используют периодическую подачу щелочи на верхний ярус насадки (насос включается каждые 15 мин и работает некоторое время). При этом кратковременно обеспечивается орошение насадки щелочью, но затем, когда подача щелочи прекращается, полнота улавливания фенолов резко ухудшается.

Единственным средством ликвидации существующего противоречия является применение аппаратов с тарелками в. нижней секции. Тарелки стабильно работают при небольшом орошении (особенно колпачковые и клапанные). Аппарат такого типа позволяет извлекать фенолы из сточных вод на 95–99 % благодаря непрерывной подаче щелочи и созданию на верхних тарелках нижней секции аппарата многократного избытка щелочи.

На работу обесфеноливающего скруббера существенно влияет степень десорбции аммиака в аммиачной колонне. Дело в том, что «летучий» аммиак в надсмольной воде находится в виде бикарбоната и гидросульфида аммония. При недостаточной полноте десорбции аммиака они также не полностью удаляются в аммиачной колонне. В результате происходит их десорбция в верхней части скруббера. Однако как угольная кислота, так и сероводород – более сильные кислоты, чем фенол. Поэтому они взаимодействуют со щелочью, образуя нелетучие гидрокарбонат и гидросульфид натрия. В результате увеличивается общий расход щелочи или уменьшается полнота десорбции фенолов из надсмольной воды. Для удовлетворительной работы обесфеноливающего скруббера нужно, чтобы содержание летучего аммиака в поступающей воде было не выше $0,1 \text{ г/дм}^3$.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

Пароциркуляционное обесфеноливание отличается простотой эксплуатации. Установка включает небольшое число аппаратов. Обесфеноливаемая вода не соприкасается с реагентами. Затраты на обесфеноливание сточных вод этим методом при хорошо налаженном технологическом режиме компенсируются стоимостью полученных фенолятов, если начальная концентрация фенолов в очищаемых водах не менее 1,8 г/дм³.

Недостаток пароциркуляционного обесфеноливания состоит в том, что в скруббер поступает надсмольная вода, из которой уже десорбирована часть фенолов. Эти фенолы отгоняются вместе с аммиаком в аммиачной колонне, и, попадая либо в пиридиновые основания, либо в коксовый газ, они не могут быть утилизированы.

Надсмольная вода после обесфеноливающего скруббера, как правило, передается на установку биохимического обесфеноливания. На ряде предприятий содержание фенолов в воде составляет менее 1 г/дм³, поэтому там не проводится пароциркуляционное обесфеноливание и надсмольная вода направляется после аммиачных колонн непосредственно на биохимические установки.

Итак, достоинства парового метода:

- простота аппаратного оформления;
- автоматизированное ведение процесса;
- вода не соприкасается с реагентами;
- феноляты не содержат механических примесей.

Недостатки:

- невозможность обеспечения полного обесфеноливания;
- часть фенолов теряется в дистилляционной аммиачной колонне перед обесфеноливанием воды, потери фенолов могут достигать 15–25 % от их ресурсов в воде.

В промышленности полукоксования и отчасти в коксохимической пользуются экстракционным обесфеноливанием сточных вод. При этом важной задачей является выбор экстрагента. Последний должен быть дешевым, доступным, практически нерастворимым в воде, стабильным, относительно мало летучим и обладать высоким коэффициентом распределения. Как известно, общей особенностью процессов экстракции является стабильность коэффициента распределения, который численно равен (для обесфеноливания воды):

$$K_{расп} = C_p / C_v,$$

где C_p , C_v – равновесные концентрации фенола в растворителе и воде.

Чем выше $K_{расп}$, тем меньший объем растворителя необходим для контакта с водой, тем больше будет концентрация фенолов в экстракте и тем меньшими будут затраты на регенерацию растворителя и выделение фенолов.

Любые экстракционные схемы включают стадию регенерации растворителя. При этом для регенерации может быть использована либо отгонка растворителя от фенолов, либо экстракция фенолов из растворителя раствором щелочи. Первый прием можно применять только при высокой концентрации фенолов в растворителе (не менее 15–20 %).

Выбор схемы регенерации оказывает решающее влияние на экономику процесса из-за высокой стоимости растворителей. В таблице 2 приводятся некоторые характеристики используемых растворителей.

Таблица 2 - Характеристика растворителей для извлечения фенолов

Растворители	$K_{расп}$	Содержание фенолов при насыщении*, %	Условия применения и ограничения
Бензол	2,2	1,1	Коксохимия, регенерация щелочью
Ацетаты	36–50	18–25	Очистка сточных вод, свободных от аммиака (из-за опасности гидролиза)
Простые эфиры (диизопропиловый эфир и др.)	18–25	9–13	Любые сточные воды, регенерация щелочью
Высшие спирты (C_6-C_{15})	15–20	7–10	То же

* Содержание фенолов в воде 5 г/л (максимальное).

Таким образом, для экстракции фенолов в коксохимической промышленности могут применяться бензол и другие углеводороды, простые эфиры и спирты. Применение сложных эфиров не может быть рекомендовано вследствие их гидролиза под действием аммиака или солей аммония и значительных потерь экстрагента. Регенерация с помощью ректификации применяется только при использовании сложных эфиров.

Применение сложных и простых эфиров приобретает особое значение при экстракции двухатомных фенолов, хорошо растворимых в воде. Коэффициенты распределения их между экстрагентом и водой много меньше, чем, например, у фенола.

На коксохимических предприятиях за рубежом преимущественно пользуются бензолом, хотя он обладает и многими недостатками (летучесть, частичная растворимость в воде), из-за его доступности. В последнее время вследствие токсичности бензола его заменяют гомологами бензола или высшими спиртами.

Как правило, экстрагенты подаются в больших количествах, чем это определяется условиями равновесия, и содержание фенолов в растворителе в 1,5–2 раза меньше максимально возможного. Экстракция – физический процесс, поэтому высокая полнота экстракции фенолов и необходимое насыщение растворителя достигается только при использовании многоступенчатых (5–8 теоретических ступеней) противоточных аппаратов или установок.

Для этой цели применяются аппараты различных типов, включая насадочные колонны, ротационно-дисковые экстракторы, колонны с перфорированными тарелками, инъекционные аппараты, пульсационные колонны с пульсацией жидкости и пульсацией сит.

Общим недостатком этих конструкций является сравнительно малая скорость встречных потоков, определяемая разностью плотностей и составляющая

0,02–0,05 м/с, что приводит к необходимости увеличения диаметра аппарата. По этой же причине в насадочных или тарельчатых аппаратах оказывается невысокой интенсивность массообмена. Пульсационные аппараты и аппараты с мешалками позволяют увеличить интенсивность массообмена, но при этом рост интенсивности ограничивается трудностью разделения образующихся эмульсий вода–растворитель. Это противоречие было разрешено при использовании центробежных противоточных экстракторов.

В центробежном поле интенсивность массообмена возрастает пропорционально фактору разделения, который в 100–500 раз превышает напряженность поля земного тяготения.

Соответственно увеличивается и скорость встречного движения и расслоения фаз. Центробежные экстракторы отличаются компактностью. Так, для установки производительностью по воде 30 м³/ч требуются либо центробежные экстракторы с ротором диаметром 1250 мм и длиной 1000 мм, либо экстракционные колонны высотой 20 м и диаметром 2 м. Суммарное количество бензола либо другого растворителя в системе в первом случае составляет 4 м³, а во втором – около 200 м³. Поэтому при применении центробежных экстракторов значительно уменьшается первоначальная стоимость установки и сокращается ее пожароопасность. С помощью экстракторов содержание фенолов снижается от 2520 до 36 мг/дм³, или на 98,6 %.

Стоимость центробежных и колонных экстракторов примерно одинакова из-за большей сложности изготовления первых, но расход металла ниже в 5–10 раз. При использовании центробежных экстракторов нужна тщательная предварительная очистка воды от твердых частиц и смолы. Потери растворителя составляют около 0,25 кг/м³ очищенной воды.

Расход щелочи близок к теоретическому. В экстракционных установках перерабатывается вода до поступления ее в аммиачную колонну, что позволяет использовать все растворенные в воде фенолы.

Стоимость извлечения фенолов бензолом из надмольной воды на 10–15 % выше, чем при использовании пароциркуляционного метода.

На предприятиях полукоксования и гидрогенизации, где образуются воды с высоким содержанием фенолов (и особенно двухатомных), экстракционное обесфеноливание – единственный возможный процесс, позволяющий экономически рентабельно извлекать фенолы.

Достоинства экстракционных методов:

- высокая степень обесфеноливания воды;
- более высокая выработка фенолов, поскольку извлечение их из воды осуществляется до аммиачной колонны, чем исключаются потери фенолов, имеющиеся при паровом методе.

Недостатки:

- сложность технологической схемы;
- большое количество используемых растворителей в большей или меньшей степени растворяется в воде.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Биохимическое окисление – широко применяемый на практике метод очистки производственных сточных вод. Главным действующим началом при биохимической очистке являются микроорганизмы, использующие в качестве питательных веществ и источников энергии растворенные органические и неорганические соединения. Из них микроорганизмы берут все необходимое для размножения, увеличивая при этом активную биомассу.

Загрязняющие сточную воду вещества при их аэробной биохимической очистке окисляются активным илом, представляющим собой биоценоз, обильно заселенный микроорганизмами. Активный ил разрушает органические и неорганические соединения в специальных сооружениях – аэротенках – в условиях аэрации воздухом сточной воды и ила, находящегося благодаря аэрации во взвешенном состоянии. В процессе очистки микроорганизмы активного ила, контактируя с органическими и неорганическими веществами сточных вод, разрушают их при помощи различных ферментов.

Для создания протоплазмы клетке микроорганизмов нужны биогенные элементы: углерод, азот, кислород, водород, фосфор, калий, железо, магний и различные микроэлементы. Многие из этих элементов бактериальная клетка может почерпнуть из загрязнений сточных вод коксохимического производства. Недостающие элементы, чаще всего фосфор и реже калий, приходится добавлять в очищаемую сточную воду в виде ортофосфорной кислоты и соли (марганцовокислый калий).

Для нормального процесса синтеза клеточного вещества, а следовательно, и для эффективного процесса очистки сточной воды в среде должна быть достаточная концентрация всех основных биогенных элементов, которая для сточных вод коксохимического производства определяется соотношением:

$$\text{БПК полн: N: P} = 100: 5: 1 \quad (1)$$

где БПК – полная биологическая потребность в кислороде, (мг О)/л;

N – концентрация азота, мг/л;

P – концентрация фосфора, мг/л.

Способ биохимической очистки обычно применяется для очистки промышленных сточных вод после обработки их физико-химическими методами, при помощи которых из вод удаляются не поддающиеся биологическому разрушению токсичные вещества и снижается концентрация загрязнений. Возможность биохимической очистки сточных вод определяется соотношением БПК полного к ХПК, которое должно быть меньше 0,4.

К числу преимуществ метода биохимической очистки относится способность разрушать различные классы органических соединений, однако, ряд органических соединений не подвергаются биохимическому окислению. Отдельные органические соединения распадаются, но продукты распада не окисляются до углекислого газа и воды. Эти продукты распада могут быть иногда даже более токсичны, чем исходные вещества. Иногда биохимическое окисление невозможно из-за высокой концентрации загрязнений в сточной воде, оказывающей токсичное влияние на микроорганизмы.

Биохимический распад того или иного вещества зависит от ряда химических и физических факторов, как, например, наличия функциональных групп в молекуле, величины молекулы и ее структуры, растворимости вещества, образования промежуточных продуктов и их взаимодействия и других. Образование промежуточных продуктов обуславливается также биологическими факторами – сложностью обменных процессов в клетках микроорганизмов, вариабельностью штаммов бактерий, влиянием среды и длительностью адаптации микроорганизмов. Рассмотрим литературные данные о связи структуры некоторых веществ, содержащихся в сточных водах коксохимического производства, и их способности к биохимическому распаду. Экспериментально доказано, что бензол в незначительной степени окисляется микроорганизмами, производные его с короткой боковой цепью, например, толуол, разлагаются несколько легче. Двухатомные фенолы успешно окисляются адаптированным комплексом бактерий, причем пирокатехин вдвое быстрее, чем резорцин. Наиболее трудно окисляется гидрохинон. При окислении многоатомных фенолов образуются окрашенные хиноидные соединения. Возможность биохимического окисления фенола известна уже давно. В нашей стране для очистки от фенола сточных вод коксохимического производства с 1952 года используется бактериальный комплекс – фенолразрушающие микроорганизмы, выделенные из почвы коксохимического завода Киевским институтом общей и коммунальной гигиены (Путилиной Н.Т. с сотрудниками). Применяв этот комплекс для обогащения активного ила, нарастающего при очистке фенольной сточной воды в аэротенках, Киевский институт общей и коммунальной гигиены и Гипрококс назвали метод очистки «микробным». Это условное название употребляется и до настоящего времени, хотя по существу это биохимическая очистка активным илом, обогащенным фенол – и роданразрушающими микроорганизмами.

Работами многих исследователей установлена последовательность разрушения фенола микроорганизмами и выделены образующиеся при этом промежуточные продукты. Биохимическое окисление фенола идет стадийно через пирокатехин, цис-цис-муконовую кислоту, лактон, β -кетoadипиновую кислоту, янтарную кислоту, уксусную кислоту. Конечными продуктами биохимического окисления фенола являются углекислый газ и вода.

В сточных водах коксохимического производства содержатся роданиды. Исследования показали, что биохимическое окисление последних роданразрушающими микроорганизмами идет с образованием ионов аммония и сульфата. Эффективность биохимической очистки зависит от ряда факторов, основными из которых являются: температура, реакция среды (рН), кислородный режим, наличие биогенных элементов и токсичных веществ, уровень питания.

Оптимальной температурой, при которой хорошо развиваются фенол – и роданразрушающие микроорганизмы, является 30–35 °С. Активная жизнедеятельность данных микроорганизмов сохраняется при 20–40 °С. Если температурный режим не соответствует оптимальному, то рост культуры, а также скорость обменных процессов в клетке заметно ниже расчетных значений. Наиболее неблагоприятное влияние на развитие культуры оказывает резкое

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

изменение температуры. При аэробной очистке отрицательное влияние повышенной температуры усугубляется еще вследствие соответствующего уменьшения растворимости кислорода.

Концентрация водородных ионов (рН) существенно влияет на развитие микроорганизмов. Фенол – и роданразрушающие микроорганизмы лучше всего развиваются в среде с рН 6,5–8,0. Отклонение рН за пределы 6–9 влечет за собой уменьшение скорости окисления вследствие замедления обменных процессов в клетке, нарушения проницаемости ее цитоплазматической мембраны и др., что приводит к ухудшению биохимической очистки. При рН ниже 5 и выше 10 происходит гибель микроорганизмов. Если значения температуры и рН выходят за пределы оптимальных и, особенно, допустимых величин, необходимо корректировать эти параметры в сточных водах, поступающих на биохимическую очистку. В фенольных сточных водах коксохимического производства содержится значительное количество аммиака и солей аммония; незначительное количество аммонийного азота потребляется в процессе жизнедеятельности фенол – и роданразрушающих микробов, но одновременно при окислении роданидов из азота роданид-ионов образуется дополнительное количество аммонийного азота. По существующим нормам сброса сточных вод в городскую канализацию для доочистки на городских очистных сооружениях содержание аммонийного азота в очищенных фенольных водах на 2 и более порядков выше допустимого.

Полная биохимическая очистка сточных вод от аммонийного азота включает две стадии: нитрификацию – окисление аммонийного азота под действием нитрифицирующих бактерий в присутствии кислорода воздуха вначале до нитритов, а затем до нитратов; денитрификацию – восстановление нитритов и нитратов под действием комплекса денитрифицирующих бактерий в присутствии необходимого количества органических соединений. Процесс нитрификации успешно протекает при рН 7–9; при окислении аммонийного азота до нитритов происходит образование кислоты (из двух молей азота по реакции образуется четыре моля водородного иона), которую необходимо нейтрализовать для нормального протекания процесса нитрификации. При денитрификации происходит образование гидроксильного иона (по реакции при восстановлении двух молей нитратов до атомарного азота выделяется два гидроксильных иона OH^-), то есть некоторая компенсация потерянной при нитрификации щелочности воды. Поэтому для уменьшения расхода щелочных агентов на стадии нитрификации необходимо организовать процесс очистки таким образом, чтобы максимально использовать щелочность, образующуюся на стадии денитрификации. При денитрификации можно исключить подачу кислорода воздуха или оставить ее в незначительном количестве, поскольку денитрифицирующие бактерии используют кислород, связанный в нитриты и нитраты. По данным ВУХИН при денитрификации содержание кислорода в воде не должно превышать 0,1 мг/л.

В качестве органического питания на стадии денитрификации предложен ряд легкоокисляемых органических соединений, а также избыточный активный ил

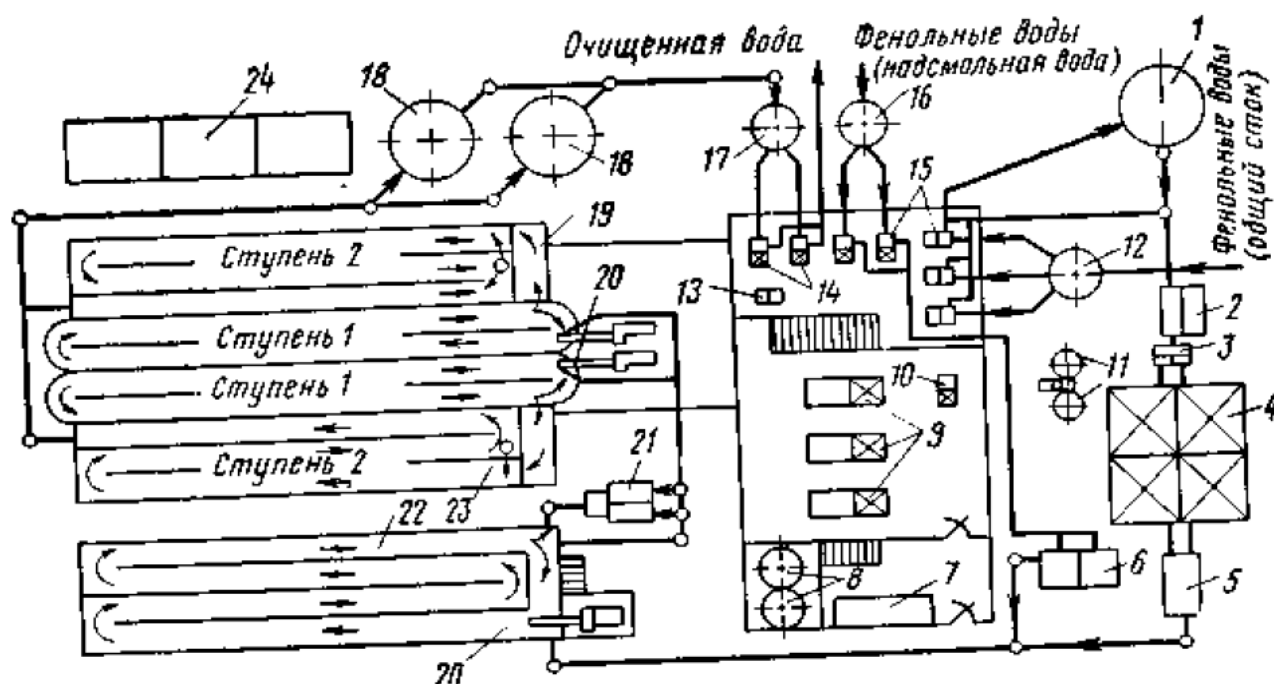
					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

или часть неочищенной фенольной воды. В процессе потребления микроорганизмами питательных веществ, содержащихся в сточных водах, в микробной клетке протекают два взаимосвязанных и одновременно происходящих процесса – синтез протоплазмы и окисление органических веществ. В процессе окисления клетки потребляют кислород, растворенный в сточной воде. В аэробных биологических системах подача воздуха (а также чистого кислорода или воздуха, обогащенного кислородом) должна обеспечивать постоянное наличие в воде растворенного кислорода не ниже 2 мг/л. Система аэрации обеспечивает также перемешивание воды и постоянное поддержание ила во взвешенном состоянии.

В технической литературе за меру уровня питания принимают величину суточной нагрузки по загрязнению в расчете на 1 м³ очистного сооружения, или на 1 г сухой биомассы, или на 1 г беззольной части биомассы. В практике оценки очистных сооружений коксохимических предприятий оперирует, в основном, величиной суточной нагрузки по отдельным загрязнениям и по ХПК на 1 м³ аэротенка, которую принято называть окислительной мощностью сооружения. Обычно эту величину выражают в килограммах кислорода на 1 м³ в сутки (кгО)/м³ в сутки).

Технологическая схема установки для обесфеноливания сточных вод биохимическим методом представлена на рисунке 4.

Токсичным действием на биохимическое окисление могут обладать как органические, так и неорганические соединения, а также металлы. В результате токсичного действия веществ задерживается рост и развитие микроорганизмов или они погибают. В сточных водах коксохимического предприятия содержится большое количество веществ, которые тормозят развитие микроорганизмов, а некоторые могут привести к их гибели.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Рисунок 4 – Технологическая схема установки для обесфеноливания сточных вод биохимическим методом: 1 – уравнильный резервуар; 2 – песколовка; 3 – распределительная камера; 4 – первичный отстойник; 5 – маслоотделитель; 6 – холодильники для охлаждения надсмольной воды; 7 – склад суперфосфата; 8 – баки для приготовления раствора суперфосфата; 9 – воздуходувки; 10 – насос для откачки смолы и масла; 11 – сборники смолы и масел; 12 – сборник фенольных вод; 15 – насосы для перекачки фенольных вод; 16 – сборник надсмольной воды; 17 – сборник очищенной воды; 18 – вторичные отстойники; 19 – биологический бассейн (из двух отделений); 20 – пропеллерные насосы; 21 – запасные емкости для фенолразрушающих и роданразрушающих микробов; 22 – усреднитель; 23 – эрлифт; 24 – дренажные площадки

Отрицательное воздействие на процесс биохимической очистки сточных вод оказывает повышенная минерализация стока. Верхним пределом минерализации производственных сточных вод, поступающих в аэротенки, считается содержание солей в количестве 10 г/л. Резкие колебания в степени минерализации неблагоприятно отражаются на качестве очищенного стока. Осмотический шок, вызываемый минеральными солями, приводит к выделению органического вещества из клеток ила, что ведет к нарушению окислительных процессов. Низкие гидравлические нагрузки и высокие концентрации активного ила делают менее заметным влияние повышенных концентраций солей на эффективность работы аэротенков. Самыми важными факторами формирования биоценоза илов биохимических установок являются состав очищаемых сточных вод и величина нагрузки на ил. Действие других факторов – температуры, перемешивания, концентрации растворенного кислорода – практически не изменяет качественного состава илов, но влияет на количественное соотношение различных групп микроорганизмов. Основными факторами, влияющими на продолжительность процесса биохимической очистки, являются концентрация поступающих загрязнений, необходимая степень очистки, химическая природа загрязнения и концентрация активного ила.

Для проектирования биохимических установок коксохимических предприятий обычно принимается следующий состав сточных вод, поступающих в аэротенки (в мг/л): фенолы 400, роданиды 400, цианиды 20, общие масла 35, аммиак летучий до 250, аммиак общий 500, ХПК 3000. Состав очищенной воды по основным загрязнениям при проектировании современных биохимических установок (в мг/л): фенолы 0,5–2; роданиды 1–3; цианиды до 5, общие масла 10–20, ХПК 300–500. Общая загрязненность сточных вод до и после очистки достаточно полно характеризуется аналитически определяемой величиной ХПК (химической потребности в кислороде для окисления). Для биохимического окисления веществ обобщающим показателем обычно является величина БПК (биологической потребности в кислороде), которая определяется экспериментально при биохимическом окислении веществ в течение 5–ти суток – БПК 5, 20–ти суток – БПК 20 или БПК полн.). В фенольных стоках коксохимического производства большая часть загрязнений биохимически трудно окисляется, поэтому для этих

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

вод более показательна величина ХПК. Определенное представление о некоторых веществах в сточных водах коксохим производства дают литературные данные об удельных значениях ХПК отдельных веществ (в (мг О)/мг вещества), а также о соотношении БПК и ХПК – чем оно ниже, тем более легко происходит биохимическое окисление вещества.

Достоинства биохимического метода:

- несложное аппаратное оформление;
- невысокие эксплуатационные затраты.

Недостатки:

- необходимость предварительного удаления токсичных веществ;
- строгое соблюдение технологического режима очистки.

1.4 Концепция Best Available Technology

Концепция НДТ разрабатывалась и апробировалась с семидесятых годов XX века; понятие «новейшие экономически эффективные разработки» было впервые введено в Европейское законодательство ещё в 1976 году. Через 20 лет была принята Директива ЕС 96/61/ЕС «О комплексном предотвращении и сокращении загрязнения окружающей среды». В 2008 году Директива была кодифицирована; в нее были также внесены изменения, отражающие развитие законодательства ЕС.

В настоящее время действует редакция 2008/1/ЕС.

Определение, данное в Директиве, звучит следующим образом: «Наиболее эффективные новейшие разработки для различных видов деятельности, процессов и способов функционирования, которые свидетельствуют о практической целесообразности использования конкретных технологий в качестве базы для установления разрешений на выбросы/сбросы (загрязняющих веществ) в окружающую среду с целью предотвращения загрязнения, или, когда предотвращение практически невозможно, минимизации выбросов/ сбросов в окружающую среду в целом». При этом под «технологией» понимается как используемая технология, так и способ, с помощью которого объект спроектирован, построен, эксплуатируется и выводится из эксплуатации. Под «доступной» понимается технология, которая достигла уровня, позволяющего обеспечить ее внедрение в соответствующем секторе промышленности с учетом экономической и технической обоснованности, принимая во внимание затраты и преимущества; при этом субъект хозяйственной деятельности, на котором предполагается внедрение такой технологии, должен иметь к ней доступ, вне зависимости от того, разработана ли обсуждаемая технология в том государстве-члене ЕС, в котором предполагается ее использование. Наконец, под «наилучшей» понимается технология, основанная на достижении общего высокого уровня защиты окружающей среды.

Директива 2008/1/ЕС представляет собой эффективный инструмент природоохранного управления государств-членов ЕС. В отличие от ряда других документов, направленных на защиту водного бассейна, воздуха, минимизацию отходов, Директива исповедует комплексный подход к окружающей среде как к

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

целому и описывает процедуру выдачи промышленным предприятиям комплексных разрешений на все виды воздействия на окружающую среду.

Действие Директивы распространяется на все крупные предприятия, которые относятся к категории оказывающих значительное негативное воздействие на окружающую среду и потребляющих большие количества энергии и сырья. Такие предприятия обязаны неукоснительно соблюдать требования Директивы (изложенные в самом общем виде). Соблюдение требований основано на том, что предприятия должны получить так называемые комплексные разрешения (на выбросы, сбросы, размещение отходов) и жестко следовать требованиям, описанным в этих документах.

В процессе выдачи комплексных разрешений на выбросы/сбросы и размещение отходов для европейских предприятий участвуют следующие стороны:

- компетентные органы (как правило, региональные или местные департаменты министерств (агентств) по охране окружающей среды) 25 государств-членов ЕС, непосредственно отвечающие за выдачу разрешений на основе НДТ;

- Европейская Комиссия и, в частности, Директорат по окружающей среде (подразделение G.2 «Промышленность»), в задачу которых входит мониторинг выполнения Директив ЕС странами-членами;

- эксперты стран-членов из национальных министерств (агентств) охраны окружающей среды, других государственных ведомств и промышленности, обеспечивающие сбор и обмен информацией о НДТ;

- общественные экологические организации, участвующие в обмене информацией о НДТ и общественном обсуждении проектов разрешений;

- Форум по обмену информацией, созданный в соответствии с решением Европейской комиссии;

- Европейское бюро по предотвращению и контролю загрязнения (КПКЗ) окружающей среды и Совместный исследовательский центр ЕС в Севилье (Испания);

- экспертная группа КПКЗ и информационная сеть по вопросам применения европейского природоохранного законодательства.

Ко всем вновь создаваемым объектам предъявляется требование соответствия наилучшей доступной технологии.

Важным элементом директивы 2008/1/ЕС является перечень критериев, в соответствии с которыми следует оценивать, является ли данная технология наилучшей доступной.

К числу критериев НДТ, кроме соотношения издержек и выгод, в частности, относятся:

- использование малоотходной технологии;
- использование веществ, в наименьшей степени опасных для человека и окружающей среды;
- возможность регенерации и рециклинга веществ, используемых в процессе;

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

- предыдущее успешное использование в промышленном масштабе сопоставимых процессов, установок, методов управления;
- технологические преимущества и повышение уровня научных знаний;
- природа, характер воздействия и удельные значения масс выбросов и сбросов, связанных с процессом;
- срок ввода в эксплуатацию для новых и существующих установок;
- сроки внедрения НДТ;
- потребление и характер сырья (включая воду), используемого в процессе;
- энергоэффективность;
- общее негативное воздействие выбросов/сбросов на окружающую среду и связанные с этим риски;
- вероятность аварий и связанные с этим риски.

Следует подчеркнуть, что использование НДТ предприятием не является альтернативой соблюдения нормативов качества окружающей среды. Директива 2008/1/ЕС прямо указывает на то, что если обеспечение нормативов качества окружающей среды требует более жестких условий разрешения, чем могут быть достигнуты с помощью НДТ, то в разрешении могут быть потребованы «выполнение дополнительных мероприятий без ущерба другим мерам, которые могут быть предприняты для соблюдения нормативов качества окружающей среды». Тем самым качество окружающей среды остается на первом месте. Само понятие «нормативов качества окружающей среды» является достаточно широким и определено как «набор требований обязательных для выполнения в данное время для данной окружающей среды или ее части, соответствии с законодательством ЕС».

В соответствии со статьей 16 (2) Директивы 2008/1/ЕС необходимо, чтобы Европейская Комиссия организовала «обмен информацией между государствами-членами и отраслями промышленности, заинтересованными во внедрении наилучших доступных технологий, и связанном с этим обменом мониторинге и развитием в данной области».

В связи с этим было принято решение учредить Европейское Бюро, под эгидой которого был организован Форум по обмену информации в области наилучших доступных технологий, и специализированные отраслевые технические рабочие группы. Основным результатом деятельности этого Европейского Бюро стали рекомендательные Справочные документы по наилучшим доступным технологиям. Информация, содержащаяся в этих документах, предназначена для того, чтобы её можно было использовать при намерении внедрить НДТ на конкретном предприятии.

Отраслевые Справочные документы содержат описание комплексных производственных процессов (технологий, методов), начиная с добычи сырья и кончая отправкой готовой продукции, которые считаются НДТ для рассматриваемой категории промышленных объектов, включая соответствующие природоохранные параметры и мероприятия. Как правило, в каждом документе имеются следующие разделы:

- обзор состояния и развития отрасли:

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

– общая информация относительно рассматриваемой отрасли промышленности и относительно промышленных процессов, используемых в этой отрасли. Дается краткий обзор структуры и характера отрасли и ключевых проблем экологической безопасности и потребления невозобновляемых ресурсов, характерных для отрасли;

– обобщенные сведения (по отрасли) об удельных характеристиках ресурсо- и энергопотребления (ресурсо- и энергонасыщенности продукции) и удельных экологических характеристиках:

– данные относительно уровней потребления сырья и энергии на единицу выпускаемой продукции, а также об удельных выбросах, сбросах и объемах образования отходов отражающих ситуацию на объектах хозяйственной деятельности, эксплуатируемых в период написания BREF-документа;

– детальные сведения о технологических, технических решениях, особенностях эксплуатации оборудования и пр.;

– подробное описание методов и технологий ресурсо- и энергоэффективного производства, предотвращения на окружающую среду, методов и подходов к сокращению выбросов, сбросов и образования отходов, а также других методов и технологий, которые являются наиболее уместными при определении НДТ. Эта информация включает в себя удельные значения потребления сырья, материалов и энергии, а также удельные значения выбросов, сбросов и образования отходов, рассматриваемые как достижимые при использовании технологий;

– экономические сведения, сроки применения технологий и технических решений, информация о перспективных разработках;

– важным является ограничение в сроках применимости технологии. Она может быть применимой к модернизации на любом сооружении или может быть внедрена только на новом заводе;

– экономическая информация о затратах, экономии, капитальных и эксплуатационных затратах и других способах, которыми технология может оказать воздействие на экономические показатели процесса;

– раздел, посвященный новейшим технологиям, как предполагается, дает некоторую информацию относительно новых событий в секторе и может использоваться как ориентир для будущей работы, направленной на рассмотрение любых Справочных документов по НДТ.

При этом в Справочных документах не обсуждаются предельно допустимые концентрации, состояние окружающей среды и не приводятся значения предельно допустимых выбросов, сбросов, объемов образования отходов.

В настоящее время разработаны Справочные документы для 26 отраслей промышленности, подпадающих под действие Директивы 2008/1/ЕС, включая металлургию и металлообработку, химическую и нефтеперерабатывающую промышленность, производство строительных материалов, производство электроэнергии на крупных теплоэлектростанциях, целлюлозно-бумажную и текстильную промышленность, переработку отходов, интенсивное животноводство и пр.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

Справочные документы не являются предписаниями. Они не устанавливают и не предлагают предельные значения выбросов / сбросов ни для промышленного сектора, ни на национальном, региональном, или местном уровне. Прежде всего, эти документы представляют собой ценный источник информации для самих субъектов хозяйственной деятельности, поскольку они содержат сведения о наиболее эффективных решениях, направленных на рационализацию использования ресурсов и сокращение негативного воздействия на окружающую среду. Для природоохранных органов, ответственных за комплексную разрешительную процедуру, Справочные документы представляют собой ссылочные материалы, дающие возможность четко сформулировать требования, которые могут быть предъявлены к предприятиям (и включены в соответствующие разрешения).

Также необходимо подчеркнуть, что при том, что сами документы носят рекомендательный Справочный характер и не являются обязательными для исполнения, Директива 2008/1/ЕС фактически обязывает предприятия либо внедрять технологические и технические решения, описанные в Справочных документах, либо разрабатывать и (или) использовать альтернативные решения, доказывая, что с точки зрения удельного потребления ресурсов и воздействия на окружающую среду эти решения не уступают решениям НДТ.

Можно сказать, что демонстрация соответствия «рекомендательным» требованиям вступает в качестве условия демонстрации соответствия требованиям Директивы 2008/1/ЕС. В качестве дополнительных условий выступают требования, связанные с качеством окружающей среды. В Справочных документах они никак не отражены, но последнее слово при выдаче разрешений остается за природоохранными и регулирующими органами, которые должны, в соответствии с Директивой 2008/1/ЕС, оценить адекватность предоставленной предприятиями информации и учесть состояние окружающей среды в месте расположения предприятия.

Кроме отраслевых документов существуют так называемые «горизонтальные» Справочные документы, имеющие «сквозной» характер и применимые для всех (или многих) отраслей промышленности. В их числе следует упомянуть Справочные документы по промышленным системам охлаждения, по принципам (производственного экологического) мониторинга, по обеспечению энергоэффективности, по оценке экономических аспектов и вопросов воздействия на различные компоненты окружающей среды в контексте ККПЗ.

Несмотря на то, что в разных странах могут применяться различные подходы при внедрении НДТ, существуют общие элементы (особенно это характерно для стран ЕС), среди которых можно выделить:

- нормативно-правовые основы, в том числе наличие национального и/или наднационального законодательства;
- виды промышленной деятельности, на которые распространяется выдача комплексного разрешения и которые подлежат оценке с целью определения НДТ;
- уполномоченный орган, выдающий комплексное разрешение;

– срок действия комплексного разрешения (данный параметр сравнения является важным, поскольку если в течение срока действия комплексного разрешения не были внесены изменения в применяемые технологии, то проведение дополнительной оценки НДТ в данный период времени может не потребоваться);

– уполномоченный орган, ответственный за НДТ/разработку справочников;

– документы, применяемые для оценки технологий (например, справочники НДТ, стандарты или другие документы);

– технические рабочие/экспертные группы, основные функции которых должны быть связаны с разработкой/применением справочников НДТ с целью проведения оценки технологий;

– информационные ресурсы, в том числе – реестр НДТ;

– система подготовки экспертов в области НДТ;

– количество технологий/промышленных предприятий, соответствующих/применяющих НДТ.

Для стран ЕС характерно применение некоторых общих элементов и подходов, представленных ниже, связанных с внедрением НДТ, что способствует выработке единой позиции для проведения оценки, а также максимальной гармонизации национального законодательства, учитывающего практики и подходы всех государств-членов ЕС. Страны ЕС уже давно ведут работу в области разработки и применения комплексного (интегрированного) подхода к предотвращению и контролю загрязнений.

На национальном уровне все страны ЕС имеют квалифицированных специалистов в области НДТ (в том числе за счет наличия в стране системы подготовки экспертов в области НДТ), многие из которых вовлечены в состав ТРГ для разработки соответствующих справочников, а также технические экспертные группы для имплементации положений справочников в национальное законодательство, разработки национальных нормативных документов, а также оценки технологий. Одним из единых информационных ресурсов, применяемых странами ЕС, является IRIS (Industrial emissions Reporting Information System – Информационная система отчетности по промышленным выбросам), созданная Департаментом окружающей среды Европейской комиссии при поддержке Европейского агентства по охране окружающей среды. Данный ресурс отражает сводку информации, представленной странами ЕС, по реализации ряда законодательных актов по промышленным выбросам, в том числе содержит данные о том, как Директива IPPC реализуется в каждом государстве-члене ЕС, а также анализ данных о предельно допустимых выбросах (ПДВ) за отчетный период. Страны ЕС ведут реестр объектов, применяющих НДТ, в том числе собирают информацию по технологиям, которые используются (или могут быть использованы) в качестве НДТ. В настоящий момент в ЕС количество промышленных установок, на которые распространяется действие директивы IPPC, составляет 52 тыс.

Федеративная Республика Германия

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

В 1974 г. в Германии было создано Федеральное агентство по окружающей среде (UBA), которое является уполномоченным органом по НДТ и национальным координационным органом в международном процессе.

Национальной нормативно-правовой основой в области НДТ и выдачи комплексных разрешений являются: Закон о борьбе с загрязнением, Закон о водных ресурсах и Закон о циркуляции и утилизации отходов.

В национальное законодательство Германии также имплементированы положения справочников НДТ (BREF), в соответствии с которыми были пересмотрены подзаконные нормативные акты для установления национальных норм выбросов для загрязнителей воздуха и сброса сточных вод. Помимо справочников, в Германии существуют технические инструкции по контролю качества воздуха (TA Luft), которые применяются для новых установок, а также в реконструкции существующих объектов, однако, если новые или пересмотренные справочники НДТ публикуются Европейской комиссией, требования к TA Luft не отменяются. Закон «О чистом воздухе», который вступил в силу 01.10.2002 г., также содержит значительный перечень лицензируемых установок выбросов, а также структурные и эксплуатационные требования в соответствии с улучшенным уровнем техники.

Все усовершенствования, указанные в справочниках НДТ, были учтены.

Уполномоченными органами, выдающими комплексное разрешение, являются региональные органы власти Федерального агентства по окружающей среде федеративных земель Германии.

Королевство Бельгия

Полномочия по охране окружающей среды в Королевстве Бельгия на региональном уровне. Национальной нормативно-правовой основой является решение правительства Фландрии от 01.06.1995 г. об общих и секторальных положениях, касающихся экологической безопасности (VLAREM). Данный документ требует от операторов, чтобы НДТ применялись для защиты людей и окружающей среды как при выборе методов уменьшения уровня выбросов, так и при выборе мер по сокращению источников (адаптированные методы производства, управления материальными потоками и т.д.). Это обязательство также относится и к усовершенствованиям технологий, а также к видам деятельности, которые сами по себе не представляют опасности для окружающей среды.

VLAREM также предусматривает, что предельные значения выбросов, эквивалентные параметры и технические меры, основанные на НДТ, без предписания могут быть использованы в любой технике или конкретной технологии, принимая во внимание технические характеристики и географическое положение соответствующей установки и местные условия окружающей среды.

Уполномоченным органом, ответственным за разработку справочников, является Центр по НДТ, который был учрежден при Институте VITO в 1995 г. по запросу национального правительства. Центр собирает информацию о доступных экологически благоприятных технических методах, выбирает НДТ и на этой базе

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

формирует условия природоохранного лицензирования. Данная организация обеспечивает распространение информации о справочных документах по НДТ среди предприятий и разрешительных органов во фламандском регионе, дает дополнительные разъяснения по применению справочников НДТ в форме выдержек из контрольных перечней НДТ и разрабатывает практические инструменты оценки экономической доступности и эффективности возможных капиталовложений в НДТ.

Уполномоченными органами, выдающими комплексное разрешение, являются: центральный природоохранный орган, который разрабатывает проекты комплексных разрешений и муниципалитет, основная функция которого - официальная выдача данного документа.

Великобритания

В Великобритании выдается два вида разрешений: комплексные и по отдельным средам. Национальной нормативно-правовой основой является MCERTS (Monitoring Certification Scheme). Уполномоченным органом, выдающим комплексное разрешение, является Агентство по охране окружающей среды – исполнительный вневедомственный государственный орган, подчиняющийся Министерству охраны окружающей среды. На региональном уровне разрешения выдают отделения Агентства.

Агентством разработаны стандартные нормативные заявления, в которых прописаны руководящие принципы определенной деятельности. Если оператор согласен выполнять данные требования, то специальное комплексное разрешение ему не требуется. В случае, если деятельность оператора не учитывает стандартные требования, то ему необходимо подавать заявку на получение специального разрешения.

В качестве дополнительных документов к европейским справочникам НДТ в Великобритании применяются Review of BAT.

Следует отметить, что в Англии и в Уэльсе сфера действия комплексных разрешений расширена: было добавлено требование по системе управления окружающей средой.

В связи с особенностями государственного устройства Великобритании процессы выдачи комплексных разрешений в разных регионах существенно различаются. Например, Уэльс, Шотландия и Северная Ирландия имеют определенную автономию при формировании национального законодательства.

Чешская Республика

Уполномоченным органом, ответственным за НДТ/разработку справочников, является Агентство по комплексному предотвращению и контролю загрязнений при Министерстве охраны окружающей среды. В его полномочия входит подготовка экспертного заключения на заявку о выдаче комплексного разрешения, а также организация технических рабочих/экспертных групп для разработки, имплементации справочников НДТ, анализа и оценки технологий.

Следует отметить, что правительство Чешской Республики обеспечило полный перевод всех справочников НДТ, имеющих отношение к национальной промышленности.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Дословный перевод «best available techniques» – «наилучшие доступные технологии», однако в Российском природоохранном законодательстве используется термин «наилучшие существующие технологии». Данная трактовка термина вызывает дискуссии в среде специалистов, занимающихся охраной окружающей среды в промышленности, поскольку «существующая» предполагает только факт существования такой технологии, а «доступная» – также факт ее доступности.

Наилучшая существующая технология – технология, основанная на последних достижениях науки и техники, направленная на снижение негативного воздействия на окружающую среду и имеющая установленный срок практического применения с учетом экономических и социальных факторов.

В соответствии с принципом НСТ, нормирование негативного воздействия на окружающую среду должно основываться на базе технологий, отвечающих последним экономически доступным достижениям науки при минимальном уровне воздействия на экосистемы.

В целях предотвращения негативного воздействия на окружающую среду хозяйственной и иной деятельности в рамках российского законодательства установлены требования по разработке нормативов допустимых выбросов/сбросов веществ и микроорганизмов в окружающую среду, нормативов допустимых физических воздействий (количества тепла, уровни шума, вибрации и пр.) на окружающую среду, нормативов образования отходов производства и потребления, которые должны обеспечивать соблюдение нормативов качества окружающей среды.

При этом установление нормативов допустимых выбросов и сбросов согласно ст.ст. 19 и 23 ФЗ «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ должно исходить из нормативов качества окружающей среды и технологических нормативов, а также с учетом международных правил и стандартов в области охраны окружающей среды.

Однако, несмотря на наличие в законодательстве основополагающих положений, касающихся нормирования на основе показателей НСТ (НДТ), применение данного подхода затруднено ввиду отсутствия должного механизма реализации установленных норм. Отсутствие соответствующего нормативно-правового обеспечения рассматриваемой проблемы увеличивает риск необоснованного повышения экологических платежей за выбросы/сбросы и размещение отходов производства и потребления.

Принимая во внимание положение дел в сфере природоохранных отношений в Российской Федерации, а также наличие положительного западного опыта, желание и готовность бизнеса внедрять НДТ, можно заключить, что имеются все основные предпосылки для введения в России системы нормирования, основанной на НДТ.

Таким образом, для повсеместного улучшения экологической обстановки в Российской Федерации целесообразно адаптировать положительный опыт европейских государств с учетом территориальной, экономической и социальной специфики РФ и устранить противоречия между положениями действующего

законодательства и практикой регулирования в части нормирования допустимого воздействия на окружающую среду.

В рамках осуществления мероприятий по совершенствованию системы нормирования необходимо привязать нормативы допустимого воздействия на окружающую среду к существующим технологиям и обеспечить постепенное снижение выбросов/сбросов вслед за улучшением стандартов производства. В этих координатах будут заданы и параметры перспективных программ по модернизации производства. Важно также отметить, что ужесточение административной ответственности юридических лиц, как и повышение платы за воздействие на окружающую среду, неэффективны без использования экономических рычагов в целях обеспечения рациональной и экологически ответственной организации производства. Только такой подход позволит пройти период финансово-экономического кризиса с наименьшими потерями и повысить качество промышленного развития.

Восстановительный период после кризиса может продолжаться несколько лет.

Необходимо использовать этот период для перехода на НДТ, что, несомненно, положительный скажется на состоянии экономики.

Реализация концепции должна осуществляться в два этапа:

– подготовительный, характеризующийся созданием правовой базы, необходимой для совершенствования системы нормирования и перехода предприятий на НДТ;

– переходный, в течение которого будет осуществляться фактический переход предприятий на НДТ.

На начальном этапе мероприятия по переходу на нормативы качества должны включать следующее: сокращение перечня веществ, в отношении которых устанавливаются нормативы, определение порядка измерения и соблюдения среднегодового показателя ПДК, учет природных и климатических особенностей территорий и акваторий. Учет при нормировании качества окружающей среды физических и биологических показателей необходим, но не является первоочередной мерой.

В настоящее время у природоохранных органов, как и у большинства предприятий, отсутствует техническая возможность по контролю и мониторингу большинства веществ, на которые установлены нормативы ПДК.

Систематический контроль осуществляется периодически в отношении не более трех процентов от общего количества таких веществ, при этом предприятия обязаны соблюдать нормативы ПДК постоянно, независимо от внештатных ситуаций. Кроме того, отсутствует механизм их пересмотра и обновления.

Таким образом, необходимо сократить количество веществ, в отношении которых устанавливаются нормативы и за которыми осуществляется контроль, а также регламентировать процедуру пересмотра и обновления перечня таких веществ. Подобное преобразование приведет к повышению реалистичности расчета величин выбросов/сбросов для предприятий, совершенствованию процедуры выдачи разрешений на выбросы/сбросы, эффективности системы государственного и производственного экологического контроля и мониторинга.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

Фактическому переходу предприятий на НДС должны предшествовать разработка перечней НДС и утверждение порядка осуществления такого перехода.

Для разработки перечней НДС необходимо, прежде всего, провести работу по определению видов деятельности, для которых необходимо установление НДС, и систематизации типовых для каждой отрасли промышленности технологий и технологических процессов. Данная работа в силу ее специфики должна проводиться как заинтересованными органами государственной власти, так и представителями промышленности, различными отраслевыми объединениями и экспертами. В результате, перечень видов производственной деятельности, в отношении технологических процессов которых будет устанавливаться НДС, должен быть включен во вновь принимаемое постановление Правительства РФ о порядке формирования и ведения перечней НДС.

Показателем эффективности перехода предприятия на использование наилучших доступных технологий будет являться технологический норматив предприятия, т.е. его удельные показатели, которые представляют собой:

– удельные показатели образования загрязняющих веществ, т.е. количество загрязняющих веществ, образующихся в результате применения технологических процессов в промышленном производстве, выраженные в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии;

– удельные показатели выбросов/сбросов, т.е. количество поступающих в окружающую среду веществ, выраженное в кг на тонну выпускаемой продукции или единицу энергии.

Последовательность перехода на НДС предприятий будет выглядеть следующим образом:

– оценка производственной деятельности предприятия и подготовка плана модернизации. Подготовка плана модернизации необходима в случае, если объем выбросов/сбросов предприятия не будет соответствовать устанавливаемому нормативу предельно допустимого воздействия. План модернизации должен содержать описание производственной деятельности и этапы внедрения НДС, выбранной из перечня НДС и достаточной для достижения нормативов допустимого воздействия;

– согласование плана модернизации и установление временно согласованных лимитов. План модернизации подлежит согласованию с полномочным территориальным органом управления, принимающим во внимание природные особенности территории, на которой осуществляется деятельность, экономические, технологические и социальные факторы. В результате согласования плана модернизации в отношении предприятия будут установлены временно согласованные лимиты на выбросы/сбросы. Также будет согласована программа зачета средств, направляемых предприятием на модернизацию, в счет платы за негативное воздействие;

– реализация плана модернизации и поэтапное внедрение НДС. В ходе реализации плана модернизации полномочный территориальный орган управления будет вправе осуществлять контрольные мероприятия за

соблюдением предприятием установленных лимитов и этапов модернизации. В течение проведения модернизации целевые нормативы предельно допустимых выбросов/сбросов пересматриваться не должны. Результатом внедрения НДТ будет являться достижение предельно допустимых нормативов и перевод производственной деятельности предприятия на более экологически чистые технологии. В дальнейшем нормативы могут быть пересмотрены с целью стимулирования продолжения процесса модернизации и улучшения экологической обстановки в России.

Задачи работы:

- дать характеристику предприятия и рассмотреть применяемые методы очистки сточных вод на предприятии;
- проанализировать нормативную документацию по очистке сточных вод;
- рассмотреть источники загрязнения сточных вод на коксохимическом предприятии;
- рассмотреть концепцию Best Available Technology для систем очистки воды;
- разработать рекомендации производству по улучшению качества очистки сточных вод.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЪЕКТОВ И МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика предприятия

Полное наименование: Общество с ограниченной ответственностью «Челябинский завод по производству коксохимической продукции» (ООО «Мечел-Кокс»)

Юридический адрес/Фактический адрес: Российская Федерация, 454047, г. Челябинск, ул. 2-я Павелецкая, д. 14.

Общество с ограниченной ответственностью «Челябинский завод по производству коксохимической продукции» (ООО «Мечел-Кокс») является предприятием по производству коксохимической продукции, в состав которого входит более 10 цехов и подразделений.

Основной продукт – металлургический кокс, вырабатываемый сегодня на восьми коксовых батареях. ООО «Мечел-Кокс» обеспечивает производственные потребности предприятий компании «Мечел», а также реализует свою продукцию на внутреннем и внешнем рынках.

Производимый кокс характеризуется высоким уровнем качества: равномерностью по влажности и прочности, низким содержанием золы и серы, низким выходом летучих веществ. Из попутного продукта – коксового газа – в цехах «Мечел-Кокса» вырабатывается 24 вида химической продукции: бензол, толуол, сольвент, нафталин, сульфат аммония, смолы и многие другие продукты. Все они используются для производства пластических масс, синтетических волокон, лекарств, парфюмерии и продукции органического синтеза как в России, так и за рубежом.

Строительство завода началось в марте 1942 в годы Великой отечественной войны, оборонной промышленности страны требовался металл для победы над врагом. 19 апреля 1943 г в 21 час 05 минут первая электросталеплавильная печь ЧМК выдала первую плавку – этот день стал днём нового промышленного гиганта. К концу 1944 года на заводе уже работали две коксовые батареи и две доменные печи, выдавали продукцию пять 30-тонных электропечей и два прокатных стана, вступила в строй теплоэлектроцентраль. К весне 1945 года завод производил сотни тысяч тонн кокса, чугуна, стали и проката. В каждом пятом снаряде, каждом третьем советском танке и самолете была челябинская сталь.

В период 1979–1986 гг. на заводе проводилась последовательная реконструкция коксовых батарей № 5, 2, 4, 1, 6. Также выполнены работы по обновлению части объектов химических цехов: построены новый машинный зал и аммиачно-сульфатное отделение в цехе Улавливания № 1.

В 2002–2005 гг. проведены капитальные ремонты с частичной перекладкой отопительных простенков и введены в эксплуатацию коксовые батареи № 5 и 2, находящиеся на «холодной консервации».

В 2003 году в бензольно-ректификационном цехе введена в строй после реконструкции первая очередь бензольно-скрубберного отделения проектной

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

мощностью 100 тыс. м³ газа в час, что позволило увеличить выработку сырого бензола.

В 2006 году запущена в работу после реконструкции новая современная коксовая батарея № 7 проектной мощностью 495 тыс. тонн кокса в год. В комплекс реконструкции, кроме батареи, вошел целый ряд объектов в углеподготовительном цехе, цехах улавливания № 1 и 2.

Коксохимпроизводство ОАО «ЧМК» выделено в отдельное предприятие – «Челябинский завод по производству коксохимической продукции» ООО «Мечел-Кокс».

В 2007 году в дозировочном отделении углеподготовительного цеха установлены автодозаторы на угольных силосах с автоматической системой управления процессом приготовления шихты, произведена замена барабанной дробилки в отделении предварительного дробления, реконструирован вагоноопрокидыватель № 1 с заменой дробильно-фрезерных машин.

В 2009 году после проведенной реконструкции запущена коксовая батарея № 4 проектной мощностью 440 тысяч тонн в год. «Мечел» стал первой компанией в России, возобновившей работу коксовых батарей в кризисное время.

В 2010 году произведен запуск реконструированной коксовой батареи № 6. Производственная мощность агрегата составляет 470 тысяч тонн кокса в год. ООО «Мечел-Кокс» переводится под управление ООО «УК Мечел-Майнинг».

В 2011 году произведен запуск установки по очистке фенольных сточных вод коксохимпроизводство ООО «Мечел-Кокс». Её работа позволила проводить глубокую очистку всех образующихся на ООО «Мечел-Кокс» сточных вод, которые используются для тушения кокса, что обеспечивает снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в два раза. В этом же году произведен запуск реконструированной коксовой батареи №5. Годовая производительность агрегата составляет 470 тыс. тонн кокса.

В 2015 году введены в эксплуатацию новые агрегаты в бензольном отделении. Модернизация оборудования обеспечивает соответствие завода экологическим требованиям. Предприятие прекратило производство одного из видов своей побочной продукции – прессованного нафталина. В результате атмосферные выбросы нафталина снижены на 30%.

В 2016 году ООО «Мечел-Кокс», Минприроды, Росприроднадзор и Челябинская область подписали соглашение о сотрудничестве в области экологии. Согласно соглашению завод приступил к реализации комплекса природоохранных мероприятий для снижения выбросов.

В 2017 году реализован проект по техническому перевооружению бензольного отделения с закрытием цикла воды конечного охлаждения коксового газа. Это самый масштабный проект предприятия в рамках участия в мероприятиях Года экологии, который позволил полностью ликвидировать один из значимых источников выбросов бензола, фенола, нафталина, сероводорода.

Структура ООО «Мечел-Кокс»

Завод по производству коксохимической продукции включает следующие подразделения:

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Угледобготовительный цех
Коксовый цех №1
Коксовый цех №2
Цех улавливания №1
Цех улавливания №2
Бензольно-ректификационный цех
Цех по переработке смолы и производству пекового кокса
Коксохимическая лаборатория
Цех ремонта коксохимического оборудования
Цех ремонта коксовых печей
Электроремонтный цех
Участок ремонта коммуникаций

2.2 Анализ нормативной документации

Одной из основных проблем обеспечения экологической безопасности Российской Федерации является действующая система нормирования негативных воздействий на окружающую среду.

В соответствии с нормами Федерального закона «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7-ФЗ (в редакции от 02.07.2013) нормирование в области охраны окружающей среды заключается в установлении нормативов качества окружающей среды, нормативов допустимого воздействия на окружающую среду при осуществлении хозяйственной и иной деятельности, иных нормативов в области охраны окружающей среды, а также нормативных документов в области охраны окружающей среды.

Критическими недостатками традиционной системы нормирования являются следующие:

- избыточно жёсткие требования к хозяйствующим субъектам по нормированию более чем 2000 загрязняющих веществ, для которых установлена предельно допустимая концентрация;
- недостижимость на практике установленных предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ;
- субъективизм природоохранных органов, и, как следствие, наличие коррупционной составляющей при принятии решений об установлении временных нормативов (лимитов) для предприятий, не достигающих установленных нормативы. Так, например, нормативы предельно допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух (ПДВ) разрабатываются самим предприятием или сторонней организацией (по договору) и оформляются в виде проекта; в случае невозможности соблюдения юридическими лицами предельно допустимых выбросов для таких источников устанавливаются выбросы, временно согласованные с территориальными органами федеральных органов исполнительной власти.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

В настоящее время предъявляются одинаковые требования к экологически опасным объектам и объектам с незначительным воздействием, что приводит к следующим отрицательным для российской экономики последствиям:

- неэффективная работа государственных органов;
- высокие экономические издержки хозяйствующих субъектов (затраты малых и средних предприятий на разработку и согласование томов предельно допустимых выбросов, сбросов и лимитов размещения отходов нередко в разы превышают суммы вносимых платежей за негативное воздействие);
- высокие административные барьеры для развития малого и среднего бизнеса;
- низкий уровень административных штрафов (за экологические правонарушения) не сопоставим с уровнем затрат на устранение этих нарушений;
- практическая стабильность в течение последних 20 лет ставок платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Это приводит к тому, что практически все крупные промышленные предприятия не имеют никаких стимулов к модернизации производств в целях сокращения негативного воздействия на окружающую среду, предпочитая выплачивать незначительные суммы в качестве платы за негативное воздействие на окружающую среду, одновременно десятилетиями превышая установленные нормативы.

Анализ зарубежного опыта показывает, что в настоящее время законодательное регулирование нагрузки на окружающую среду (выбросы в атмосферу, сбросы в водоёмы, размещение отходов) осуществляется на основе стратегии наилучшей доступной технологии (НДТ), которая является прямым результатом накопленного опыта и исследований, связанных с применением стратегии более чистого производства или предотвращение загрязнения окружающей среды и образование отходов непосредственно на источнике (Программа защиты окружающей среды ООН и Государственная стратегия и политика в области более чистого производства, 1994 г.).

В законодательстве Европейского союза установлены обязательные нормы, которые должны выполнять хозяйствующие субъекты, занятые промышленной и сельскохозяйственной деятельностью с высоким потенциалом загрязнения окружающей среды: для определённых видов деятельности установлена процедура, предусматривающая выдачу экологических разрешений на право хозяйственной деятельности, сопровождающихся обязательными условиями выдачи таких разрешений. Для этого используется комплексный (интегрированный) подход к предотвращению и контролю загрязнений, на уровне ЕС впервые законодательно закреплённый в Директиве Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 года «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений». Действующая процедура выдачи природоохранных разрешений даёт возможность государственным контролирующим органам и хозяйствующим субъектам рассматривать и планировать мероприятия по уменьшению выбросов/сбросов/образованию отходов на основе устанавливаемых нормативов и принятых стандартов. Это стало возможным благодаря внедрению

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

модели технологического нормирования применительно к источникам загрязнения окружающей среды, к которым были отнесены собственно технологические производственные процессы.

Для конкретного предприятия применение концепции НДТ с учётом положений Европейских справочников по НДТ должно включать следующие этапы:

- сбор и верификация соответствующей информации о предприятии (общий объем и концентрация загрязняющих веществ в выбросах в атмосферу, количество и состав сточных вод, количество и состав отходов, потребление сырьевых материалов и энергоносителей и т.д.);

- оценка степени соблюдения существующих природоохранных требований (стандарты качества окружающей среды, ПДВ, ПДС, лимиты образования отходов и др.);

- сбор и верификация информации о качестве местной окружающей среды (качество атмосферного воздуха, качество почвы и грунтовых вод);

- оценка воздействия объекта на качество местной окружающей среды (замеры, моделирование);

- решение о необходимости проведения превентивных мероприятий (в случае получения доказательств, что предприятие нарушает требования стандартов качества окружающей среды);

- сбор информации о соответствующих НДТ и сравнение с существующей практикой;

- выбор низко затратных мероприятий, коррелирующихся с параметрами НДТ и их внедрение;

- если внедрение низко затратных мероприятий недостаточно для достижения природоохранных стандартов и / или требований, необходимо рассмотреть внедрение высоко затратных мер, учитывая их техническую и экономическую целесообразность в местных условиях.

Внедрение НДТ на предприятии приводит к сокращению объёмов потребления первичных ресурсов и энергоносителей, исключает использования токсичного сырья, позволяет снизить количество образующихся отходов и негативное воздействие выбросов / сбросов на окружающую среду и здоровье людей. Эти мероприятия всегда сопровождаются повышением техники безопасности и улучшением охраны труда на производстве и не обязательно связаны с существенным увеличением капитальных и эксплуатационных затрат. Внедрение НДТ, связанное с модернизацией и оптимизацией производственного процесса, позволяет достичь значительной экономии эксплуатационных расходов предприятия за счёт сокращения использования сырья, материалов, воды и энергии; снижения количества образующихся отходов, сточных вод, и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; уменьшение штрафов и платежей экологического характера.

В современных рыночных условиях для улучшения позиций предприятию требуется добиться максимально возможного сокращения потребления энергетических и других ресурсов, воды и сырья, что приводит к уменьшению

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

вредного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье населения. В этом случае постепенный переход на НДС даёт ощутимый практический эффект, особенно в условиях постоянного повышения тарифов на электроэнергию, транспортные перевозки и грядущей платы за использование природных ресурсов. Внедрение НДС может в значительной степени ослабить конфликтную ситуацию с органами власти, которые вынуждены прислушиваться к требованиям населения по созданию нормальных условий жизни.

Для успешного развития предприятия необходима его привлекательность для возможных инвесторов, в том числе, зарубежных. Эти инвесторы учитывают не только экономические факторы, но и требуют документального подтверждения экологической состоятельности российских компаний. В современных рыночных условиях переход на НДС является одним из основных способов сделать предприятие, признаваемым на международном рынке.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

3 ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД НА КОКСОХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Главными источниками сточных вод коксохимического предприятия являются сепараторные воды и отстойные воды бензольного отделения и цехов по переработке смолы и сырого бензола.

Большое количество веществ, которые содержатся в этих водах, поступают в водные объекты. Сточные воды содержат масла, взвешенные вещества, вредные органические и неорганические примеси. Наиболее опасными примесями являются фенолы, благодаря этому все воды получили наименование «фенольные». Высокое содержание вредных примесей в водоемах приводит к гибели живых организмов.

Концентрация загрязняющих веществ в сточных водах должна быть не более следующих значений, приведенных в таблице 3.

Таблица 3 – Предельные значения концентрации загрязняющих веществ в сточных водах

Загрязнитель	ПДК (вода), мг/л
Фенолы	0,001
Цианиды	0,05
Аммиак	0,1
Пиридин	0,2
Бензол	0,5
Сероуглерод	1

Рассмотрим существующую систему очистки сточных вод в ООО «Мечел-Кокс».

Цинкование – покрытие металла слоем цинка для защиты от коррозии. Подходит для ровных или с небольшим изгибом поверхностей, не подверженным механическим воздействиям. Для начала, нужно отметить, что цинк является химическим элементом, который принимает непосредственное участие в биологическом цикле человеческого организма и его ежедневная потребность находится на уровне 10–15 мг, для питьевой воды, пищи содержание может быть допустимым до 1 мг на литр или килограмм. Цинк обладает заживляющим свойством и содержится во многих медицинских препаратах.

Отравиться цинком крайне сложно, только если вдыхать его пары, что может случиться только при производстве оцинкованной стали. Оцинкованная сталь обладает помимо этого косвенной экологичностью, дело в том, что железо покрытое цинком долгое время, в несколько раз большее, может эксплуатироваться и не требовать замены, тем самым не требуя дополнительного производства металла, которое само по себе является вредным для окружающей среды

Вторичным материалом являются обрезки оцинкованной стали, которые используют для изготовления неосновной продукции. Таким образом, если рассматривать в целях экологичности то данный материал не несет угрозы.

Следовательно, происходит рециклинг оцинкованной стали. Рециклинг является важным источником поступления цинка. Около 30% от объема использованного цинка составляет вторичный металл. Вторичная переработка цинка обладает следующими экономическими и экологическими преимуществами:

- уменьшение объемов материалов, извлекаемых из руд;
- экономия энергии из-за снижения потребности в добыче и плавке;
- снижение загрязнения почвы и воды;
- сохранения запасов цинксодержащих руд.

Но основная проблема на промышленном предприятии – это очистка сточных вод.

Для очистки сточных вод ООО «Мечел-Кокс» находятся: береговые насосные станции для забора речной воды; разветвленная сеть трубопроводов для транспортировки технической и питьевой воды; канализационные сети для отвода сточных вод и их транспортировки на очистные сооружения; комплекс очистных сооружений, включающий в себя механическую и биологическую очистку.

В октябре 2017 года осуществлен запуск биохимической установки по очистке фенольных сточных вод коксохимического производства. В установке используется инновационная технология нейтрализации всех образующихся на ООО «Мечел-Кокс» стоков путем применения специальных комплексов фенолразрушающих микроорганизмов. Технология позволяет производить глубокую очистку стоков от фенолов, роданидов, аммонийного азота и снижать выбросы вредных веществ в атмосферу при тушении кокса. Данная технология выгодно отличается от общеизвестных способов очистки сточных вод, обеспечивает максимальную эффективность нейтрализации загрязняющих веществ.

Очистные сооружения позволяют перерабатывать сточные воды как хозяйственно–бытового, так и производственного характера.

Компания ставит перед собой следующие основные задачи:

- повышение качества услуг водоснабжения и водоотведения;
- снижение негативного воздействия на окружающую среду;
- снижение водопотребления на основе четкого измерения и учета расходов воды;
- оптимизация эксплуатационных затрат;
- установление тарифов на услуги, позволяющих осуществлять надежную эксплуатацию, экологическую безопасность и развитие предприятия;
- своевременное и в полном объеме получение доходов за оказанные услуги;
- увеличение капитальных вложений в реконструкцию и замену основных средств;
- внедрение современных эффективных технологий.

Площадка очистных сооружений расположена на расстоянии 1,7 км в юго-восточном направлении. Представляет собой обособленную площадку со своим ВКХ. Общая территория очистных сооружений составляет около 400 га.

На ООО «Мечел-Кокс» технические решения обеспечивают экологическую безопасность объекта и его эксплуатация существенно не повлияет на экологическую ситуацию в районе расположения предприятия. В перспективе запланировано произвести замену выработавшее свой срок службы технологическое оборудование основного производства, что позволит уменьшить выбросы в атмосферу. Для сокращения водопотребления применяется система оборотного водоснабжения. Очистка водных стоков производится до допустимых концентраций.

Площадка ОС ограждена по периметру не полностью. Нормативная санитарно–охранная зона по всему периметру сооружений выдержана.

Здания и сооружения каркасно-панельного типа. Емкостные сооружения выполнены из сборно-монолитного железобетона (стены – сборные, днища – монолитные). В настоящее время большинство построек находятся в неудовлетворительном состоянии, подлежат демонтажу или требуют капитального ремонта. Отдельные железобетонные сооружения требуют ремонта. Подверженность бетона коррозии наиболее прослеживается на стыке фаз «воздух–вода». Проводится плановый ремонт отдельных зданий и сооружений.

Напорные подающие трубопроводы в значительной степени закодированы. Внутриплощадные подземные коммуникации металлические, в значительной степени амортизированы и требуют замены.

Шибберные затворы и запорная арматура деформированы из-за коррозии, отсутствуют электроприводы шибберных затворов. Железобетонные конструкции, в том числе распределительные лотки, повреждены, имеются трещины и выбоины.

В емкостных сооружениях отмечаются наносы песка. Это свидетельствует о неэффективной работе песколовок.

Гидравлическая нагрузка на некоторые отстойники не выровнена, что в значительной степени связано с разницей уровня водосливных кромок. Наблюдается неравномерность центрального стакана и переливных кромок, что снижает эффект осветления сточных вод и механизмы подвержены коррозии. Необходимо торкретирование внутренней железобетонной поверхности.

Центральные стаканы и водосливы части отстойников не выровнены по горизонту, что снижает эффект осветления сточных вод. Периодически отмечается отложение осадка на дне отстойников и его загнивание, что отрицательно влияет на работу сооружений и негативно сказывается на качестве очистки.

В аэротенках не отрегулирована подача воздуха, что нарушает протекание процессов биологического окисления. Площадки обслуживания аэротенков и шибберные затворы требуют ремонта. В некоторых аэротенках и в регенераторах требуется заменить систему аэрацию.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Таким образом, можем сделать вывод, что в целом предприятие выполняет все экологические нормы. Однако, для улучшения показателей очистки необходимо провести ремонт очистительных конструкций. Кроме того, вода после биохимической очистки нуждается в дополнительной очистке. Учитывая загрязнение сточных вод и существующую систему их очистки, можно сделать заключение о том, что эффект очистки недостаточный. При этом самой существенной проблемой является содержание фенола в сточных водах.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

4 НИДСТ (BAT-technology). РЕКОМЕНДАЦИИ

В 2012 г. опубликовано новое издание европейского справочника по черной металлургии с внесением списка технологий, появившихся после 2005 года. Так, раздел «Коксохимические заводы» пополнился главой по углеподготовительным операциям (проведение, насколько это возможно, операций по разгрузке, дроблению, хранению углей и шихт в закрытых помещениях), внесению норматива по роданид-ионам в процессе биохимической очистки сточных вод и др.

В ООО «Мечел-Кокс» применяются большинство указанных в справочнике BREF технологий.

Однако, не внедрена стадия нитрификации/денитрификации в процессе биологической очистки сточных вод, поскольку значительная часть сточных вод идет для утилизации избытка коксового газа в присутствии воды с целью снижения оксидов азота (неселективное восстановление NO_x аммиачной водой).

Технология (b) – нитрификация

Некоторые установки для очистки сточных вод проектируются для эффективного удаления аммиака (NH₄⁺) с помощью нитрификации. Традиционная конструкция аэробной системы с активированным углем может быть использована в качестве отправной точки для такого вида установок. Система должна иметь очень низкое отношение F/M и высокий уровень рециркуляции для предотвращения замедления роста нитрификационных бактерий вследствие их вымывания. Нитрификационные бактерии преобразуют аммиак в нитрат (NO₃⁻). При таких условиях трудно биоразлагаемые органические соединения могут также подвергаться минерализации с высокой эффективностью удаления.

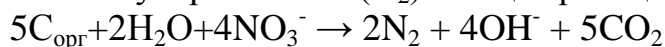
Технология (c) нитрификация – денитрификация

В некоторых случаях местные органы власти требуют низкого уровня сбросов всех азотных соединений (включая нитраты) от стоков. Это требует дополнительной бескислородной очистки сточных вод. Возможны некоторые варианты планировки, но хорошие результаты были получены на установках для очистки сточных вод с концепцией предварительной нитрификации – нитрификации (pre-DN/N).

Два примера представлены ниже на рисунках 5 и 6.

В концепции предварительная денитрификация/нитрификация используется также система аэробного активного ила в начальном периоде. Однако перед аэрацией сточных вод добавляется вода со стадии нитрификации с высоким содержанием нитратов. В бескислородных условиях бактерии используют нитраты как конечные акцепторы электронов вместо молекулярного кислорода (O₂).

Азот выделяется как молекулярный азот (N₂). Общая реакция такова:



					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

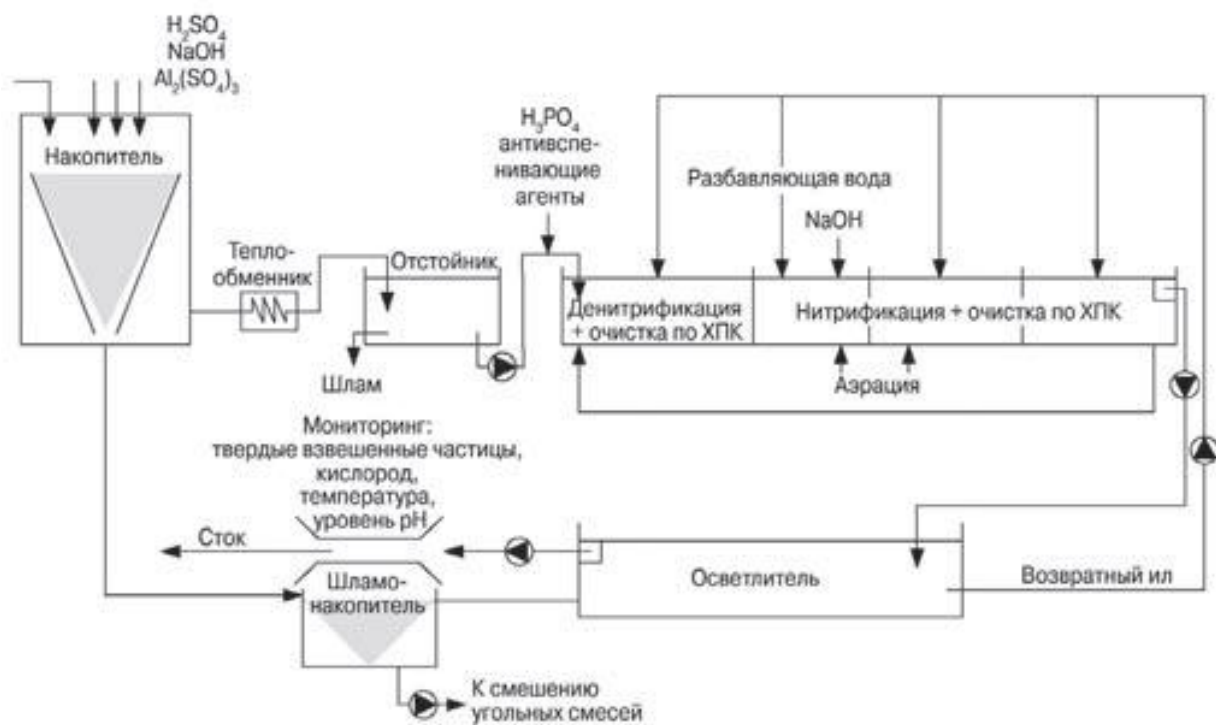


Рисунок 5 – Пример типичной биологической очистки сточных вод со стадиями нитрификации – денитрификации

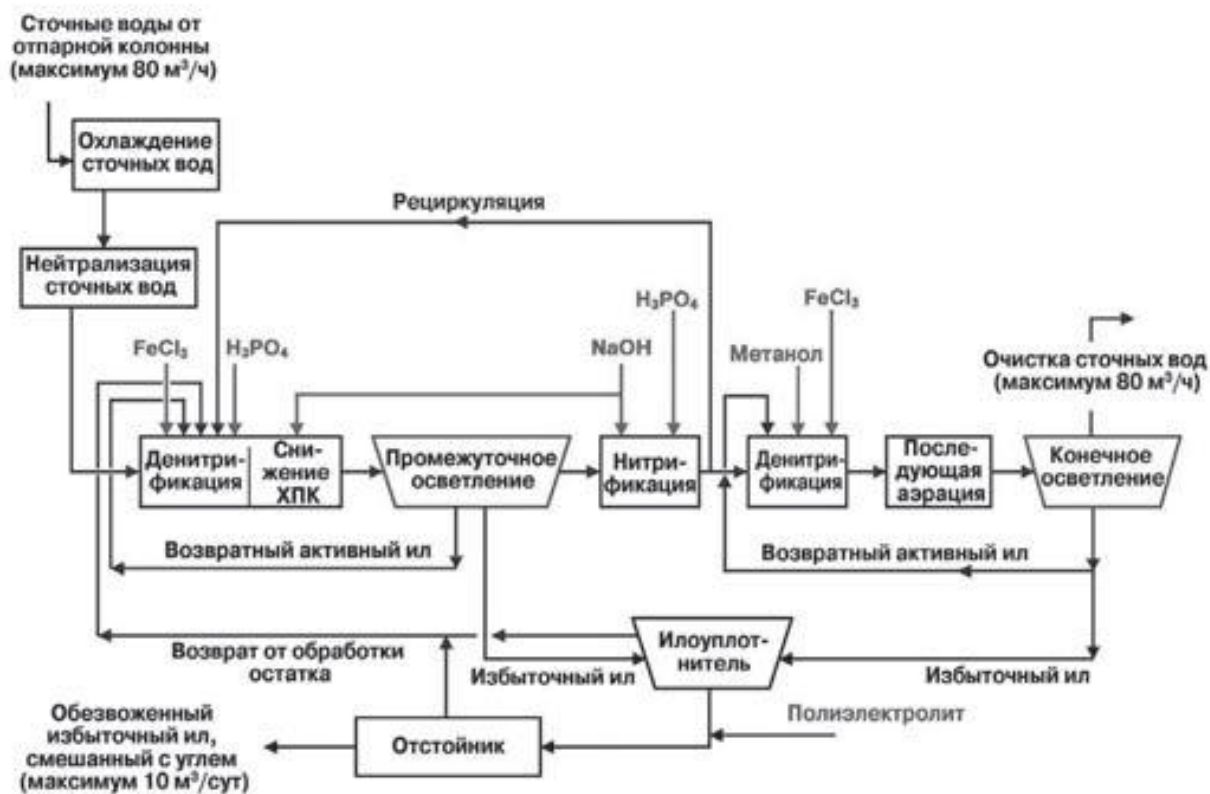


Рисунок 6 – Пример установки биологической очистки с предварительной денитрификацией – нитрификацией – денитрификацией

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Установка для очистки сточных вод (WWTP) компании H ttenwerke Krupp Mannesmann в Дуйсбурге, Германия, спроектирована как многостадийная биологическая система, которая состоит (в соответствии с потоками воды) из:

- теплообменника для охлаждения сточных вод из отгоночной колонны H_2S/NH_3 ;
- усреднительного бассейна;
- аэрационного бассейна (процесс с активным илом для разложения органики) с заранее установленной стадией денитрификации как первой стадии денитрификации;
- промежуточного осветлителя;
- бассейна нитрификации, спроектированного как носитель биологического ила;
- второй стадии нитрификации, с подачей метанола как внешнего источника углерода;
- бассейна последующей аэрации для повторного насыщения активным илом;
- конечного осветлителя.

Для мониторинга качества сточных вод с биологической очисткой оборудование мониторинга и контроля включает мониторинг в реальном масштабе времени, для того чтобы операторы могли на ранней стадии вмешаться в процесс.

Такая установка демонстрирует очень хорошие результаты по очистке сточных вод после коксовой печи с очень низкими выбросами соединений азота, серы и цианидов. Концентрации в притоке и стоке приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Состав различных потоков сточных вод компании Corus в Эймейдене, Нидерланды

Параметр	Единица	Доменная печь	Агломерационная установка	Коксовое производство	Грунтовые воды*	Итого
Расход	м ³ /ч	140–150	50–55	80–90	35–49	320
Температура	°C	40–44	35–40	30–35	10–12	33
Взвешенные твердые	мг/л	25–35	10–25	20–50	<10–25	
ХПК	мг/л	65–120	250–450	3000–3500	150–350	1100
Азот по Кьельдалю	мг/л	130–150	200–300	200–300	100–200	180
Общие CN-	мг/л	5–20		20–60	20–50	15
Цинк	мг/л	2–4	–	–	–	–
Металлы	мг/л	1–3	1–3	–	–	–
Фенолы	мг/л	–	–	500–700	–	–
SCN	мг/л	–	–	200–500		

*Загрязненные грунтовые воды от коксового завода.

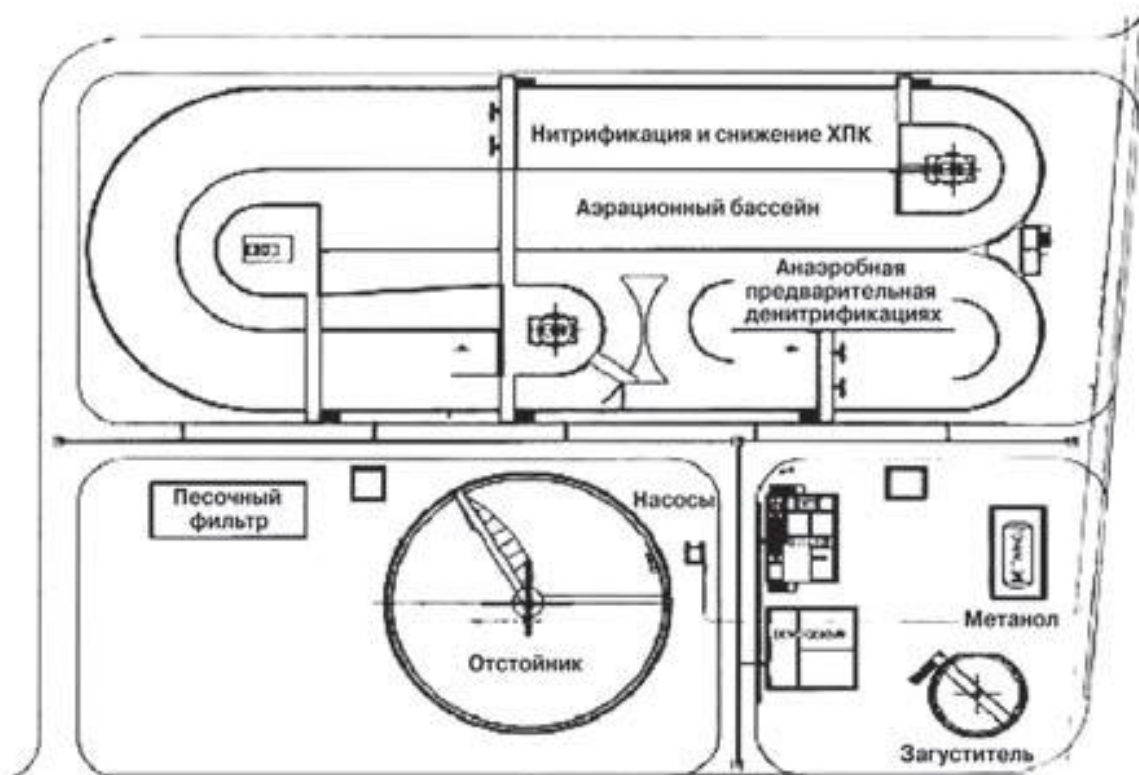
Еще одним примером концепции предварительной денитрификации/нитрификации является успешная эксплуатация установки с 2000 г. в компании Cogus в Эймейдене, Нидерланды.

Она получила название BIO 2000 и объединяет очистку сточных вод с коксовых печей, доменных печей и агломерационных установок с системой активного ила, с предварительной нитрификацией и нитрификацией для минимизации ХПК и выбросов соединений азота.

Нитрификация и снижение ХПК имеют место одновременно в аэробной части установки. Конечными продуктами этой конверсии являются CO_2 , вода и нитраты, NO_3^- .

Денитрификация является биологическим процессом, при котором нитраты преобразуются бактериями в газообразный азот. Этот процесс происходит при анаэробных или бескислородных условиях. Поэтому должна быть специальная часть установки, в которой концентрации растворенного кислорода будут более или менее равны нулю. Однако в случае денитрифицирующих бактерий необходима некоторая ХПК в качестве питательной среды. Поскольку денитрификациях имеет место в первой части установки, этот процесс называется предварительной денитрификацией.

Основным элементом новой конфигурации очистки воды компании Cogus в Эймейдене, Нидерланды, является установка биологической очистки, установка карусельного типа (рисунки 7 и 8). Установка карусельного типа является обычной для стран Западной Европы, где такого рода установки применяются довольно часто для очистки бытовых сточных вод.



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР

Рисунок 7 – Поэтажный план установки для биологической очистки сточных вод компании Cogus, Эймейден, Нидерланды

Большие бассейны с поверхностными аэраторами и относительно высокими скоростями делают установку более сложной, чем в случае поршневого движения жидкости. Аэраторы контролируются с помощью непрерывного измерения растворенного кислорода и сравнения его с установленным значением 1,5–2 мг/л. Кроме того, контролируется рН с помощью добавки каустической соды, когда рН ниже 6,8, или с помощью добавки серной кислоты, когда рН в бассейне выше чем 7,4.

Помимо биологической очистки, были установлены песочные фильтры с промывкой обратной струей. Несмотря на тот факт, что можно легко очищать объединенные сточные воды, иногда присутствуют очень мелкие биологические хлопья в сливе конечного отстойника.

Избыточный шлам откачивается сначала в загуститель. Затем шлам обезвоживается и смешивается с углем, и используется как часть шихты для печей.

Систему карусельного типа с поверхностными аэраторами, установленную в голубых боксах, можно видеть на рисунке 8. Эти боксы изолированы, для того чтобы не было проблем шума в непосредственной близости от установки.



Рисунок 8 – Вид сверху установки для биологической очистки сточных вод компании Cogus, Эймейден, Нидерланды

Размеры карусельной установки следующие: объем аэрации составляет 15000 м³; это означает, что гидравлическое время выдержки составляет 33 ч.

Объем отстоя составляет 1500 м³. Диаметр отстойного бассейна равен 29 м. Поверхностная нагрузка составляет 5 м³/м²/ч.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

	ТОС	г/л	NA	NA	1025±190	NA
	БПК5	мг/л	0	NA	NA	800–3000

Продолжение таблицы 5

Аспект/параметр		Единицы измерения	Установка А	Установка В	Установка С	Установка D
Вход	Фенол	г/л	964	705±276	650	500–1500
	SCN-	мг/л	355	NA	350	150–200
	Азот по Кьельдалю	г/л	NA	NA	300	NA
	Аммонийный азот	г/л	125±25	NA	50±15	150±200
	Нитритный азот	мг/л	NA	NA	NA	NA
	Нитратный азот	мг/л	NA	NA	NA	NA
	Масло и смола	мг/л	40	NA	NA	NA
	РАН (6 Borneff)	мкг/л	200	NA	NA	NA
Выход	рН	-	7,7	8	7,6	8,1±0,3
	Взвешенные	мг/л	42	33±21	75	NA
	ХПК	мг/л	189±30	137±43	213±70	74±10
	ТОС	мг/л	NA	NA	45±16	NA
	БПК5	мг/л	1±2,3	NA	15±5	NA
	Фенол	мг/л	0,06	0,02±0,03	<0,1	0,02±0,01
	SCN-	мг/л		NA	1,3	0,87±0,46
	CN-, легко выделяемый	мг/л				
	Сульфиды, легко выделяемые	мг/л	NA	NA	NA	0,03±0,02
	Азот по Кьельдалю	г/л		NA	NA	10,67±7,04
	Связанный азот	г/л	NA	NA	13	
	Аммонийный азот	г/л	3±3	0,28±0,56	<1	<1
	Нитритный азот	г/л	0,9±1,5	0	1,3	0,01±0,07
	Нитратный азот	г/л	22±6,6	8,2±6,92	1,1	6,1±6,68
	Масло и смола	мг/л	5	NA	NA	<5
	РАН (6 Borneff)	мг/л	50	NA	<20	1,06±1,12
Фосфор	мг/л	NA	0,4±0,29	NA	1,3±0,4	

*NA – данные отсутствуют

Мотивация для внедрения: потребность в низких сбросах соединений азота требуют подходящей системы очистки сточных вод.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Пример установок

Установки для очистки сточных вод коксохимического производства с использованием концепции предварительная денитрификация/нитрификация были внедрены компанией ArcelorMittal в Генте, Бельгии, Сереманж, Франция, компанией ZKS в Диллингене, Германия, компанией Hüttenwerke Krupp Mannesmann в Дуйсбурге, Германия.

Как показывают результаты внедрения предлагаемых установок для очистки сточных вод коксохимического производства с использованием концепции предварительная денитрификация/нитрификация, отношение F/M после очистки вод на этих установках, является очень низким (0,05–0,2 кг ХПК/кг МЭС/сутки).

В связи с этим, при использовании подобных установок достигаются очень хорошие результаты при очистке сточных вод коксовых производств.

Выбросы азота от этих систем являются особенно низкими по сравнению с системами с высокими отношениями F/M только с одной нитрификацией.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы рассмотрели организационные и технологические основы коксохимического производства, методы очистки сточных вод, основные принципы концепции Best Available Technology и возможность их внедрения в нашей стране. Определили, что самыми загрязненными и требующими тщательной очистки являются так называемые «фенольные» сточные воды. Именно очистке сточных вод от фенолов уделяется в коксохимическом производстве наибольшее внимание.

Провели анализ существующих методов очистки сточных вод в коксохимическом производстве, а также тех методов, которые непосредственно применяются на исследуемом предприятии. Определили, что в настоящее время применяются различные способы очистки сточных вод коксохимических предприятий. Широко применяемым на практике методом очистки производственных сточных вод является биохимическое окисление. Главным действующим началом при биохимической очистке являются микроорганизмы, использующие в качестве питательных веществ и источников энергии растворенные органические и неорганические соединения. Из них микроорганизмы берут все необходимое для размножения, увеличивая при этом активную биомассу. Достоинства биохимического метода: несложное аппаратное оформление; невысокие эксплуатационные затраты. Недостатки: необходимость предварительного удаления токсичных веществ; строгое соблюдение технологического режима очистки.

Объектом исследования в работе выступила эколого-экономическая эффективность очистки сточных вод на предприятии ООО «Мечел-Кокс». Установили, что главные загрязнители сточных вод на предприятии - сепараторные воды и отстойные бензольно-ректификационного цеха и цеха по переработке смолы и производству пекового кокса.

Для очистки сточных вод ООО «Мечел-Кокс» используются: береговые насосные станции для забора речной воды; разветвленная сеть трубопроводов для транспортировки технической и питьевой воды; канализационные сети для отвода сточных вод и их транспортировки на очистные сооружения; комплекс очистных сооружений, включающий в себя механическую и биологическую очистку. Учитывая загрязнение сточных вод и существующую систему их очистки, можно сделать заключение о том, что эффект очистки недостаточный. При этом самой существенной проблемой является содержание фенола в сточных водах.

Как показал анализ системы очистки сточных вод, в ООО «Мечел-Кокс» применяются большинство указанных в справочнике BREF технологий. Однако, не внедрена стадия нитрификации/денитрификации в процессе биологической очистки сточных вод. На основании результатов проведенного анализа разработаны рекомендации производству по улучшению качества очистки сточных вод.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов, В.И. Водное хозяйство промышленных предприятий. Книга 1 / В.И. Аксенов. – М.: Теплотехник, 2005. – 640 с.
2. Алферова, Л.А. Замкнутые системы водного хозяйства промышленных предприятий, комплексов и районов / Л.А. Алферова. – М.: Стройиздат, 1984. – 356 с.
3. Бейгельдруд, Г.М. Комплексная электрохимическая очистка сточных вод. Автомобильная промышленность / Г.М.Бейгельдруд. – Тула: Тульский край, 1999. – 203 с.
4. Гогина, Е.С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения: Справочное пособие / Е.С. Гогина, А.Д. Гуринович, Е.А. Урецкий. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 312 с.
5. Жищенко, В.В. Экологические аспекты очистки сточных вод коксохимического производства / В.В. Жищенко, О.А. Полях // Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2016. – С. 319–322.
6. Игнатова, А.Ю. Метод повышения эффективности биологической очистки сточных вод химических производств / А.Ю. Игнатова, А.А. Новоселова, А.В. Папин // Вода и экология: проблемы и решения. – 2016. – № 1 (65). – С. 47–61.
7. Карманов, А.П. Технология очистки сточных вод: учеб. пособие / А.П. Карманов, И.Н. Полина. – Сыктывкар: СЛИ, 2015. – 207 с.
8. Козлова, И.В. Биохимическая очистка сточных вод коксохимических предприятий / И.В. Козлова, К.А. Боголюбов // Сборник трудов II Всероссийской молодежной научно-практической конференции. – 2017. – С. 313.
9. Колесников, В.А. Анализ, проектирование технологий и оборудования для очистки сточных вод / В.А. Колесников, Н.В. Меньшутина. – М.: ДеЛипринт, 2005. – 266 с.
10. Корчаков, С.А. Ввод в эксплуатацию установки биохимической очистки сточных вод на ООО «Мечел-Кокс» (этап I) / С.А. Корчаков, В.В. Бурков, В.В. Куркин, В.А. Антонова, Н.Ю. Котельникова, Д.В. Ветчинников, Т.М. Сабирова, С.П. Симонов // Кокс и химия. – 2013. – №6. – С. 41-46.
11. Лейбович, Р.Е. Технология коксохимического производства / Р.Е. Лейбович, Е.И. Яковлева, А.Б. Филатов. – М.: Металлургия, 1982. – 106 с.
12. Мезенцева, О.В. Внедрение НДТ в странах ЕС и Таможенного союза / О.В. Мезенцева, М.А. Волосатова // Контроль качества продукции. – 2014. – №6(14). – С. 13–20.
13. Официальный сайт ООО «Мечел-Кокс» – http://www.mechel.ru/sector/mining/mechel_koks
14. Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях: информ.-техн. справ. по наилучшим доступным технологиям. – М.: Бюро НДТ, 2015. – 418 с.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

15. Павлов, Д.В. Очистка сточных вод различных производств с применением наилучших доступных технологий / Д.В. Павлов, В. А. Колесников // Чистая вода: проблемы и решения. – 2010. – № 3. – С.74–78.

16. Примиский, В.Ф. Система экологического мониторинга коксохимического производства / В.Ф. Примиский, Е.А. Федченко, М.Г. Шаталов и др. // Экология и промышленность. – 2007. – № 3. – С. 75 – 80.

17. Ребрик, И.И. Наилучшие доступные технологии / И.И. Ребрик, А.Ю. Кочешков, И.А. Борисовская // ЭКО-БЮЛЛЕТЕНЬ ИНЭКА. – 2009. – № 3 (134). – С. 16–20.

18. Смирнова, В.С. Очистка высококонцентрированных сточных вод промышленных предприятий от фенолов / В.С. Смирнова, С.А. Худорожкова, О.И. Ручкинова // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. – 2017. – Т. 8. – № 2. – С. 52–63.

19. Справочник по наилучшим доступным технологиям в промышленности по переработке черных металлов. – М.: Деловые Медиа, 2013. – 609 с.

20. Штриплинг, Л.О. Основы очистки сточных вод и переработки твердых отходов: учеб. пособие / Л.О. Штриплинг, Ф.П. Туренко. – Омск: Изд-во Ом. гос. техн. ун-та, 2005. – 137 с.

21. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий / В.А. Колесников, В.И. Ильин, Ю.И. Капустин и др.; под ред. В.А. Колесникова. – М.: Химия, 2007. – 304 с.

22. Яковлев, С.В. Очистка производственных сточных вод / С.В. Яковлев. – М.: Стройиздат, 1988. – 512 с.

					20.03.01.2018.288 ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58