

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Филиал ИрГТУ в г. Усолье-Сибирском

Кафедра химической технологии неорганических веществ и
материалов

СОГЛАСОВАНО

Зам. Главного
инженера по учебной
технике:
«26» августа 2011 г.



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
Н.А. Буглов
" 26 " августа 2011 г.



РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ
ПРОИЗВОДСТВ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
(рабочая учебная программа дисциплины)

Направление

подготовки:

240100 «Химическая технология»

Профиль подготовки:

240100.5 «Технология электрохимических
производств»

Квалификация (степень)

бакалавр

Форма обучения

очная

Составитель программы Михайлов Б.Н. профессор кафедры химической
технологии неорганических веществ и материалов, доцент, к.т.н., ГОУ
ВПО «Иркутский государственный технический университет»

Иркутск
2011 г.

1. Информация из ФГОС, относящаяся к дисциплине

1.1. Вид деятельности выпускника (для направления 240100):

производственно-технологическая; организационно-управленческая; научно-исследовательская; проектная.

Область профессиональной деятельности бакалавров включает:

- методы, способы и средства получения веществ и материалов с помощью физических, физико-химических и химических процессов, производство на их основе изделий различного назначения с учетом обеспечения минимального воздействия на окружающую среду;
- создание, внедрение и эксплуатацию малоотходных промышленных производств основных неорганических веществ, продуктов основного и тонкого органического и неорганического синтеза, продуктов переработки минерального сырья, энергонасыщенных материалов и изделий на их основе.

2. Задачи профессиональной деятельности выпускника

производственно-технологическая деятельность:

- организация рабочих мест, их техническое оснащение, размещение технологического оборудования;
- контроль за соблюдением технологической дисциплины, ресурсосбережения и экологической безопасности электрохимических производств;
- исследование причин несанкционированных выбросов в производстве и разработка мероприятий по их предупреждению и устранению;
- участие в работах по доводке и освоению малоотходных технологических процессов в ходе подготовки производства новой продукции;
- проверка технического состояния и остаточного ресурса оборудования, организация профилактических осмотров и текущего ремонта;
- приемка и освоение вводимого экологического оборудования;
- составление заявок на экологическое оборудование и запасные части, подготовка технической документации на его ремонт;
- организация мониторинга ресурсосбережения и экологической безопасности на предприятии;
- обеспечение ресурсосбережения и экологической безопасности электрохимических производств;
- организация малоотходных электрохимических производств;

научно-исследовательская деятельность:

- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по ресурсосбережению и экологической безопасности электрохимических производств;
- математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и пакетов прикладных программ для научных исследований;
- проведение экспериментов по заданной методике, составление описания проводимых исследований и анализ их результатов;
- подготовка данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций;

- составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок;

- проведение мероприятий по защите объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия;

организационно-управленческая деятельность:

- составление технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы и экологическое оборудование), а также составление отчетности по утвержденным формам;

- выполнение работ по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов с учетом ресурсосбережения;

- организация работы коллектива в условиях действующего производства;

- подготовка исходных данных для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе эколого-экономического анализа;

- подготовка документации для создания системы мониторинга ресурсосбережения и экологической безопасности на предприятии;

- проведение организационно-плановых расчетов по созданию (реорганизации) малоотходных производственных участков;

- разработка оперативных планов работы эколого-производственных подразделений;

- проведение анализа затрат и результатов деятельности эколого-производственных подразделений;

- планирование и выполнение мероприятий по предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний и экологических нарушений;

проектная деятельность:

- сбор и анализ информационных исходных данных для проектирования малоотходных технологических процессов и установок;

- расчет и проектирование отдельных стадий малоотходного технологического процесса с использованием стандартных средств автоматизации проектирования;

- участие в разработке проектной и рабочей технической документации;

- контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

3. Перечень компетенций, установленных ФГОС

Освоение программы настоящей дисциплины позволит сформировать у обучающегося следующие **компетенции**:

общекультурные:

- готовность к соблюдению прав и обязанностей гражданина (ОК-5);

- стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, приобретению новых знаний в области техники и технологии (ОК-7);

- осознание социальной значимости своей будущей профессии, мотивации к выполнению профессиональной деятельности (ОК- 9);

- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, умение работы с компьютером как средством управления информацией (ОК-12);

- понимание роли охраны окружающей среды и рационального природопользования для развития и сохранения цивилизации (ОК-13);

профессиональные:

- использование знаний о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в аппаратах и устройствах, предназначенных для экологизации электрохимических производств (ПК-3);

- понимание сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознание экологических опасностей и угроз, возникающих в технологическом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны (ПК- 4);

- владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, иметь навыки работы с компьютером как средством управления информацией (ПК-5);

- владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий (в т. ч. экологических), катастроф, стихийных бедствий (ПК- 6);

- способность и готовность осуществлять малоотходный технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции (ПК-7);

- умение составлять математические модели типовых профессиональных задач, находить способы их решений и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-8);

- умение применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программ деловой сферы деятельности; использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в области электрохимии, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования; в составе коллектива исполнителей участвовать в выполнении теоретических и экспериментальных научных исследований по поиску и проверке новых идей совершенствования средств и оборудования электрохимических производств с учетом обеспечения минимального воздействия на окружающую среду и создания комплексов на их базе (ПК-9);

- умение использовать нормативные документы по качеству, стандартизации сертификации продуктов и изделий, ресурсосбережению и экологической безопасности, элементы экономического анализа в практической деятельности (ПК-10);

- способность обосновывать принятие конкретного технического решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения (ПК-11);

- умение использовать правила техники безопасности, производственной

санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда; измерять и оценивать параметры экологической безопасности (ПК-12);

- умение налаживать, настраивать и осуществлять проверку экологического оборудования и программных средств (ПК-13);

- умение проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт экологического оборудования (ПК-14);

- готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования (ПК-15);

- умение анализировать техническую документацию, подбирать экологическое оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт его (ПК-16);

- способность анализировать технологический процесс как объект управления (ПК-17);

- умение определять стоимостную оценку основных производственных ресурсов с учетом ресурсосбережения (ПК-18);

- умение организовывать работу исполнителей, находить и принимать управленческие решения в области организации и нормировании труда (ПК-19);

- умение систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятия и формированию ресурсов предприятия с учетом ресурсосбережения и экологической безопасности (ПК-20);

- умение планировать и проводить физические и химические эксперименты, проводить обработку их результатов и оценивать погрешности, математически моделировать физические и химические процессы и явления, выдвигать гипотезы и устанавливать границы их применения (ПК-21);

- умение проводить стандартные и сертификационные испытания материалов, изделий и малоотходных технологических процессов (ПК-22);

- способность использовать знание свойств химических элементов, соединений и материалов на их основе для решения задач профессиональной деятельности (ПК-23);

- способность и готовность изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования (ПК-25);

- умение разрабатывать проекты (в составе авторского коллектива) (ПК-26);

- умение использовать информационные технологии при разработке проектов (ПК-27);

- умение проектировать малоотходные технологические процессы с учетом ресурсосбережения и экологической безопасности с использованием автоматизированных систем технологической подготовки производства (в составе авторского коллектива) (ПК-28).

Выпускник должен обладать следующими **профессиональными компетенциями (ПК):**

общепрофессиональными: ПК-3; ПК-4; ПК-5; ПК-6;

производственно-технологическими: ПК-7; ПК-8; ПК-9; ПК-10; ПК-11; ПК-12; ПК-13; ПК-14; ПК-15; ПК-16;

организационно-управленческими: ПК-17; ПК-18; ПК-19; ПК-20;

научно-исследовательская деятельность: ПК-21; ПК-22; ПК-23; ПК-24; ПК-25);

проектная деятельность: ПК-26; ПК-27; ПК-28.

В дисциплине рассматриваются указанные в ФГОС задачи профессиональной деятельности выпускника:

- информационный поиск и анализ информации по малоотходным технологиям электрохимических производств;
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по экологической безопасности электрохимических производств;
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта в области разработки, эксплуатации, реорганизации цехов гальванических покрытий (в т.ч. машиностроительных, приборостроительных и авиационных) производств электросинтеза (в т.ч. хлорных; производства поликристаллического кремния, пероксида водорода и фторпроизводных), а также производства химических источников тока и электролиза расплавленных сред с учетом ресурсосбережения и экологической безопасности.

1.4. Перечень умений и знаний установленных ФГОС

Знать:

- факторы, определяющие устойчивость биосферы, характеристики возрастания антропогенного воздействия на природу, глобальные проблемы экологии, принципы рационального природопользования, методы снижения хозяйственного воздействия на биосферу, организационные и правовые средства охраны окружающей среды, способы достижения устойчивого развития;
- уровень экологического воздействия электрохимических производств на окружающую среду.

Владеть:

- ключевыми методами основных экологических расчетов;
- методами эколого-экономической оценки ущерба от деятельности предприятия,
- методами выбора рационального способа снижения воздействия на окружающую среду.
- информацией о рациональном размещении электрохимических производств;
- информацией о путях совершенствования электрохимических процессов и о путях обеспечения экологической безопасности производства.

Уметь:

- использовать этические и правовые нормы, регулирующие отношение человека к человеку, обществу, окружающей среде, использовать права и свободы человека и гражданина при разработке социальных проектов;
- осуществлять в общем виде оценку антропогенного воздействия на окружающую среду с учетом специфики природно-климатических условий;
- грамотно использовать нормативно-правовые акты при работе с экологической документацией;
- использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения химии для решения эколого-технологических задач;
- проводить контроль параметров атмосферы и гидросферы и уровня

негативных воздействий на их соответствие нормативным требованиям;

- использовать метод эколого-экономической оценки альтернативных технологических решений;
- отличать различные технологические электрохимические процессы по степени их экологической «чистоты»;
- рекомендовать пути решения экологических проблем для конкретного электрохимического производства.

2. Цели и задачи освоения программы дисциплины

Владение основной информацией по дисциплине является обязательным компонентом профессиональной подготовки современного специалиста профиля 240100.5 «Технология электрохимических производств».

В результате освоения программы дисциплины обучающийся должен:

- владеть методами математической статистики для обработки результатов активных и пассивных экспериментов;
- владеть сведениями об истории ресурсосбережения и экологии, о роли российских ученых в науке и практике ресурсосбережения и экологической безопасности электрохимических производств;
- быть готовым к использованию технического языка (терминологии) специалистов работающих в области экологии и экологической безопасности электрохимических производств;
- быть способен использовать полученную информацию для выбора специализации и в дальнейшем – области практической деятельности;
- владеть информацией о путях решения экологических проблем электрохимических производств;
- владеть сведениями об организации малоотходных отечественных и зарубежных предприятий отрасли.

Владение основной информацией по дисциплине является обязательным компонентом профессиональной подготовки современного специалиста.

Цели изучения дисциплины в вузе:

- понимание научных основ и методологии проектирования экологически безопасных или малоопасных технологий и видов основного и вспомогательного оборудования электрохимической технологии;
- изучение основных принципов и закономерностей выбора аппаратов для реализации экологически «чистых» технологических процессов технической электрохимии;
- ознакомление обучающихся с общими принципами и методологией изучения физико-химических, химических и электрохимических процессов, а также с перспективными направлениями совершенствования электрохимических производств и их экологизации.
- практическому овладению профессиональной речью и языком специальности для активного применения, как в повседневном, так и в профессиональном общении.

Практическое владение основами данной дисциплины предполагает также умение самостоятельно работать со специальной литературой с целью получения профессиональной информации.

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

- сформировать активное знание особенностей электрохимических процессов и механизм их воздействия на окружающую среду, умение различать «узкие» в экологическом плане места и выполнять ключевые эколого-технологические расчеты;
- изучение иерархической структуры построения «чистых» аппаратурно-технологических схем электрохимического производства;
- освоение методик проведения сквозных материальных расчетов; составления материальных балансов и выбор перспективных «чистых» аппаратов;
- рассмотрение промышленно реализованных решений при проектировании основных аппаратов, а также изучение новых приборов и оборудования для экологизации технологических процессов;
- изучение основных принципов и закономерностей выбора «чистых» технологий и аппаратов;
- умение оценивать уровень экологического воздействия электрохимических производств на окружающую среду.

Место дисциплины в структуре ООП

Для ее изучения, необходимо освоение содержание дисциплин: физика; химия; математические методы решения профессиональных задач; безопасность жизнедеятельности; процессы и аппараты химической технологии; основы электрохимии.

Знания и умения, приобретаемые студентами после освоения содержания дисциплины, будут использоваться во всех специальных (профессиональных) дисциплинах.

4. Компетенции обучающегося, формируемые при освоении дисциплины

Профессиональная компетенция которая означает способность правильно использовать технические знания, полученные при изучении дисциплины, в частности для выбора специализации, написания диссертации или выпускной работы и в дальнейшем – для практической деятельности.

Освоение программы настоящей дисциплины позволит сформировать у обучающегося **общекультурные компетенции**.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- уровень экологического воздействия электрохимических производств на окружающую среду;
- основные методы определения экологической эффективности технологических схем и решений.

уметь:

- различать электрохимические процессы по особенностям технологии и применяемым сырьевым материалам для конкретного электрохимического производства;

- использовать основные руководящие материалы при проектировании (ГОСТ, ЕСТПП, СанПиН, СНиП) малоотходных производств, станций очистки сточных вод и отработанных электролитов;
- производить выбор оборудования для очистки технологических выбросов;
- определять необходимое количество аппаратов для обеспечения экологических программ;
- производить выбор альтернативных экологически чистых технологических процессов;
- производить определение эффективности выбранных экологических решений.

владеть:

- ключевыми методами основных эколого-экономических расчетов;
- информацией о рациональном размещении электрохимических производств;
- информацией о путях совершенствования электрохимических процессов и обеспечения экологической безопасности производства;
- информацией об основных видах аппаратурно-технологических схем очистных сооружений.

5. Основная структура дисциплины

Вид учебной работы	Трудоемкость, часов	
	Всего	Семестр №4
Общая трудоемкость дисциплины	162	162
Аудиторные занятия, в том числе:	54	54
практические/семинарские занятия	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Вид итогового контроля по дисциплине	экзамен	экзамен

6. Содержание дисциплины

6.1. Перечень основных разделов и тем дисциплины

Введение

1. Экологические проблемы современности.
2. Экологическая обстановка в регионе в связи с техногенным загрязнением окружающей среды.
 - 2.1. Загрязнение гидросферы промышленными предприятиями.
 - 2.2. Загрязнение атмосферы промышленными предприятиями.
 - 2.3. Загрязнение литосферы промышленными предприятиями.
 - 2.4. Состояние окружающей среды в регионах Иркутской области с неблагоприятной экологической обстановкой.
3. Свойства токсикантов и контроль качества окружающей среды.
 - 3.1. Химические и физические свойства загрязняющих веществ. Влияние токсикантов на растительный, животный мир и человека.
 - 3.2. Физико-химические свойства токсикантов.
 - 3.3. Влияние техногенных факторов на здоровье человека.

- 3.4. Мониторинг и контроль качества окружающей среды.
4. Эколого-технологические направления уменьшения загрязнения окружающей среды электрохимическими предприятиями.
- 4.1. Эколого-технологические проблемы металлургических и химических производств Прибайкалья.
- 4.2. Пути уменьшения загрязнения атмосферы электрохимическими предприятиями.
- 4.3. Улавливание токсикантов и очистка технологических выбросов в атмосферу.
- 4.4. Пути уменьшения загрязнения гидросферы электрохимическими предприятиями.
- 4.5. Пути снижения водопотребления электрохимическими предприятиями.
- 4.6. Методы и схемы очистки технологических растворов и сточных вод.
- 4.7. Пути уменьшения загрязнения литосферы отходами электрохимии.
- 4.8. Повторное использование твердых отходов электрохимии.
- 4.9. Реорганизация работы станций очистки для получения целевых продуктов.
- 4.10. Полигоны и заводы по обезвреживанию и захоронению токсичных отходов.
- 4.11. Оборудование для разделения жидкой и твердой фаз.
- 4.12. Принципы организации малоотходных технологий.
- 4.13. Проектирование станций очистки технических растворов и промывных вод.
5. Эколого-экономические аспекты технической электрохимии.
- 5.1. Правовые основы охраны окружающей среды.
- 5.2. Критерии экологичности технологий.
- 5.3. Оценка влияния электрохимического предприятия на ОС.
- 5.4. Эколого-экономические аспекты использования тяжелых металлов.
- 5.5. Определение эколого-экономического ущерба.
- 5.5.1. Расчет экономического ущерба от выбросов вредных веществ в ОС.
- 5.5.2. Расчет платежей за загрязнение окружающей среды.
- На каждом занятии преподаватель объясняет основные положения теории и практики конкретных технологических процессов.

6.2. Краткое описание содержания теоретической части разделов и тем

Введение

Антропогенная миграция химических элементов стала основным фактором изменения окружающей среды. Естественное поступление химических элементов из недр едва достигает 1 % от антропогенных поступлений.

Через 50 лет при отсутствии регулирующих мер, концентрация свинца в окружающей среде возрастет в 10 раз, ртути – в 100, мышьяка – в 250 раз.

Содержание свинца в костях современного человека в 50 раз выше, чем в останках наших древних предков, а концентрация ртути в ныне живущих организмах в 100-200 раз превышает ее фоновое содержание в окружающей

среде (ОС). Быстрыми темпами происходит загрязнение атмосферы, в т.ч. и вследствие работы предприятий теплоэнергетики, сжигающих ископаемое топливо. Ежегодно в мире сжигается свыше 10 млрд. т условного топлива, при среднем КПД установок 33 %. При этом выбрасывается более 1 млрд. т взвесей в воздух, среди которых высоко содержание канцерогенных веществ. Сжигание бурых углей Сибири, содержащих значительное количество урана, привело к радиационному загрязнению ряда территорий Иркутской области.

Согласно обзору ВНИИ Медицинской информации, в 20-м веке в атмосферу попало более 1 млн. т кремния, 1,5 млн. т мышьяка, 900 тыс. т кобальта.

Только в атмосферу США ежегодно выбрасывается более 200 млн. т вредных веществ, в т.ч., млн. т: оксидов углерода – 100; оксидов серы – 37; углеводородов – 30; оксидов азота – 20 и различной пыли – 30. При 6 % мирового населения США потребляют около 40 % мировых естественных ресурсов и дают 60 % всех загрязнений на планете. Сегодня в атмосфере находится около 20 млн. т взвешенных частиц, что значительно уменьшает ее прозрачность. Основными загрязняющими веществами атмосферы являются диоксид серы, оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота и различные аэрозоли.

Специфические загрязнители воздушной среды техногенного происхождения – сероводород, сероуглерод, аммиак, нитраты, нитрозоамины, ртуть, свинец, кадмий, хлор-, фосфор- и фторорганические соединения. Основными техногенными источниками выделения оксидов азота по СНГ являются, %: энергетика – 72,5; автотранспорт – 17,3; черная металлургия – 6,1; промышленность стройматериалов, химическая промышленность – 1,7; горнорудное производство – 0,7; газо- и нефтепереработка – 0,6. Мощными источниками выделения оксидов азота в атмосферу являются метизные и гальванические производства и цеха травления. Концентрация оксидов азота в воздухе производственных помещений над травильными ваннами существенно превышает ПДК и достигает 2500 мг/м³. Большое количество оксидов азота выделяется при переработке отработанных топливных элементов ТВЭЛов атомных электростанций (например, на АЭХК).

Все вещества, попадающие в атмосферу тем или иным путем, включаются в общий биосферный кругооборот, что пагубно отражается на здоровье людей. Множится число больных, особенно сердечнососудистыми и онкологическими заболеваниями, а также болезнями желудка, печени и почек. Возрастает количество врожденных патологий. Техногенное загрязнение атмосферного воздуха способствует интенсификации эпидемического процесса инфекционных заболеваний и осложняет их течение. От болезней, вызываемых загрязнением воды, ежегодно умирает около 5 млн. новорожденных.

Неоправданно высокие выбросы токсикантов в ОС и нерациональное природопользование, наряду с сырьевой ориентацией экспорта, обуславливают приближение экологического кризиса в ряде регионов РФ. Уровни загрязнения воздуха в 86 городах РФ с общей численностью около 40 млн. человек зачастую превышают допустимые нормы в 10 раз и более. Около 1/3 проб воды из водоемов РФ, используемой для питьевого водоснабжения, не отвечают требованиям. Свыше 75 % отходов имеют повышенную степень токсичности. Значительные площади земель подвержены эрозии, загрязнены соединениями

азота, тяжелыми металлами и болезнетворной микрофлорой.

Все это привело к увеличению содержания вредных веществ в продуктах питания, они зачастую являются опасными для здоровья людей.

Ухудшение экологической обстановки в стране приводит к увеличению детской смертности и сокращению продолжительности жизни людей, росту смертности в результате онкологических заболеваний. Создается опасность для здоровья и воспроизводства будущих поколений: сегодня хронически болен практически каждый четвертый взрослый и каждый шестой ребенок.

Идет процесс расширения неблагоприятных в экологическом плане зон (Кузбасс, Норильск, северо-запад Кольского полуострова, Средний Урал, Ангарский, Усольский и Братский районы Иркутской области и др. территории). Дальнейшее развитие их без надлежащих мер по охране природы может способствовать образованию сплошных зон экологического бедствия.

Ресурсный потенциал Иркутской области обусловил ведущую роль в структуре ее промышленности отраслевых комплексов: топливно-энергетического, химической, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, цветной металлургии, горнодобывающих комбинатов и производств. Они являются основными загрязнителями природной среды. Экологические проблемы Прибайкалья обусловлены высокой концентрацией промышленных предприятий.

Наибольшую экологическую опасность представляют электрохимические производства – ИркАЗ, БрАЗ, АЭХК, Сибсиликон, ПО Усольехимпром и Саянскхимпласт, металлообрабатывающие производства и гальванические цеха.

Велик вклад топливно-энергетического комплекса и, конечно, АНХК.

Бассейн р. Ангары по данным 1993 г. принимал около 7 % от общего объема загрязненных вод России и превосходил по этому показателю все остальные водные бассейны страны, кроме Волги с Камой и Окой. Антропогенная нагрузка на Ангару значительно больше, чем на другие реки Сибири.

Вода Байкала по Международной классификации относится к 1 классу, а в истоке Ангары относится уже ко 2-ому. Пройдя через Иркутск, она переходит в 3-й, в районе г.г. Усолье-Сибирское и Свирск (150 км от истока) – в 4-й, в Усть-Илимском водохранилище уже в 7-ой класс, т.е. чрезвычайно загрязнена.

Основная часть стоков в Ангару (до 90 %) поступает от производств Приангарья – крупнейших предприятий страны с устаревшими, экологически «грязными» технологиями (в эксплуатации находится 80 % физически изношенного оборудования и 75 % устаревших технологий).

Начиная с 1986 г. средняя продолжительность жизни россиян стала уменьшаться, особенно сильно после 1990 г. В экологически неблагоприятных регионах, к которым относятся и г.г. Братск, Усолье-Сибирское и др., сократилась на некоторых отравленных территориях для мужчин до 52-55 лет.

1. Экологические проблемы современности

Значительное негативное воздействие на ОС оказывают перфторуглероды (ПФУ). Они характеризуются сильным поглощением инфракрасного излучения и относительной инертностью в атмосфере и могут вызвать парниковый эффект. Время существования ПФУ в атмосфере 2600-5000 лет. ПФУ – тетрафторметан

CF₄ и гексафторметан C₂F₆ широко используются в промышленности. Источники ПФУ: алюминиевая, электронная, электротехническая промышленность, средства пожаротушения, а также растворители. Страны, подписавшие Киотский протокол, должны снизить выбросы парниковых газов к 2008-2012 годам не менее 5 % от уровня 1990 г. Вклад в парниковые газы %: ПФУ – 0,29, метана – 13,7, диоксид углерода – 81,2, N₂O – 4,0, SF₆ – 0,3, гидрофторуглероды – 0,56.

ПФУ являются чужеродными для биосферы и не участвуют в биогеохимических циклах. CF₄ имеет потенциал потепления в 6500 раз больше, чем CO₂, а SF₆ – в 9200. В производстве алюминия они образуются во время анодных эффектов. Для уменьшения выбросов ПФУ рекомендуется применять автоматическую подачу глинозема и совершенствовать управление процессом.

В 1999 г. в мире было произведено 23,1 млн. т алюминия в 44 странах. США являются самым крупным производителем алюминия – 16 %, затем Россия, Китай и Канада. Многие страны имеют программы по сокращению выбросов ПФУ от производства алюминия. Китай и Россия таковых не имеют. В 2005 г. по общему объему выбросов парниковых газов РФ занимала одно из ведущих мест в мире, но уровень выбросов на 25 % ниже базового 1990-го.

Одна из главных природоохранных задач – возвращение использованных веществ в естественные или производственные циклы. Такие тяжелые металлы (ТМ), как ртуть, цинк, кадмий и свинец (основные загрязнители ОС), включаются в осадочные циклы. Акватория Ангары, донные отложения Братского водохранилища загрязнены соединениями ртути, поступившими со стоками цехов ртутного электролиза ПО Усольехимпром и «Саянскхимпласт», а также значительным количеством ТМ используемых в гальванических цехах и при производстве химических источников тока.

Твердые и опасные отходы. В среднем масса отходов на человека в мире составляет 50 т в год, для сравнения – в Японии 4 т.

Основные потребители природных ресурсов – развитые страны. Они при населении 1 млрд. человек потребляют 50 % энергии, 70 % металлов и порождают 75 % всех отходов, значительная часть которых остается в странах – поставщиках сырья. Темпы истощения недр постоянно растут. За последние 100 лет годовое потребление угля, железа, никеля, марганца возросло в 50-60 раз; вольфрама, алюминия, молибдена, калия – в 100-200 раз, хотя совершенно очевиден факт ограниченности природных ресурсов.

Неясны перспективы развития атомной энергетики, вследствие Чернобыльской катастрофы и аварии на Фукусиме. Нет полной гарантии безопасной эксплуатации АЭС. В мире остановлены 94 атомных реактора, к 1999 г. работало 429 реакторов.

2. Экологические принципы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов

Специальные мероприятия по охране и защите природной ОС необходимы, когда ее качества не соответствуют нормативным требованиям, а экосистемы не компенсируют антропогенные нагрузки. Для принятия управленческих решений о природоохранной деятельности необходимую информацию о

фактическом состоянии природных объектов представляют средства экологического мониторинга.

Под экологизацией производства в общем плане понимается учет возможных негативных последствий хозяйственной деятельности, при котором обеспечивалось бы включение всех видов взаимодействия с ОС в естественные циклы круговорота веществ.

Экологические нормативы и стандарты. Ограничения выбросов токсикантов. Нормирование качества окружающей природной среды представляет собой деятельность по установлению нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий человека на нее. Качество природной ОС зависит от состояния ее экологических систем, в которых постоянно и неизменно обеспечивается процесс обмена веществ и энергии и воспроизводится жизнь. Нормативы качества ОС должны отражать требования к ней различных потребителей и обеспечивать сохранение экологического равновесия в природных экосистемах в пределах их саморегуляции.

Нормативы предельно допустимых воздействий на человека. Нормирование химических показателей. ПДК – предельно допустимая концентрация химических веществ (норматив), других вредных веществ в окружающей среде, практически не влияющая на здоровье и не вызывающая неблагоприятных последствий у потомства, при постоянном контакте с этими веществами или при их воздействии за определенный промежуток времени.

Нормирование загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з}) и населенных пунктов (ПДК_{нп}). Правила, уставленные Американским Агентством по охране окружающей среды (ЕРА) часто принимаются другими странами с небольшими изменениями. В США «Новый стандарт выбросов» согласно закону «О чистом воздухе» от 1970 г. является федеральным законом, которому должны следовать алюминиевые заводы всех штатов [1].

Величина предельно допустимых выбросов (ПДВ) определяется исходя из конструктивных особенностей оборудования – системы улавливания выбросов электролизеров и эффективности поглощения системы газоочистки.

Нормативы предельно допустимых сбросов вредных веществ и микроорганизмов в воду (ПДС). Это масса загрязняющего вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в данном пункте водного объекта в единицу времени.

Нормирование образования и лимиты размещения отходов. Для характеристики отходов для каждого предприятия составляется паспорт, который включает сведения по объему, составу, классу опасности отходов, требования безопасности при обращении с ними и переработке их, а также правила хранения. Контролирующие природоохранные органы устанавливают, какое количество отходов (лимит) предприятие может себе позволить.

Нормативы санитарных и защитных зон устанавливаются для охраны водоемов, источников водоснабжения, курортных и лечебно-оздоровительных предприятий, населенных пунктов и других территорий от загрязнений и вредных воздействий. Например, для БрАЗа санитарно-защитная зона по основному переносу воздушных масс составляет 8 км.

Перечень экологически опасных видов производств и объектов определен

международной конвенцией об оценке воздействия на ОС в трансграничном масштабе: атомная промышленность; теплоэнергетика; черная и цветная металлургия; нефтехимия, нефтепереработка; газопереработка; химическая промышленность; добыча полезных ископаемых; транспортировка нефти и газа; производство целлюлозы и бумаги; транспортировка, утилизация и хранение токсичных отходов; крупные склады вредных веществ и материалов (нефть, ядохимикаты и т.д.); строительство дорог; сельскохозяйственные объекты; крупные водозаборы и плотины, водохранилища; вырубка лесов.

Уровень цивилизованности страны определяется в первую очередь не развитием техники, а продолжительностью жизни, которая зависит, прежде всего, от уровня доходов. В Японии средняя продолжительность жизни 80 лет, в Германии, Франции 74–78 лет, США – 72 года, в России – 65 лет, в Китае – 64 года, в Индии – 44, в Анголе – 41 год [1].

Плата за загрязнение окружающей природной среды. Опыт введения платежей (налогов) за загрязнение в развитых странах показал их недостаточную эффективность по улучшению экологической обстановки.

США, Япония, Италия и ряд других стран отказались от этого вида экономического воздействия и заменили его системой штрафов и запретов. В большинстве высокоразвитых стран не берут плату за неизбежные выбросы. Экономические рычаги используются для стимулирования внедрения новых совершенных технологий. Взимать плату за все выбросы предприятия – это снижать его конкурентоспособность на мировом рынке.

По Иркутской области выявлен следующий приоритетный ряд наиболее опасных причин возникновения экологических рисков: землетрясения, наводнения, пожары (лесные и промышленные), аварии на трубопроводном и железнодорожном транспорте, заморозки и засухи. Наиболее ощутимый ущерб наносят пожары и наводнения. Свыше 90 % территории Иркутской области покрыто лесом. Леса региона характеризуются высокой возгораемостью. Продолжительность пожарного периода достигает 170 дней.

2. Экологическая обстановка в регионе в связи с техногенным загрязнением окружающей среды

Загрязнение гидросферы промышленными предприятиями [1]

Загрязнение водных объектов – проблема, имеющая мировое значение, т.к. чистая питьевая вода – одна из главных составляющих здоровья человечества. В реки, озера, водохранилища и моря сбрасывается до 6,5 км³ в год неочищенных сточных вод, а с ними десятки миллионов т вредных веществ. Каждый кубометр неочищенной воды делает непригодным к употреблению до 60 м³ чистой воды. В мировой океан поступает ежегодно, т: нефти 5100000, свинца более 3000, ртути около 800.

По прогнозам к 2020 г. содержание свинца в воде увеличится по сравнению с 1960 г. в 10 раз, ртути – в 100 раз, мышьяка – в 250 раз.

В регионах Иркутской области сложилась опасная экологическая ситуация по загрязнению водных ресурсов. Регион г. Братска - зона чрезвычайной экологической ситуации. В водные объекты г. Братска сбрасывается около 300 млн. м³ стоков ежегодно. На предприятиях Сибири допускаются залповые

выбросы загрязняющих веществ. Локальные очистные сооружения не обеспечивают должную степень очистки сточных вод.

Р. Ангара на участке от Иркутска до Ангарска интенсивно загрязняется ионами тяжелых металлов (ИТМ): цинком, медью и др. В настоящее время концентрация цинка, меди и др. веществ в р. Ангаре значительно превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов, что делает необходимым принятие неотложных мер по снижению содержания ИТМ в водоеме. По степени отрицательного воздействия на человеческий организм ИТМ выдвигаются на первое место. Ионы тяжелых металлов, проникая вместе с водой и продуктами питания в живые организмы, накапливаются в них, поражая сердце, мозг, печень и другие органы.

Проведенное при участии проф. Михайлова Б.Н. обследование предприятий г. Иркутска в 1988 г. показало, что основным источником загрязнений р. Ангары ИТМ являются гальванические цеха. В г. Иркутске в то время работали 4 крупных гальванических цеха на ПО «Радиан», ПО «Восток», Авиазаводе и Релейном заводе имеющих очистные сооружения. Более 10 гальванических отделений на предприятиях: «Эталон», завод карданных валов, завод 403ГА, завод им. Куйбышева, комбинат «Росторгмонтаж», Станкостроительный завод и др. – работали без очистки. Из гальванических цехов ежегодно со стоками выбрасывалось до 50 т цинка, 25 т никеля и значительное количество др. металлов, часть которых улавливалась при очистке.

В настоящее время около 13 т цинка ежегодно поступает в Ангару.

Одной из причин значительных выбросов металлов из гальванических цехов является низкий уровень технологии нанесения гальванических покрытий, в результате чего только 15-35 % металла расходуется на покрытие, а остальное в виде отходов поступает в ОС. Для снижения потерь металла в этих цехах необходима коренная реконструкция их и внедрение малоотходной технологии. Целесообразно не только совершенствование технологии нанесения гальванических покрытий, но и внедрение локальных методов очистки стоков с выделением металлов из стоков и повторным его использованием.

В институте биологии при Иркутском государственном университете проведены исследования показавшие возможность применения водорослей и высших растений для доочистки стоков. Хорошие результаты по удалению азотсодержащих соединений из раствора показали такие макрофиты, как хара, элодея, уруть, роголистник и ряска трехдольная. В зависимости от исходной концентрации токсикантов процесс удаления их до ПДК осуществляется за 10-15 суток. При этом существенно снижаются ХПК и ВПК. Наросшая биомасса пригодна в качестве кормовой добавки или для компостирования.

Предприятия Иркутской области являются источником загрязнения водоемов канцерогенными ПАУ (полициклические ароматические углеводороды). Водотоки и водоемы области подвержены наиболее опасным видам загрязнений: тепловому, биогенному, ртутному и диоксиновому.

Целый ряд элементов и соединений, таких как ртуть и диоксины, обладает канцерогенным, мутагенным, гонадотоксическим (гонады - половые железы) эффектами и отнесен к высокотоксичным веществам.

Обнаружены ингредиенты с неизвестными биологическими свойствами,

появляющиеся после прохождения сточных вод через очистные сооружения. Различного рода модификаторы, блескообразователи и др. компоненты взаимодействуют между собой с образованием токсичных агентов.

Диоксиновое загрязнение. Диоксины резко снижают иммунитет человека к вирусным инфекциям и влияют на генетический аппарат. Они возникают при взаимодействии галогенидов с углеродом в кислой среде. Максимально образование полихлорированных дибензо-н-диоксинов (ПХДД) и полихлорированных дибензофуранов (ПХДФ) в производстве хлорированных соединений. Неизбежно образование высоко хлорированных диоксинов.

Значительный источник диоксинов – производство эпихлоргидрина, одного из важных хлорорганических полупродуктов, большая часть которого расходуется на производство эпоксидных и ионообменных смол. Выпуск винилхлорида – одна из наиболее масштабных диоксиноопасных хлорных технологий. С экологической точки зрения этот процесс наиболее «грязен».

Загрязнение канцерогенными веществами. Одним из крупных промышленных комплексов по переработке органического сырья является АНХК. Ее сточные воды содержат: нефтепродукты, фенолы, бензол, аммиак, сероводород, бутиловые спирты, формальдегид, хлориды, фосфаты, мочевины, метанол, ПАВ, взвешенные вещества, малеиновый и фталевый ангидриды, стирол, полистирол, серную, азотную и синтетические жирные кислоты, аммиачную селитру, нитриты, нитраты, цианиды, роданида, мышьяк, кобальт, медь, хром, диметилтерефталат и полициклические ароматические углеводороды. В них присутствуют ингредиенты неизвестного состава, продукты неполного окисления органических веществ и промежуточного синтеза новых веществ.

Озеро Байкал является мировым достоянием, поэтому проблема экологической чистоты его наиболее актуальна. Качество байкальской воды превосходит требования к питьевой воде, принятые в Швейцарии.

В самом глубоком, самом древнем (25 млн. лет), самом большом озере мира сосредоточено около 23 триллионов м³ абсолютно чистой, постоянно обновляющейся воды. Ее хватило бы всему человечеству на 4 тыс. лет. Байкал – уникальная фабрика чистой воды. В процессе жизнедеятельности байкальских водных животных и растений поглощаются из воды вредные вещества.

Они обезвреживаются в процессах обмена, и после отмирания биоты увлекаются в донные осадки. Особо высокой чистотой отличается вода «ядра» Байкала – зоны, находящейся на глубинах от 300 м под поверхностью воды до 100 м над дном озера. Глубинная вода обменивается в среднем через 10-14 лет. Она по своим характеристикам не имеет аналогов в мире. В байкальской воде практически нет токсичных ИТМ и органических соединений, низки концентрации железа, нитратов, нитритов и сульфатов. Вместе с тем в ней в необходимых количествах есть все важнейшие биогенные макро- и микроэлементы. Насыщенность кислородом и низкая минерализация воды обеспечивают ее роль по поддержанию здоровья и возможность выноса из организма различных шлаков. Глубинная вода Байкала, а это практически 70 % ее объема, не содержит бактерий кишечной палочки. По данным ЛИИ СО РАН, в глубинной воде Байкала по всей акватории озера микробное число составляет меньше 100 бактерий в 1 мл, т.е. прекрасное качество воды, соответствующее

высшей категории качества. Содержание органических токсинов в т.ч. хлорорганических соединений в воде Байкала намного ниже мировых стандартов качества. Байкал, со своим мощнейшим очистительным потенциалом, справляется с существующей антропогенной нагрузкой.

Загрязнение атмосферы промышленными предприятиями [1]

Интенсивно загрязняют атмосферный воздух предприятия теплоэнергетики, химические и металлургические. Общий выброс вредных веществ в атмосферу РФ от стационарных источников, млн. т в год: предприятий энергетики, цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, лесной, деревоперерабатывающей и бумажной промышленности составляет примерно 65, от автотранспорта – 40. Общий выброс SO_2 превысил 20 млн. т. Особенно страдает от загрязнений воздушный бассейн городов. Наибольшую опасность для человека представляет бензапирен – канцероген, образующийся при неполном сгорании углеводородов.

Содержание углекислого газа в атмосферном воздухе за последние 10 лет возросло на 15 %. В настоящее время в атмосфере находится около 20 млн. т взвешенных частиц. Газообразные выбросы вредных веществ, поступающие в атмосферу, при определенных метеоусловиях могут вступить в реакции фотосинтеза, восстановления, катализа, полимеризации и т.д. В результате образуются новые химические соединения, в том числе и весьма токсичные.

В атмосферный воздух нашей планеты ежегодно поступает свыше 200 млн. т различных химических веществ: серосодержащие и фтористые соединения, углеводороды и углекислота, образующиеся при сжигании нефти, каменного угля и некоторые др. соединения.

БрАЗ и ИркАЗ в 2000 г. выбросили в атмосферу 22600 т и 7500 т отходящих газов соответственно. В них содержится: фтора 300-700 мг/м³, SO_2 100-600 мг/м³; присутствуют токсиканты первой группы опасности – Be, V, бензапирен, а также газы коксования, пыль и др.

По оценкам проф. Михайлова Б.Н. за время работы БрАЗа и ИркАЗа в атмосферу выброшено около 12 тыс. т и 3,5 тыс. т соединений бериллия и ванадия соответственно – токсикантов 1-го класса опасности.

На характер загрязнения атмосферы существенное влияние оказывают метеоусловия. Вследствие ветровой деятельности загрязнители могут перемещаться на тысячи километров. Так одним из основных загрязнителей Байкала является Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс КАТЭК.

Региональный центр медицинской экологии Иркутской области оценил уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах и поселках по индексу уровня загрязнения атмосферы (ИЗА). По результатам наблюдений Иркутскгидромета в 1990 г отмечены следующие уровни загрязнения атмосферного воздуха по ИЗА:

Высокий уровень: г.г. – Братск 6,0; Байкальск 4,5; Шелехов 4,3; Черемхово 4,3; Иркутск 4,0 и Зима 3,4.

Повышенный уровень – г.г. Усолье-Сибирское 2,7; Усть-Илимск 2,5; Ангарск 2,0.

Умеренный уровень – г. Свирск 1,3.

Низкий уровень – г.г. Слюдянск и Тайшет (по 0,9); Бирюсинск и

Нижнеудинск (по 0,8); пос. Листвянка и Култук (по 0,7) и г.г. Саянск и Усть-Кут (по 0,6).

Допустимый уровень – п.г.т. Мегет 0,5; г. Железногорск-Илимский 0,4 и г. Вихоревка 0,3.

Снежный покров является индикатором загрязнения воздушного бассейна. В 1990 г. проведена снегогеохимическая съемка левобережья р. Ангары. Получен фундаментальный фактический материал для всестороннего анализа проблем загрязнения окружающей среды.

Молодые каменные угли Восточной Сибири содержат значительные количества урана и ряда др. токсикантов. Сжигание их привело к значительному загрязнению территорий ураном вследствие выноса золы. По этой причине высоко радиационное загрязнение старой части Иркутска.

По данным 2002 г. в 8 промышленных городах области зарегистрирован очень высокий и высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха.

Очень высокий уровень – в городах: Братск, Иркутск, Усолье-Сибирское, Черемхово, Шелехов, высокий – Ангарск, Зима, Усть-Илимск.

Уже более 10 лет города Братск и Иркутск включаются в Приоритетный список городов России с наибольшим уровнем загрязнения воздуха.

В 2000 г. в этом списке вновь появился и г. Шелехов.

Высокое загрязнение атмосферного воздуха в этих городах обусловлено выбросами бенз(а)пирена, формальдегида, диоксида азота, взвешенных веществ в сочетании с неблагоприятными метеорологическими условиями для их рассеивания, а также выбросами специфических примесей: для Братска – фторидов, метилмеркаптана и сероуглерода, для Усть-Илимска – метилмеркаптана.

Оценка состояния загрязнения свидетельствует: в 15 городах области средние за год концентрации одной или более примесей в атмосфере превышали уровень 1 ПДК. Исключение составляют пос. Листвянка, Мегет, Култук и г. Слюдянка, имеющие низкий уровень загрязнения. Загрязнение городов и посёлков области основными примесями происходит вследствие выбросов предприятий теплоэнергетики, угольной, нефтехимической, деревообрабатывающей промышленности, а также большого количества мелких котельных, жилого сектора с печным отоплением и автотранспорта.

В промышленных городах Иркутской области отмечалось повышенное содержание специфических примесей, поступающих в воздушный бассейн с выбросами предприятий цветной металлургии, химической, нефтехимической; лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности.

В [1, табл. 2.3] представлена динамика суммарных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников. Максимальное количество специфических загрязняющих веществ выбрасывается предприятиями теплоэнергетики, химии, нефтехимии, цветной металлургии, целлюлозно-бумажной и микробиологической промышленности.

В соответствии с классификацией Минздрава РФ и результатами эпидемиолого-гигиенических исследований удаляемые в атмосферу примеси выделены в группы:

- вещества, обладающие общетоксическим действием;
- вещества с выраженным аллергическим действием;

- вещества, с известными аллергенными проявлениями при интоксикации;
- вещества с установленным канцерогенным действием.

Зависимость между снижением уровня загрязнения атмосферы и уменьшением заболеваемости приведена в [1, табл. 2.4].

Воздушный бассейн Прибайкалья значительно загрязнен буквально всеми определяющими элементами и их соединениями в концентрациях, превышающих региональные фоновые в тысячи и десятки тысяч раз.

Загрязнение литосферы промышленными предприятиями [1]

В РФ ситуация в области обращения с отходами крайне неблагоприятна. По оценкам (www.arhpress.ru Барбашин И.В., аппарат Совета Федерации РФ. Обращение с отходами в России.), их ежегодно образуется от 2,7 до 3,4 млрд. т, в т.ч. 2,6 млрд. т – промышленные отходы, 700 млн. т – жидкие отходы птицеводства и животноводства, 35-40 млн. т – твердые бытовые отходы, 30 млн. т – осадки очистных сооружений. Общий объем не утилизированных отходов оценивается в 80 млрд. т. В среднем на россиянина приходится 1 т образовавшихся отходов в год. Средний уровень использования отходов составляет около 26 %, в т.ч. промышленные отходы перерабатываются на 35 %, твердые бытовые отходы – на 3-4 %, остальные практически не перерабатываются. Данные по накоплению отходов, особенно бытовых, носят оценочный характер.

По данным Государственного доклада о состоянии и охране ОС в РФ, в 2002 г. в хранилищах, накопителях, могильниках, а также на свалках и др. объектах накоплено свыше 44 млрд. т отходов, из которых использовано и обезврежено более 1214 млн. т (около 60 % всех образовавшихся), в т.ч., %: I класса опасности – 21,6, II – 89,1, III – 13,2, IV – 14,0 и V – 54,4.

Особую проблему представляют отходы промышленного производства.

В 2002 г. их образовалось 2 млн. т, наибольший объем накоплен, % : в топливной промышленности 51,92, черной металлургии 19,58, цветной металлургии 12,33. Все это создает серьезные экологические проблемы.

В увеличивающемся объеме твердых бытовых отходов большую долю составляют отходы упаковки и упаковочных материалов — до 40-60 %. Уже сейчас в среднем по России приходится 50 кг упаковки в год на человека (по крупным городам эта цифра выше). Отходы упаковки в развитых странах Европы составляют в год до 150 кг на человека, в США – 280 кг, в Японии – почти 400 кг. Их объем постоянно увеличивается – ежегодный прирост составляет в среднем 5 %.

Супертоксики – 12 стойких органических загрязнителей, в т.ч. 8 хлорсодержащих пестицидов, полихлорбифенилов (ПХБ), гексахлорбензол (ГХБ), полихлордибензо-п-диоксин (ПХДД), полихлордибензофураны (ПХДФ). Ситуация с супертоксикантами в РФ катастрофическая. На ее территории хранятся только запрещенные к применению хлорорганические пестициды порядка 1,1 тыс. т, практически отсутствуют технические мощности, а также технологии, прошедшие государственную экологическую экспертизу, для уничтожения их запасов и восстановления загрязненных ими территорий.

По состоянию на 01.01.2003 г. в Иркутской области насчитывалось 27918 га нарушенных земель. Наибольшая доля нарушенных земель приходится на цветную металлургию, угольную промышленность и черную металлургию.

Почва, как сложное природное образование, обеспечивая протекание ряда важнейших биологических процессов, наряду с этим формирует качество основных источников хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Химические вещества, находящиеся в почве, смываются атмосферными осадками с поверхности в открытые водоемы или попадают в грунт.

Источником загрязнения почвы являются организованные и неорганизованные свалки отходов, а также и атмосферные выбросы предприятий.

Одним из экологически «грязных» производств является процесс получения алюминия электролизом криолитоглиноземного расплава. Выбросы фторидов в ОС составляют в лучшем случае 35-55 кг на 1 т товарного алюминия.

БрАЗ и ИркАЗ выбрасывают порядка 45 тыс. т и 9 тыс. т в год фтористых соединений соответственно. Значительная часть их приходится на выбросы в атмосферу. В частности, БрАЗ выбросил в 2000 г 2600 т отходящих газов. В них содержатся, мг/нм³: фтор 300-700; SO₂ 100-600; газы коксования, бензапирен, пыль и др. вещества. ИркАЗ – порядка 7500 т. В результате чего окружающие территории пересыщены фтором. Твердые отходы этих заводов – это главным образом пропитанная фтористым электролитом угольная футеровка демонтированных электролизеров, шламы флотации и установок газоочистки.

В настоящее время на шламохранилищах БрАЗа хранится порядка 0,5 млн. т «лежалых» вышеназванных шламов. Общие выбросы флотационных шламов цеха ПФС и шламов газоочистки составили в 1998 г. порядка 11,0-11,2 тыс. т. При содержании в них фтора 8,2 %, поступление его на шламовые поля БрАЗа с данного передела составило в названный период порядка 910 т.

С промышленными выбросами в почву поступают содержащиеся в них вещества, особенно на небольшом удалении от источника загрязнения. Повышенное количество этих веществ в почве отражается на химическом составе растений, что небезразлично для здоровья людей и животных.

Так, например, сельхозпродукты, полученные на землях, примыкающих к ИркАЗу, содержат фтор значительно выше ПДК: клевер, капуста, яблоки и т.п. 35-20 ПДК; картофель, морковь и другие корнеплоды 8-5 ПДК.

По розе ветров выбросы ИркАЗа распространяются на территорию левобережных садоводств г. Иркутска (район Ново-Грудинино и Большого Калоя), содержание фтора в продукции этих садоводств также превышает ПДК. Известно, что избыток фтора приводит к хроническому заболеванию костной системы и зубов – флюорозу. Им больны в той или иной степени не только работники алюминиевых заводов и жители прилегающих населенных пунктов, но и животные округа. Например, флюорозом в тяжелой форме болен скот в п. Баклаши.

Крайне неудачно размещение садоводств в зоне преимущественного распространения выбросов промпредприятий. И, конечно же, недопустимо использование для населения региона, пересыщенного фтором зубных паст, содержащих фтор в той или иной форме.

Получение хлора и щелочи на предприятиях области производится по устаревшим технологиям. Использование для этой цели электролизеров с жидким ртутным катодом привело к отравлению земель и водоемов ртутью – токсикантом 1-ой группы опасности. Только в результате работы цеха ртут-

ного электролиза на ПО Усольехимпром выброшено (по оценкам проф. Михайлова Б.Н.) в окружающую среду более 1000 т ртути. По другим оценкам под цехом электролиза находится «пятно» этого металла массой около 1200 т.

На примыкающих землях от р. Белая до р. Беликтуй содержание ртути значительно выше ПДК. Ртутью загрязнена акватория р. Ангары и Братское водохранилище. Содержание ртути в тканях рыбы названного водохранилища превышает ПДК в несколько раз.

Проблема промышленных отходов. До последнего времени во всем мире уделялось мало внимания утилизации и уничтожению промышленных отходов, изучению их состава и влиянию на окружающую среду. Острота этого вопроса обусловлена ярко выраженной способностью почвы адсорбировать и накапливать различные соединения. В определенных условиях может происходить транслокация их в растения, поступление в атмосферный воздух, поверхностные водоемы, подземные воды. Свалки и отвалы промышленных отходов стали опасными источниками загрязнения окружающей среды. Небрежное складирование промышленных твердых, а также жидких отходов приводит к увеличению содержания в почве токсичных веществ и созданию искусственного геохимического фона.

В почве имеются все необходимые условия для того, чтобы большинство попавших в нее химических веществ превратились в формы безвредные для человека и полезные для растений. Однако надо учитывать, что процессы естественного самоочищения проходят эффективно лишь тогда, когда почва не перегружена промышленными отходами. Если же в почву вносится чрезмерное количество отходов, то она не в состоянии их обезвредить. В отличие от атмосферного воздуха и водоема аккумуляция токсических веществ в почве происходит довольно быстро. Многие химические отходы оказывают отрицательное влияние на процессы самоочищения почвы. Загрязнение промышленными отходами ухудшает водно-воздушный режим, который играет важную роль в процессах самоочищения почвы. Токсические вещества вызывают снижение напряженности микробиологических процессов в почве и заметное уменьшение численности почвенных микроорганизмов.

Попавшие в почву химические вещества активно мигрируют из поверхностного слоя на глубину. Однако интенсивность перехода различных элементов различна: например, медь, цинк, свинец в основном остаются в поверхностном слое, а никель, хром, селен в большей степени мигрируют вглубь. Особенно активно мигрирует ртуть, достигая глубоких горизонтов. Почва загрязняется шламами очистных сооружений гальванических цехов, пиритными огарками, отходами обогащения и шахтными породами, твердыми отходами органического происхождения, содержащими токсические вещества, маслами, кислотами, щелочами, концентрированными растворами и сточными водами химической промышленности и др. веществами.

Основные объемы многотоннажных отходов по Иркутской области дают микробиологическая промышленность (гидролизный лигнин), угольная – отходы углеобогащения, горнодобывающая промышленность – вскрышные породы и отходы обогащения руд, теплоэнергетика – золошлаковые отходы; целлюлозно-бумажная и лесоперерабатывающая промышленность – шлам-лигнин,

древесные отходы; химическая и нефтехимическая промышленности – шламы и нефтешламы. Отходы предприятий Иркутской области в 2002 г составили по отраслям, т: электроэнергетика 73203642,547; топливная промышленность 258031,891; цветная металлургия 2024813,567; химическая и нефтехимическая 29521,736; лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная 1131885,278.

Критериями оценки уровней загрязнения почв являются ПДК, ОДК, фоны (Ф) и кларки (К) загрязняющих веществ.

3. Свойства токсикантов и контроль качества окружающей среды

3.1. Химические и физические свойства загрязняющих веществ.

Влияние токсикантов на растительный, животный мир и человека

Токсиканты, содержащихся в водоемах проникают в водоросли и организм животных, в ткани овощей, фруктов и злаковых культур.

Например, соединения кадмия даже в малых концентрациях оказывают резко выраженное токсическое действие на рыб и др. водные организмы. Весьма вредны соединения шестивалентного хрома, который при концентрации в воде более 0,01 мг/л оказывает токсическое действие на микрофлору водоемов. При концентрации 0,0001 мг/л хром начинает аккумулироваться в организмах рыб. Соединения меди также достаточно вредны, при концентрациях 0,004 мг/л они токсичны и тормозят развитие многих водных организмов. Кадмий, медь, цинк, хром, олово, никель и ртуть накапливаются в водных организмах зачастую до весьма высоких концентраций. Так в водных беспозвоночных цинк и медь концентрируются в 10 раз по сравнению с водой. При поливе ИТМ выносятся из водоемов на поля и концентрируются в плодородном слое почвы в виде гуматов. Все это приводит к снижению азотфиксирующей способности почв и урожайности, накоплению металлов выше допустимой нормы в кормах и продуктах питания. Содержание ИТМ в них оказывается в тысячи раз выше, чем в почвенных растворах.

Канцерогенное действие на теплокровных животных оказывают мышьяк, селен, цинк и палладий и др. элементы, содержащиеся в питьевой воде. При поступлении другими путями – хром, бериллий, свинец, ртуть, кобальт, никель и серебро. Тератогенное действие (способность вызывать уродства у новорожденных) на животных оказывает кадмий, свинец, мышьяк, кобальт, алюминий и литий. Мутагенное действие (изменение наследственности) появляется не только в том поколении, когда возник новый признак, но и в последующих поколениях.

Сведения о накоплении тяжелых металлов в тканях растений и животных приведены в [1, табл. 3.1].

Вода, загрязненная марганцем, может вызывать нарушение липидного обмена, пневмонии, психические расстройства, мышьяком – заболевание желудочно-кишечного тракта, органов дыхания и рак кожи. Наличие ртути в организме может привести к необратимым поражениям нервной системы, свинцовая интоксикация вызывает энцефалопатию, нарушение оплодотворения, выкидыши, бесплодие и др. патологии. Установлена связь между

загрязнением воды винилхлоридом и заболеваемостью антосаркомами печени, между загрязнением ее бензином и возникновением рака мочевого пузыря.

Физико-химические свойства токсикантов приведены в [1].

Вредные вещества зачастую оказывают совместное, или так называемое комбинированное действие на организм человека, теплокровных животных, флору и фауну водоемов, на микрофлору очистных сооружений канализации.

Это - синергизм или тенционирование, когда эффект действия больше простого суммирования; антагонизм, когда действие нескольких ядов бывает меньше суммированного; аддитивное или простое суммирование.

Наблюдается и отступление от этой схемы. Кадмий с цинком и цианидом в воде усиливает действие токсикантов, мышьяк же является антагонистом селена.

К отдаленным эффектам относят мутагенное, канцерогенное, тератогенное, гонадотоксическое, эмбриотоксическое и аллергенное действие. Нередко в их число включают фиброгенное, атеросклеротическое, кардиотропное, геронтогенное и иммунодепрессорное действия. Отдаленными указанные эффекты называются в связи с тем, что их проявление обнаруживается спустя длительный срок после контакта индивидуума с химическим соединением и может быть связано не только с самим объектом, подвергнувшемуся воздействию, но и с его потомством в разных поколениях.

Многие вещества, обладая совокупностью биологических эффектов, имеют политропный характер действия. В зависимости от преимущественно поражаемой химическим веществом системы, все яды объединяют в пять групп: вещества раздражающего типа действия, нейротропные яды, гепатотропные яды, почечные яды и яды крови. Исходя из этого профессиональные заболевания химической этнологии также делятся на 5 групп в зависимости от преимущественного поражения: органов дыхания, нервной системы, гепатобилиарной системы, системы крови, почек и мочевыводящих путей.

Ионы тяжелых металлов (ИТМ), выносимые сточными водами электрохимических производств, весьма вредно влияют на экосистему водоем - почва - растения - животный мир - человек. Переходя в раствор или образуя коллоидные системы, они участвуют во всех стадиях гидрологического цикла, включаясь также в пищевую цепь от планктона до зообентоса и свободно плавающих организмов. Комплексообразование может в значительной мере изменять токсичность «свободных» ИТМ. Так, например, при взаимодействии ионов Cu^{2+} с гумусовыми кислотами происходит резкое – в 500 раз повышение ее токсичности. ИТМ концентрируются в десятки раз в тонкой поверхностной пленке воды (от 50 до 500 мкм). Донные осадки, а также коллоидные и другие дисперсные формы, в которых накапливаются ИТМ, в обычных условиях менее опасны, но при понижении pH (например, при выпадении кислотных дождей) могут быть источниками резкого повышения концентрации растворимых ионных форм.

Способность к аккумуляции в донных отложениях и гидробионтах возрастает в ряду $\text{Pb} > \text{Hg} > \text{Cu} > \text{Cd} > \text{Zn} > \text{Cr} > \text{Ni}$.

В природе ионы одного металла крайне редко встречаются изолированно, поэтому изучение токсичности только одного металла может привести к

неправильным выводам. При сливе различных металлосодержащих отходов важно знать каково их взаимодействие.

Например, смесь цинка и меди в пять раз более токсична, чем можно было бы ожидать, суммируя их действие. Цинк и кадмий действуют обычно аддитивно, тогда как цинк и никель синергически.

Как правило, при весьма малом содержании металлов наблюдается аддитивный эффект, тогда как при повышенном – синергический. Последний является преобладающим в трехкомпонентных системах.

В книге [1] приведены данные о вредном действии на окружающую среду некоторых металлов и соединений, содержащихся в отходах электрохимических производств.

3.2. Мониторинг и контроль качества окружающей среды

Мониторинг – это система регулярных длительных наблюдений в пространстве и во времени, дающих информацию о прошлом и настоящем состояниях окружающей среды, позволяющую прогнозировать будущее изменение ее параметров, имеющих особое значение для человечества [1].

Мониторинг и контроль качества ОС являются необходимым звеном решения всех глобальных проблем загрязнения атмосферы, воды и почвы в результате антропогенного воздействия человека на природу.

В зависимости от целей и объектов наблюдения мониторинг подразделяют на санитарно-гигиенический, экологический и биосферный.

Экологический мониторинг имеет целью оценку и прогноз антропогенных изменений в экосистемах, их продуктивности и ответной реакции биоты на эти изменения. Система контроля за ОС включает в себя:

- слежение и контроль – систематические слежения за состоянием ее;
- прогноз – определение возможных изменений природы под влиянием естественных и антропогенных факторов;
- управление – мероприятия по регулированию состояния ОС.

Составной частью экологического мониторинга и наиболее развитой является контроль над загрязнением водной, воздушной сред (т.е. слежение за накоплением в окружающей среде ИТМ, пестицидов и др. ксенобиотиков).

Для этой цели в РФ специализированные станции мониторинга; наблюдения ведутся также с территорий биосферных заповедников.

По данным Всемирной организации здравоохранения, общая масса отходов в мире составляет несколько млрд. т/год. В развитых странах на одного человека приходится около 1 т в год только бытовых отходов.

Из 6 млн. известных химических соединений около 600 тысяч постоянно используются в промышленности и попадают в окружающую среду в виде различных отходов, стоков и выбросов. Печальными последствиями бурного развития промышленности в 20 веке являются так называемые «кислотные дожди» и «парниковый эффект». Немало опасностей для человека таит в себе и химизация сельского хозяйства. Применение гербицидов, пестицидов, инсектицидов, удобрений и ядохимикатов приводит к постоянному накоплению в почве, растениях и животных вредных для человека химических соединений, обладающих отравляющими, канцерогенными и мутагенными свойствами.

Биоиндикация - комплекс специфических реакций живого организма-биоиндикатора (или какого-либо биологического элемента-группы клеток, ткани, органа) на воздействие определенного вещества, причем эти реакции можно регистрировать и по ним давать оценку присутствия загрязнителя и его концентрации. Еще в прошлые века шахтеры брали с собой в забой клетки с канарейками, по поведению которых люди судили о наличии в шахте гремучего газа. Для индикации веществ-загрязнителей можно использовать в качестве тест организмов, как растений, так и животных.

Одной из самых распространенных систем контроля над загрязнителями, где использовались бы живые организмы, является метод определения биохимической потребности в кислороде (БНК). В нем фиксируется метаболическая активность микроорганизмов, которые окисляют питательные вещества, содержащиеся в пробе воды. Чем больше загрязнены стоки, тем больше пищи для микробов и тем интенсивнее и в больших количествах потребляется ими кислород. Для быстрого определения БНК сточных вод были разработаны одни из первых биосенсоров. Биосенсором в общем случае называют анализирующее устройство, главной частью которого может служить, например, чувствительный электрод, содержащий, в свою очередь, между полупроницаемыми мембранами ферменты или микроорганизмы. Задача последних – отреагировать на появление в зоне электрода загрязнителя, причем реакция эта, как правило, специфична – ферменты, группа клеток или микробов узнают только «комплиментарный» им химический агент. Электрод же преобразует эту реакцию-ответ в электрический сигнал, который далее должен быть интерпретирован исследователем (или компьютером).

В настоящее время биосенсоры находят все более широкое применение именно в области анализа состояния ОС. Их используют для выявления полихлорбифенилов и др. полихлорполициклических соединений, производных ДДТ, ароматических углеводородов и т.д. При авариях, связанных с выбросом подобных соединений в ОС, биосенсоры должны включать автоматическую систему реагирования, т.е. «подавать сигнал» о том, какие именно поллютанты появились в среде.

В некоторых случаях биосенсоры применяют для оценки качества пищевых продуктов. Так, в Канаде и Японии выпускают рыбные полуфабрикаты, на упаковке которых показана биосенсорная оценка содержания в рыбе катионов, промежуточных продуктов обмена нуклеиновых кислот, подлежащих удалению из организма.

Хвойные породы деревьев чувствительны к радиоактивному загрязнению, а многие представители почвенной фауны – к промышленному. Хвойные леса используются для наблюдений в качестве критических экосистем. Анализ наблюдений за такими объектами позволяет выявить экологические нарушения еще при таких уровнях загрязнения, которые не представляют опасности для населения, проживающего на окружающей территории. Хорошими биоиндикаторами на содержание некоторых ИТМ являются дождевые черви. Польские исследователи изучали содержание цинка, меди, свинца и кадмия в почвах и тканях дождевых червей, взятых с газонов вдоль дорог с интенсивным движением в Варшаве и с газонов парков, расположенных

на расстоянии 200 м от дорог. Исследования показали значительную способность дождевых червей аккумулировать в своих тканях цинк, медь, свинец и особенно кадмий. Содержание последнего в тканях червей во много раз выше, чем в почвах. Содержание ИТМ в их тканях служит хорошим показателем загрязнения почвы.

С помощью малой авиации проведена *воздушная съемка* окрестностей Иркутска, Ангарска, Братска, Усолжья-Сибирского, Улан-Удэ и др. городов [1]. Анализ проб воздуха позволил составить карты распределения токсикантов в воздухе над территориями и объектами, оценить интенсивность выбросов и в ряде случаев обнаружить несанкционированные свалки и определить их принадлежность конкретным предприятиям.

В условиях Сибири нашла применение *снеговая съемка*, т.е. объектом мониторинга является снежный покров. Он является индикатором загрязнения не только атмосферных осадков, но и самого атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. Для контроля над составом и количеством выбросов в атмосферу (главным образом легко конденсирующихся веществ, пыли и т.п.) в конце зимы отбирают керн (столбик) снега, в котором и концентрируются примеси.

В результате снеговой съемки ряда регионов Приангарья, и в частности Иркутского региона и территории г. Иркутска составлены карты распределения токсикантов – фтора, бериллия, ванадия, урана, бензапирена и др. Проведена снегогеохимическая (снеговая) съемка в 1990 г. левобережья р. Ангары. Регулярная снеговая съемка в Братском районе проводится с 1991 г. Основным загрязнителем ОС является алюминиевый завод. Он работает с 1966 г. и применяет технологию с самообжигающимися анодами (Содерберга) с системой «мокрой» газоочистки. Нерастворимое вещество в снежном покрове содержит 1,5-2,0 % фтора и превышает кларк в 75-100 раз.

Согласно расчетам в ближайшую зону (до 5 км по факелу) за зимний период поступило 60-70 т фтора. Ареал существенного загрязнения твердыми выбросами БрАЗа составляет 47 км². Значительное количество водорастворимого фтора (до 68 мг/л) накапливается на прилегающей к заводу территории протяженностью до 3-5 км в северо-восточном направлении. В ближайшую зону от завода за год поступает 15-17 т/км² фтора, что превышает фоновые значения в 100-1500 раз. Несмотря на низкие трубы (100 м) перенос фтора воздушным путем осуществляется на значительные расстояния (60-70 км).

На рис. 3.1. представлены изолинии концентрации растворимого фтора (в фильтрате талой воды) на территории, прилегающей к БрАЗу, показано, что рельеф местности препятствует переносу выбросов южнее и западнее от завода.

Содержание растворимого фтора в снежном покрове в зоне действия БрАЗа на расстоянии 2-3 км (в пределах санитарно-защитной зоны) превышает региональный фон в 48,9 раз и на расстоянии 30 км в северо-восточном направлении превышает фон в 6 раз, а в северном в 9 раз.

Очевидно, что распределение растворимого фтора определяется преимущественным направлением ветра.

Почвенный покров накапливает информацию о происходящих процессах и изменениях, т.е. почва является своеобразным индикатором не только

Рис. 3.1. Результаты локальная снегохимической съемки (из концентраций растворимого фтора (мг/л) в фильтрате снеговой



Рис. 3.1. Результаты локальная снегохимической съемки (изолинии концентраций растворимого фтора (мг/л) в фильтрате снеговой воды

Методы контроля загрязнения почв приведены в [1].

Почвенный (агроэкологический) мониторинг имеет общий характер и открывает большие возможности для решения прогностических задач.

Основными показателями, которые оцениваются в процессе агроэкологического мониторинга, являются: кислотность почвы, потеря ею гумуса, засоление и загрязнение нефтепродуктами.

Методы контроля загрязнения вод приведены в [1]. Стандартными методами контроля над состоянием загрязнения вод являются: определение химического потребления кислорода (ХПК) и биохимического потребления кислорода (БПК). ХПК – это величина, характеризующая общее содержание в загрязненной воде органических и неорганических восстановителей, реагирующих с сильными окислителями. Значение его обычно выражают в единицах количества кислорода, расходуемого на окисление этих веществ. БПК – это количество кислорода, требуемого для окисления находящихся в воде органических веществ в аэробных условиях, в результате происходящих в загрязненной воде биологических процессов.

Методы контроля загрязнения атмосферы приведены в [1]. Отбор и анализ среднесуточных проб производят с помощью переносных, индивидуальных и автоматических газоанализаторов [1, 4].

Разработаны и широко используются автоматизированные лазерные приборы для дистанционного анализа загрязнений атмосферы. Лидары - сочетание лазера и локатора. С их помощью изучают пространственное распределение примесей в воздухе. Лазерные аэрозольные спектрометры предназначены для определения в автоматизированном режиме содержания аэрозолей (дымы, туманы) в воздухе. Лазерные устройства дифференциального сканирования используются для измерения на уровне десятитысячных долей процента SO_2 в движущихся за ветром потоках (хвостах) и выбросах труб

промышленных предприятий и электростанций.

Методы анализа загрязняющих веществ: фотоколориметрический анализ вещества, атомно-эмиссионный спектральный анализ, атомно-абсорбционный метод анализа, атомно-абсорбционная спектроскопия, люминесцентный метод анализа и электрохимические методы анализа [1, 4].

4. Эколого - технологические направления уменьшения загрязнения окружающей среды электрохимическими предприятиями

Экологическая ситуация в промышленных городах Иркутской области и примыкающих территориях близка к критической. Города Братск, Шелехов, Усолье-Сибирское и Ангарск входят в двадцатку наиболее неблагоприятных в экологическом плане городов России. Рядом с ними Иркутск и Свирск.

Причины сложившейся ситуации:

- ошибка исследователей и проектантов, переоценивших способность биосферы перерабатывать и усваивать промышленные выбросы, тем более что благодаря климатическим особенностям биоценозы Прибайкалья легко ранимы и имеют низкую скорость самовосстановления.

- проектанты недооценили перспективу потребления энергии в регионе. Образовался дефицит электроэнергии ГЭС, более «чистой» в экологическом аспекте, вследствие чего (а также по причинам сугубо технологического плана) в строй были введены мощные ТЭЦ, работающие на каменном угле.

- в основу проектов были заложены устаревшие технические решения.

Используемые для ТЭЦ молодые угли месторождений региона богаты многочисленными летучими органическими веществами. В подавляющем большинстве они и продукты их неполного сгорания являются токсикантами 1-го и 2-го классов опасности. В них присутствуют высокотоксичные тяжелые и радиоактивные металлы и в первую очередь уран. В большей мере названные металлы концентрируются в тонких фракциях золы и переносятся на значительные расстояния. По мнению специалистов Сосновэкологии выбросы каменноугольной золы ответственны за радиоактивное загрязнение ряда территорий региона и в том числе Иркутска.

Одним из основных источников загрязнения Байкала и Прибайкалья является Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс (КАТЭК), благодаря трансконтинентальному переносу.

Из электрохимических и металлургических предприятий Иркутской области наибольшее количество токсикантов выбрасывают: БрАЗ, ИркАЗ, цех электролитического получения металлического натрия на Усольском ПО Химпром (ныне законсервированный) и в меньшей мере АЭХК.

БрАЗ и ИркАЗ оснащены электролизерами с самообжигающимися анодами (СА), изготовленными из анодной углеродистая масса, состоящей из наполнителя – нефтяного кокса и связующего – каменноугольного пека. Коксование его происходит в электролизере при 960-965 °С. Выделяющиеся продукты разложения связующего – токсиканты: бенз/а/пирен (1-ая группа опасности), нафталин и предельные углеводороды, в большей мере минуя систему улавливания и газоочистки выбрасываются в атмосферу через аэрационный фонарь. Масса выбросов этих веществ БрАЗом составляет в год около 4,0 т,

1600 т и 3 т соответственно. Этого можно избежать, используя обожженные аноды (ОА). Обжиг их производят при температуре 1400-1450 °С в герметизированных печах, что позволяет в значительной мере уменьшить выброс названных токсикантов в ОС. Использование ОА позволяет упростить конструкцию электролизеров и повысить технико-экономические показатели.

Процесс получения алюминия электролизом криолитоглиноземного расплава является экологически «грязным». Выбросы фторидов в ОС составляют в лучшем случае 35-55 кг на 1 т товарного алюминия. БрАЗ и ИркАЗ выбрасывают порядка 45 тыс. т и 9 тыс. т этих соединений в год соответственно. В результате чего окружающие территории пересыщены фтором.

Длительное время утаивалась информация о других токсикантах, выбрасываемых алюминиевыми заводами. В частности о выбросах в атмосферу весьма и весьма токсичных соединений бериллия и ванадия. Бериллий является в десятки раз более токсичным, чем ртуть.

По оценкам проф. Михайлова Б.Н. за время работы БрАЗа и ИркАЗа в атмосферу выброшено порядка 12 тыс. т и 3,5 тыс. т этих веществ соответственно. По его мнению, необходима коренная реконструкция алюминиевых заводов, замена СА на ОА, использование автоматизированных и механизированных систем, надежных систем пылегазоулавливания, переход на литийсодержащие электролиты и повышение культуры производства.

Экологическая ситуация при получении металлического натрия также далека от благополучия.

Комплекс химико-металлургических производств АЭХК имеет хорошую техническую оснащенность и высокую культуру производства, но с момента пуска его основных производств прошло более полувека. Произошел физический и моральный износ оборудования. Выброс фтора и фторпроизводных привел к превышению содержания его выше фоновых в несколько раз.

Получение хлора и щелочи на химических предприятиях области производится по крайне устаревшим технологиям. Использование для этой цели жидкого ртутного катода привело к отравлению земель и водоемов этим токсикантом первой группы опасности. Ртутью загрязнена акватория р. Ангары и Братское водохранилище. Содержание ртути в тканях рыбы этого водохранилища превышает ПДК в несколько раз. Этим обусловлена экологическая катастрофа на прилегающих к Братскому водохранилищу территориях. Запреты на отлов и употребление рыбы в пищу не могут остановить голодающее население. Многие населенные пункты вынуждены использовать отравленную воду из водохранилища в связи с отсутствием других источников водоснабжения. Заккрытие названного производства на ПО «Усольехимпром» не сняло эту проблему, т.к. подобное более новое «грязное» в экологическом плане производство еще долгое время работало на ПО «Саянскхимпласт». Выбросы его загрязнили окружающие земли и р. Оку и, конечно, Братское водохранилище. Уменьшение выбросов ртути, по мнению автора, может быть достигнуто за счет повышения содержания натрия в возвратной амальгаме, что сдерживает разложение гидрида ртути и тем самым предотвращает выделение в ней водорода и связанное с этим явление диспергирование металлической ртути. Ещё один путь – использование для очистки водорода от паров ртути

более совершенного оборудования.

Таковыми, по мнению проф. Михайлова Б.Н., являются пенные аппараты, использующие в качестве поглотительного агента серо-щелочные растворы.

Кардинальное решение проблемы возможно при переходе на мембранную технологию, что и реализуется на ПО «Саянскхимпласт».

Цеха электролиза хлористого натрия в составе ПО «Усольехимпром» и «Саянскхимпласт», а также АО «Братсккомплексхолдинг» являются источниками выбросов газообразного хлора, что наряду с другими веществами способствует выпадению кислотных дождей. Известно, что по этой причине наблюдается деградация лесов даже, казалось бы, в столь отдаленных от названных предприятий регионах, как например, в Качугском районе.

Высока вероятность в связи с износом оборудования аварийного разрушения хранилищ и коммуникаций хлора. Последствия этого ЧП могут быть катастрофическими. Известно, что в Первую мировую войну немцы использовали хлор в качестве химического оружия.

В области в настоящее время работает около 20 гальванических цехов на крупных предприятиях и масса полукустарных гальванических мастерских, большая часть из которых работает нелегально. В технологических процессах гальваники используются многочисленные химические реактивы, значительная часть из них является токсикантами 1-ого и 2-ого класса опасности. Коэффициент использования металлов в гальванических процессах чрезвычайно низок 15-35 %. Все иные вещества, используемые в этих процессах, полностью переходят в отходы. Наибольшую негативную роль из них играют ИТМ. Токсичное воздействие их (хрома, кадмия, свинца, меди, никеля, цинка и др.) на организм человека приводит к нарушению работы кальмодулина – основного регулятора процессов жизнедеятельности организмов. По шкале стресс факторов (индекс Кортэ) они имеют 135 баллов, опережая химические удобрения (63 балла) и нефтепродукты (72 балла).

Подавляющее большинство гальванических предприятий области сбрасывают свои стоки в бассейн р. Ангары. В результате этого только в Братском водохранилище в донных осадках накоплено ~30 тыс. т цинка.

В настоящее время только на 8-ми предприятиях региона имеются станции очистки сточных вод гальванических цехов. В остальных случаях они сбрасываются в водоемы без всякой очистки. Используемая на станциях известковая технология очистки является морально устаревшей. Оборудование физически изношено. Утилизация шламов этих очистных сооружений экономически нецелесообразна благодаря сложному химическому составу их, а также избытку в них соединений кальция. Складирование этих шламов на полигонах и несанкционированных свалках привело к выщелачиванию из них токсичных веществ и попаданию их в грунтовые и поверхностные воды. Необходима срочная реконструкция, как самих гальванических цехов, так и станций очистки сточных вод.

Стоимость оборудования очистных сооружений для гальванических цехов, работающих по устаревшим технологиям, в 1,5 раза превышает стоимость оборудования самого гальванического цеха. Для высокоавтоматизированных производств эти затраты снижаются в 1-2 раза.

В данном случае необходима организация: локальных систем регенерации технологических растворов и очистки промывных вод, системы оборотного водоснабжения; одно это позволяет на 1-2 порядка уменьшить количество стоков, поступающих на станцию централизованной очистки. Необходим переход на нейтрализацию стоков щелочью; получаемые при этом шламы легко утилизировать, например, в виде ферритов.

По мнению проф. Михайлова Б.Н. уменьшение выноса токсикантов возможно при совершенствовании и самой технологии гальванических покрытий.

Для этого необходимо:

- использовать прогрессивные и низкоконцентрированные электролиты;
- заменить электрохимическое полирование электролитно-плазменной обработкой;
- использовать рациональные способы промывки деталей (каскадную, воздушно-струйную и т.п.);
- производить встряхивание деталей и обеспечивать необходимую выдержку с использованием роботизированных операторов;
- извлекать металлы из ванн улавливания с помощью электроэкстракторов;
- производить непрерывную фильтрацию и регенерацию электролитов.

5. Экологические аспекты электрохимических производств

Электрохимические производства являются одним из наиболее опасных источников загрязнения ОС [1]. Сведения о накоплении ИТМ в тканях растений и животных приведены в [1, табл. 5.3].

ИТМ проявляют мутагенное, канцерогенное, тератогенное, гонадотоксическое, эмбриотоксическое и аллергенное действие. Нередки фиброгенное, атеросклеротическое, кардиотропное, геронтогенное и иммуннодепрессорное действия. Многие вещества, обладая совокупностью биологических эффектов, имеют политропный характер действия.

Основная тенденция в развитии технологических процессов - создание замкнутых малоотходных систем, уменьшение до минимума сброса вредных веществ в ОС. Необходима срочная реконструкция, как самих электрохимических цехов, так и станций очистки сточных вод:

- организация локальных систем регенерации технологических растворов и очистки промывных вод, систем оборотного водоснабжения; одно это позволяет на 1-2 порядка уменьшить количество стоков, поступающих на станции;
- необходим переход на нейтрализацию гальванических стоков щелочью, получаемые при этом шламы легко утилизировать, например, в виде ферритов;
- совершенствование технологии [2].

Методы предупреждения и уменьшения загрязнения атмосферы:

- переработка вторичных ресурсов, внедрение системы рекуперации и последующего использования материалов; т.к. получение продукции из вторичных ресурсов во многих случаях экономичнее, чем из природного сырья;
- изучение механизма образования токсичных веществ и совершенствование технологических процессов;
- совершенствование конструкций оборудования;

- разработка безводных и не пылящих технологических процессов;
- замена токсичных материалов на менее токсичные.

Сокращения выбросов токсикантов достигаются уменьшением числа стадий процесса, совмещением их в одном аппарате, а также применением менее токсичных реагентов или реагентов, способствующих образованию менее вредных веществ. Известны многочисленные примеры технологических решений, позволивших в значительной мере уменьшить выбросы токсикантов в атмосферу либо избежать их совсем [2].

5.1. Пути уменьшения сброса вредных веществ в атмосферу

Общие технологические мероприятия по охране воздушного бассейна:

- герметизация оборудования и автоматизация технологических процессов, связанных с выделением в атмосферу вредных выбросов;
- применение автоматических систем и аппаратуры в установках для улавливания компонентов выбросов;
- правильная техническая эксплуатация производственных агрегатов, выделяющих в атмосферу вредные выбросы;
- обязательная рекуперация перед выбросом газов в атмосферу.

Методы очистки газовых выбросов: механические, химические, физико-химические, физические, биохимические и термические.

Современные газоочистные аппараты: пылевые камеры, циклоны (одиночные и батарейные), насадочные и полые скрубберы, аппараты Вентури, струйные и пенные газопромыватели, туманоуловители и электрофильтры. Электрическая очистка – один из наиболее совершенных видов очистки газов от взвешенных частиц с применением электрофильтров.

Сухие пылеулавливающие аппараты: пылевые камеры, циклоны, жалюзийные аппараты, тканевые и волокнистые фильтры. Мокрые – скрубберы (полые, насадочные, центробежные), мокрые циклоны, барботажно-пенные пылеуловители, аппараты Вентури, струйные газопромыватели. Абсорбционные аппараты: пленочные (скрубберы с различного рода насадкой), барботажные и распыливающие (аппараты Вентури, струйные газопромыватели, полые скрубберы и др.). *Туманоуловители* для очистки воздуха от туманов кислот, щелочей, масел и др. жидкостей используют волокнистые фильтры.

Для очистки аспирационного воздуха ванн хромирования, содержащего туман и брызги хромовой и серной кислот, применяют волокнистые фильтры типа ФВГ-Т. В его корпусе размещена кассета с фильтрующим материалом – иглопробивным войлоком, состоящим из волокон диаметром 70 мкм, толщиной слоя 4-5 мм.

5.2. Пути уменьшения сброса вредных веществ в гидросферу

Для снижения отрицательного воздействия на ОС следует: повысить эффективность очистки сточных вод, рационализировать водопотребление и снизить экологическую опасность применяемых растворов и электролитов (это достигается заменой токсичных компонентов на менее токсичные и снижением концентрации токсичных компонентов).

Пути снижения загрязнения гидросферы:

- организация замкнутого водооборота в объеме предприятия (цеха);
- организация очистки смешанных растворов в объеме отделения;
- организация локальных способов очистки растворов.

Водоснабжение электрохимических цехов, как правило, осуществляется из городского водопровода или из водопровода технической воды.

Требования к качеству воды. Вода нормируется по содержанию растворенных и нерастворенных веществ: взвешенных веществ, pH, жесткости, сухого и прокаленного остатков, сульфатов, хлоридов, ИТМ и др. показателям. Физико-химические показатели воды приведены в [1, табл. 5.4]. Стандарт на воду питьевую приведен в [1, табл. 2.1].

В технической электрохимии используется вода категорий: техническая, питьевая, чистая и ультрачистая. Вода чистая по физико-химическим показателям соответствует дистиллированной. Ультрачистая вода содержит в себе значительно меньше минеральных веществ и дополнительно подвергнута дегазации. Снижение солесодержания ее достигается дистилляцией, обратным осмосом, электродиализом или ионным обменом. Применение обессоленной воды повышает качество покрытий, увеличивает срок службы электролитов, позволяет осуществлять регенерацию и возврат вынесенных электролитов.

Полный или частичный переход на промывку обессоленной воды экономически целесообразен при внедрении мероприятий по сокращению расхода воды на промывку и использование замкнутых локальных систем промывки-регенерации в отдельных технологических процессах.

В электрохимии вода используется на технологические, хозяйственно-бытовые и противопожарные нужды. Технологические – приготовление технологических растворов, промывка деталей, охлаждение и нагрев оборудования, прочие нужды (промывка фильтров, диафрагм и мойка оборудования).

В гальванике до 90-95 % воды используется на промывные операции; удельный расход ее составляет 0,006-3,0 м³ на 1 м² поверхности изделий. Получают распространение замкнутые системы водоснабжения гальванических цехов, где до 80-85 % воды возвращается на промывные операции.

Расход воды на приготовление технологических растворов определяется количеством и объемом электролизных ванн.

Расход воды на хозяйственно-питьевые нужды, пользование душами и уборку помещений определяется СНиП 31-30-75 и СНиП 11-90-81. Расход воды на наружное и внутреннее пожаротушение должен соответствовать требованиям СНиП 2.04.02-84.

Водоподготовка осуществляется стандартным набором аппаратов для перевода растворенных примесей в другую фазу, для отделения примесей, в т.ч. широко известными методами (фильтрации, центрифугирования, отстаивания, сорбции, обратного осмоса, электроэкстракции, электродиализа, цементации, флотации и электрофлотации и т.п.) [1].

ЦЗЛ предприятия проводит химико-бактериологический и технологический контроль [1, 4]. Технологический контроль воды по основным показателям качества: мутности, pH, Eh, электрической проводимости, содержанию ИТМ, фторидов и т.д.

Повторное использование промывной воды. Промывная вода после ос-

новых операций гальванического процесса используется вторично в ваннах промывки после подготовительных операций. Например, в линии цинкования деталей, поступающих после обработки резанием, т.е. загрязненных СОЖ, с использованием цинкатных электролитов возможно повторное использование промывных вод. Раствор от промывки деталей после травления и (или) декапирования направляют на промывку деталей после обезжиривания. Этим достигается снижение расхода свежей воды и увеличение скорости и полноты отмывки, за счет химической нейтрализации увлеченной поверхностью детали щелочи кислотой из промывной воды. В свою очередь детали после обработки в кислых растворах следует промывать не свежей водой, а промывной водой полученной при промывке деталей после щелочного цинкования. Т.о. подача свежей воды производится только на одну операцию из трех.

При наличии линии хромирования промывную воду от промывки деталей после хромирования следует направлять для заливки ванны хромирования оцинкованных деталей и далее промывную воду от промывки их направлять на промывку хромированных деталей.

При многократном использовании промывной воды в ней накапливаются компоненты всех объединенных общим трубопроводом технологических ванн. Поэтому необходимо учитывать возможность попадания ионов и веществ, находящихся в промывной воде, в технологические растворы, что может негативно сказаться на их работоспособности и на качестве деталей.

Категорически недопустимо повторное использование промывной воды после обработки деталей в цианистых электролитах для промывки после обработки в кислых растворах. Необходимо предусматривать на очистных сооружениях раздельную обработку стоков, содержащих драгоценные металлы и хром.

Схемы «сухой» канализации. Процесс износостойкого хромирования при 55-80 °С сопровождается значительным испарением воды. При использовании каскадной 5-и ванной промывки расход воды на промывку равен количеству воды испаряющейся из ванны хромирования. Промывную воду из последней ванны каскадной системы направляют в основную ванну для компенсации потерь воды за счет испарения. Т.о. в канализацию не сбрасывается промывная загрязненная хромом вода (канализация «сухая»).

В данном случае необходима установка локальной системы очистки электролита хромирования от примесей, поступающих в основную ванну из ванн подготовительного цикла (обезжиривания, травления, декапирования или полирования), т.к. вынос веществ из ванны хромирования с промывной водой исключен.

5.3. Пути уменьшения загрязнения литосферы отходами

Загрязнение литосферы обусловлено выносом токсикантов на рельеф со сточными водами промпредприятий, с атмосферными осадками и наличием свалок. Уменьшение загрязнения литосферы можно добиться способами, уменьшающими содержание токсикантов в выбросах: обезвреживанием атмосферных выбросов и сточных вод, регенерацией отработанных растворов и утилизацией веществ из них и из твердых отходов.

Регенерация отработанных растворов. Ее цели:

- предотвращение залповых сбросов, нарушающих режим работы ло-

кальных очистных сооружений и способствующих попаданию концентрированных токсикантов в городскую канализацию или в водоемы;

- уменьшение безвозвратных потерь ценных компонентов путем их селективного выделения и вторичного использования, а также снижение капитальных и эксплуатационных затрат на водоочистку.

При непрерывной регенерации, когда рабочий раствор циркулирует в системе основной аппарат – регенерирующая установка, срок службы раствора увеличивается и значительно сокращается расход химикатов на корректировку и приготовление свежего рабочего раствора с одновременным обеспечением высокого качества продукции.

Основные технологические цели утилизации:

- использование отработанного раствора на том же производстве для других технологических нужд;
- переработка отработанного раствора с целью получения товарных продуктов, которые могут быть использованы как на данном предприятии, так и на других;
- выделение из отработанного раствора ценных компонентов (металлов, кислот и др. веществ) и их повторное их использование.

Методы обезвреживания отработанных растворов сводятся к их нейтрализации перед сбросом. Это может быть осуществлено путем обработки растворов после их смешения (например, кислых и щелочных растворов) и последующей нейтрализации, либо путем нейтрализации индивидуально каждого раствора или неопределенной группы растворов. Нейтрализация обеспечивается введением растворимых в воде щелочных компонентов $\text{Ca}(\text{OH})_2$, NaOH и т.п., а при щелочной среде растворов – добавлением минеральных кислот.

Однако сточные воды гальванических производств содержат, как правило, ИТМ, концентрация которых намного превышает концентрацию кислот. Поэтому в практике нейтрализация в чистом виде встречается редко, т.к. в большинстве случаев она сопровождается переводом ионов металлов в трудно растворимые гидроокиси, выпадающие в осадок.

Амфотерные металлы (Al , Zn и др.) содержатся в щелочных растворах в виде анионов и осаждаются добавлением кислот. Зачастую в избытке щелочей они растворяются с образованием комплексных анионов.

При обработке металлосодержащих растворов сульфидом натрия достигается их более глубокая чистка благодаря низким значениям произведения растворимости (ПР) сульфидов тяжелых металлов.

Эффективно создание локальных систем регенерации. Для этого выделяют из них компоненты в состоянии, позволяющем вернуть их в технологический процесс: растворы солей, кислот, щелочей или в виде металлов.

Разбавленные растворы перед очисткой подвергают концентрированию. Далее их подвергают очистке от посторонних веществ и производят корректировку: удаление избыточных и добавление недостающих компонентов.

Одним из основных условий регенерации электролитов гальванических ванн является учет продуктов, полученных из отходов в материальном балансе и балансе по объему рабочей ванны. Технология гальванопокрытий предусматривает последовательную многостадийную обработку в различных

ваннах. Поэтому вынос электролита с деталями не оказывает влияние на баланс по объему второй и последующих ванн, поскольку равный объем электролита вносится в нее из предыдущей ванны. Убыль объема электролита рабочей ванны в основном связана с его упариванием.

Для поддержания баланса по объему электролита требуется выполнение следующего условия: объем возвращаемых продуктов регенерации не должен превышать величину потерь на испарение.

В гальваническом производстве (ГП) регенерации подвергаются: загрязненные, предназначенные к сбросу концентрированные электролиты; растворы средней концентрации от профилактики оборудования; промыводы.

Регенерация обезжиривающих растворов. Продолжительность работы ванн обезжиривания варьируется от недели до 2-3 мес. Обезжиривающие растворы загрязняются не способными к омылению жирами, минеральными маслами, нефтепродуктами, взвешенными веществами и механическими примесями. Присутствие в растворе омыляемых жиров ограничивает количество циклов регенерации. Обезжиривающие растворы, загрязненные неомыляемыми маслами и нефтепродуктами, регенерируют путем удаления загрязнителей.

Обезжиривающие растворы, загрязненные омыляемыми органическими веществами, образующими устойчивые эмульсии регенерируют методом ультрафильтрации, что позволяет не только удалить коллоидные частицы загрязнителей, но и получить растворы, пригодные для многократного использования. Метод позволяет сконцентрировать до 70 % органических веществ и вернуть в производство более 90 % раствора. Введение в отработанные растворы гидроксидов кальция и магния позволяет удалить омыленную органику в виде хлопьевидного, хорошо флотируемого осадка.

Механические загрязнения – труднорастворимые вещества и неэмульгированные масла эффективно удаляются флотацией и электрофлотацией.

Обезжиривающие растворы могут также загрязняться соединениями Cr^{6+} . Удалить его из ванн химического обезжиривания можно введением восстановителей. Этот прием непригоден для ванн электрохимического обезжиривания, т.к. растворимые хромиты вновь окисляются на аноде до хроматов. Положительный эффект достигается при обработке раствора известковым молоком или солями бария с образованием труднорастворимых хроматов.

Регенерация ванн обезжиривания, состоящих из органических растворителей, осуществляется дистилляцией, экстракцией или адсорбцией.

Регенерация растворов травления стали. Переработка травильных растворов данного типа может осуществляться путем извлечения исходных реагентов или извлечением продуктов травления с последующим возвратом реагентов на повторное использование.

В технике часто используют травильные растворы на основе соляной и серной кислот. Для регенерации солянокислых растворов травления, в которых продукт реакции – хлористое железо обладает хорошей растворимостью, применяют способы: Рутнера; Отто; Лурги-Керам-Хемма и др.

Для регенерации сернокислых растворов травления используют электролиз, который проводят в электролизере с анодом из графита или на основе Ti-MnO_2 , снабженным анионообменной мембраной, а также

электроэкстракцию. При этом регенерируется также и железо, как правило, в виде порошка. Применение электродиализа при регенерации сдерживает низкая селективность мембран в концентрированных растворах.

Термическая регенерация отработанных травильных растворов на основе серной, азотной и плавиковой кислот обеспечивает полный возврат в травильные линии кислот, затраченных на травление металла, а также предусматривает утилизацию оксида железа в виде гранул. Кислотные и щелочные концентраты представляют собой отработанные обезжиривающие и травильные растворы, не подлежащие регенерации. Их утилизируют и используют в качестве реагентов для очистки сточных вод или в др. производствах.

Из отработанных травильных растворов получают реагент для восстановления Cr^{6+} – концентрированные растворы хлорида и сульфата Fe^{2+} путем насыщения солями железа за счет растворения железного скрапа. Отработанные травильные растворы, содержащие соли алюминия и железа, используют в качестве сырья для получения коагулянтов, применяемых в процессах очистки сточных вод от коллоидно-дисперсных примесей. Концентрированные растворы солей железа и алюминия получают растворением металлического скрапа в травильных растворах. Стоимость получаемых этим способом коагулянтов значительно ниже стоимости товарных продуктов. При наличии в непосредственной близости предприятий строительных материалов отработанные обезжиривающие растворы используют для приготовления щелочных бетонов; на машиностроительных предприятиях – для СОЖ.

Повторное использование отходов в др. или смежных отраслях промышленности. Отработанные электролиты хромирования используют для приготовления быстротвердеющих составов, используемых в производстве литейных форм, взамен товарного хромового ангидрида. Их используют для приготовления электролитов химического травления и полирования изделий из меди и ее сплавов, электрохимического полирования ряда металлов и сплавов и конечно электролитов хроматирования.

Отработанные растворы и сточные воды гальваники используют и в сельском хозяйстве как источники дефицитных микроэлементов. Отработанные кислые электролиты цинкования и меднения - для обработки древесины для придания ей огнестойкости и предотвращения биообрастания и гниения.

Некондиционные растворы, содержащие соединения хрома, свинца, кобальта или кадмия, могут быть переработаны на пигменты для красок.

Утилизация шламов электрохимического производства.

До сих пор на станциях очистки отработанных растворов и сточных вод ГП используют известковую технологию очистки. Нейтрализацию и осаждение ИТМ производят известковым молоком при значительном избытке. Шлам очистных сооружений в большей мере представлен гидратированными соединениями кальция. Гидроксиды тяжелых металлов в них составляют в пересчете на сухое вещество 2-10 %. Переработка таких шламов на товарные продукты нерентабельна. Хранение их на полигонах связано с большими затратами.

В 1984-86 г.г. Б.Н. Михайлов и А.Н. Баранов апробировали введение гальванических шламов в состав масс для производства красного кирпича и керамики на Иркутском кирпичном заводе. Добавка шламов в количестве до 5 %

не приводила к ухудшению прочностных характеристик и кирпича и керамики. В работе были использованы осадки, образующиеся при реагентной известковой обработке сточных вод ГП двух предприятий Иркутска. Осадки использовали также и в качестве присадок в сырьевые смеси производства бетона, асфальта, керамических горшков и керамических плиток. Смеси готовили согласно технологиям, принятым на Лисихинском кирпичном и Ангарском керамическом заводах. Из полученных смесей по технологиям предприятий готовили и испытывали образцы изделий по стандартным методикам на механическую прочность и водопоглощение. Сотрудниками ИПИ методом биотестирования выполнена эколого-токсикологическая экспертиза полученных материалов. Ими установлено, что добавки непрокаленных гальванических шламов в кладочные растворы (от 1 до 15 %) не ухудшают их качества. Однако после 5-10 суточной экспозиции в воде образца раствора отмечается высокая токсичность ее за счет вымывания металлов. Термически обработанные осадки при 800 °С в течение 2 ч не проявляли токсичность.

Позднее нами было предложено вводить обезвоженный шлам в состав асфальта для замены, так называемой минеральной муки. Испытания образцов асфальта с названной выше добавкой, проведенные Иркутской областной дорожной лабораторией показали приемлемость такой замены. Введение названных осадков в значительных количествах в бетон приводит к снижению прочности образцов. С увеличением добавки до 20 %, прочность их уменьшается в два раза в образцах-кубиках и на 10 % в образцах-призмах. Утилизация осадка в бетон без существенных нарушений прочностных характеристик возможна при добавке его не более 5 %. Такая добавка не вызывает коррозии арматурной стали в образцах железобетона. Однако экологическая экспертиза образцов железобетона с этой добавкой показала, что после экспозиции в течение 30-60 суток происходит 100 % гибель дафний в воде. В присутствии бетона, полученного по базовой технологии, они не погибали.

Образцы асфальта с добавками 5 % осадков ГП отвечают требованиям ГОСТ 9122-84, и осадок может быть рекомендован для использования при изготовлении дорожных покрытий в качестве заменителя минерального порошка. Составляющие осадка в асфальте удерживаются прочно; вымывание тяжелых металлов при двухмесячной экспозиции в природной воде аналитически не обнаружено; токсичность воды не выявлена ни по одному из биотестов.

В конце 80-х годов Ю.Я. Будиловский НПО «Литстанкопроект» на Паневежском кирпичном заводе (Литва) организовал промышленное производство строительного кирпича, черепицы и керамики из традиционных материалов с добавлением гальванических шламов. Получены керамические изделия с высокими декоративными свойствами и широкой цветовой гаммой, с повышенной прочностью и морозостойкостью. Для этой цели пригодны лишь шламы, полученные с использованием в качестве осадителей гидроксидов железа и соды. Шлам от переработки стоков ГП содержал, %: хрома 0,7-7,8, железа 5-36, никеля 2-16, цинка 1-8,5, меди 0,1-3,6; а также оксид железа, карбонат кальция и гипс. Оптимальные параметры производства кирпича: состав шихты, %: глина 80-85, гальваношлам 2-10, песок 1-10, влажность массы 10-20; температура обжига 950 °С. Производство глиняной черепицы производят с мокрой

подготовкой сырья из массы с добавкой шлама после очистки гальваностокков. Оптимальное количество шлама составляет 2 % (сухой массы). Основные параметры подготовленной смеси – шлам ГП: влажность 62 %, растекаемость 79-82 мм, плотность 1,28 г/см³. Реологические свойства формовочной массы с добавкой шлама ГП улучшаются, время сушки черепицы сокращается на 2-3 ч, время обжига черепицы на 50-70 % короче обычного.

Добавки шлама ГП расширяют цветовую гамму керамики: цвет обожженной черепицы – темно-красный без налетов.

Железосодержащие шламы ГП могут использоваться в производстве стеновых керамических изделий. Играя роль плавня в сочетании с органикой, он способствует более раннему накоплению жидкой фазы и интенсификации процессов спекания и вспучивания. Введение 3-6 % осадка при производстве изделий дает возможность повысить предел прочности при сжатии на 40-60 %. Полученные черепица и керамика имеют хорошее качество, и нашли широкий сбыт. Однако при длительной эксплуатации черепицы в атмосфере промышленных городов наблюдалось восстановление Cr^{3+} в Cr^{6+} за счет воздействия окислителей и вымывание его кислотными дождями из материала керамики с выносом в окружающую среду.

По мнению проф. Михайлова Б.Н. шламы ГП рационально использовать при производстве керамзита с последующим его заложением в бетон. Керамзит, изготовленный с добавкой 20-40 % шлама, применим в качестве теплоизолирующего и конструкционного материала в строительстве. Экономический эффект обусловлен сокращением расходов на добычу и транспортировку глины, исключением затрат на строительство полигона для складирования осадка.

Шламы ГП могут быть использованы также в производстве красителей-пигментов. Например, пигмент для глазури получают смешением оксидов железа и хрома. Сотрудниками ВНИИТеплоизоляция г. Москва разработана технология получения керамических пигментов из шламов ГП. Присутствие железа, хрома и никеля в шламе позволяет использовать его при производстве декоративно-облицовочного материала – стеклохромзита. В изготовлении окрашенного стекла и стеклокристаллических материалов широко применяют отходы на основе хромсодержащего катализатора. Шламы ГП используют для производства зеленого прозрачного стекла.

Шламы, полученные при нейтрализации известковым молоком отработанных травильных растворов комбината «Запорожсталь», используют в производстве стройматериалов. Они практически не содержат ИТМ, и после промывки применяются в качестве добавки в портландцемент, в качестве инертного наполнителя бетонных смесей или глинистых масс.

Однако по большому счету все эти технологии использования шламов, содержащих токсичные и ценные компоненты в строительной индустрии – нерациональны и расточительны. Во-первых мы распыляем эти дефицитные вещества, концентрирование которых произведено с большими затратами, а во-вторых создаем химическую бомбу замедленного действия. Рациональна их переработка на товарные продукты, например, на предприятиях металлургии и т.п. Или, в крайнем случае, их качественное хранение до лучших времен.

Альтернативное решение состоит в реорганизации работы станций

очистки отработанных электролитов и сточных вод таким образом, чтобы получать в результате переработки не отходы, а товарные продукты.

Полигоны и заводы по переработке отходов. Твердые и пастообразные отходы гальваники в Байкальском регионе складировались на специальных полигонах, в отвалах и на свалках, зачастую несанкционированных и, конечно, не обустроенных. Все это приводит к вторичному загрязнению водоемов и атмосферы. Эта мера временная и во многом вынужденная, вызванная отсутствием экономически оправданных технологий переработки таких отходов – продуктов обезвреживания смешанных сточных вод гальванического производства. Актуально сооружение специализированных заводов по переработке твердых отходов промпредприятий и в т.ч. отходов электрохимических производств.

6. Очистка сточных вод и регенерация растворов

6.1. Схемы очистки технологических растворов и сточных вод

Централизованные системы предусматривают сбор и совместную очистку всех видов жидких отходов на единых очистных сооружениях и последующее распределение очищенной воды по технологическим операциям. *Децентрализованные* системы предусматривают отдельную очистку всех видов стоков с использованием очищенной воды для конкретной технологической операции, например, приготовления растворов или промывки деталей при нанесении гальванических покрытий. Создание полностью децентрализованной системы очистки стоков гальванического цеха практически невозможно из-за образования значительного количества различных по составу сточных вод в цехе при осуществлении технологических операций. Создание локальных циклов водооборота промывных вод отдельных операций нанесения покрытий целесообразно при возврате уловленных и сконцентрированных примесей в ванны в виде концентрированных электролитов. Это условие выполнимо при наличии отдельных промывных ванн для каждой операции покрытия.

Для регулирования водопотребления при организации промывочных операций в гальванике используют: изменение количества ступеней, последовательности (схемы) и режима промывки. Рациональная система промывки обеспечивает достижение требуемого качества промывки с наименьшими капитальными и эксплуатационными затратами при безопасных условиях труда и без экологического риска.

Централизованный метод очистки. Сточные воды сливаются в общую сборную емкость, в которую сбрасываются и, как правило, предварительно нейтрализованные отработанные технологические растворы. В стоки направляют воды: промывные от промывки деталей и оборудования, траповые – от помывки полов, стен и лестничных трапов, а также воду, использованную для охлаждения оборудования. В случае большой загрязненности территории предприятия необходима очистка и стоков ливневой канализации.

Например, в ливневых стоках Улан-Удэнского авиационного производственного объединения содержание Cr^{6+} достигало десятков мг/л.

Стоки хозяйственные подлежат очистке на специализированных город-

ских или районных очистных сооружениях.

В целом ряде случаев на предприятиях с низкой технической культурой отработанные концентрированные технологические растворы сбрасываются малыми порциями (без всякой очистки) в общую сборную емкость. Или, что и того хуже, производят залповые сбросы концентрированных растворов непосредственно в канализацию, минуя очистные сооружения. Конечно, даже в середине прошлого века, все предприятия перед сбросом в общую сборную емкость подвергали очистке и нейтрализации растворы, содержащие особо ценные и (или) токсичные компоненты. Например, технологические растворы, содержащие драгметаллы и растворы цианистых соединений.

Т.о., правильнее говорить не о централизованной схеме очистки, которая, конечно же, используется, например, для очистки хозяйственно-фекальных стоков, а о комплексной системе очистки применительно к стокам гальваники. В этом случае часть отработанных технологических растворов и промывных вод, а также растворов систем газоочистки подвергается локальной очистке с извлечением ценных и токсичных компонентов, которые возвращаются в технологический процесс или служат в качестве сырья для других производств. Чем выше уровень повторного использования реактивов и воды на предприятии за счет регенерации технологических сред и локальной очистки их и промывных вод, тем меньше нагрузка на централизованную станцию очистки сточных вод.

Многочисленны примеры использования локальных систем очистки технологических растворов и сточных вод в технической электрохимии [1, 2]. Например, для локальной очистки промывных вод после ванны хромирования использованы каталитические свойства активированного угля, который при $\text{pH}=1,5-2,0$ восстанавливает Cr^{6+} в Cr^{3+} с последующей сорбцией его на поверхности сорбента. Регенерация адсорбента осуществляется 15%-ным раствором серной кислоты или едкого натра. При регенерации кислотой получают элюат, содержащий Cr^{3+} , который выделяют в виде гидроксида.

Катодное осаждение металлов из промывных вод (а лучше ванн улавливания) отдельных технологических операций (золочение, серебрение, цинкование и т.п.) целесообразно осуществлять с применением электроэкстракторов (ЭЭК) – т.е. электролизеров диафрагменного или бездиафрагменного типа с волокнистыми углеграфитовыми электродами. Электроды с извлеченным металлом используются в качестве растворимых анодов в ванне покрытия. Установка, включающая в себя фильтр (чаще фильтр-пресс), насос и ЭЭК располагается рядом с ванной улавливания и составляет с ней единую циркуляционную систему. Комплект электродов ЭЭК размещают в технологической ванне или ванне улавливания.

Для заливки ванны улавливания проф. Михайлов Б.Н. рекомендует использовать раствор технологической ванны, разбавленный в 3-4 раза и при обязательном отсутствии в нем основного металлосодержащего соединения [2].

В УИИВХ (г. Ровно) разработан процесс очистки никельсодержащих промывных вод с возвратом воды в ванну промывки, а никеля – в технологическую ванну. Технология основана на электрохимическом превращении веществ в объеме раствора. Образующиеся в результате подщелачивания гидроксиды отделяются на фильтре с плавающей нагрузкой, а затем после

растворения направляются в ванну нанесения покрытия, а очищенная вода – на промывные операции.

6.2. Методы очистки технологических растворов и сточных вод

Методы очистки делятся на группы: основанные на выделении примесей; основанные на превращении, деструкции примесей; биохимические:

- методы, основанные на выделении примесей из воды, протекают без изменения физико-химических свойств веществ. Они осуществляются механическими методами: отстаиванием, процеживанием, флотацией, фильтрованием. Особая роль принадлежит мембранной технологии: микрофильтрации, ультрафильтрации, обратному осмосу, диализу. Эти методы предпочтительны при разработке малоотходных технологических процессов с замкнутыми системами водопользования. Они позволяют получать в процессе очистки чистые продукты, используемые повторно в данном технологическом цикле.

- методы, основанные на физико-химическом превращении веществ в менее токсичные или в легко извлекаемые из сточной жидкости. Эта группа методов включает реагентную обработку, электролиз, озонирование, хлорирование, ионный обмен и др. На основе этих методов могут быть реализованы как прямоточные, так и оборотные системы водопользования. Наиболее эффективны комплексные технологии, базирующиеся на первых двух принципах очистки сточных вод.

- методы основанные на биохимическом окислении загрязнений, чаще всего органического характера.

Реагентные методы очистки получили широкое распространение в практике по обезвреживанию растворов электрохимических производств. Основное их достоинство – крайне низкая чувствительность к исходному составу и концентрации загрязнений, а основные недостатки – большой расход дефицитных реактивов, высокое остаточное содержание ИТМ и балластных солей, а также низкая степень извлечения загрязнений, что определяет необходимость последующей доочистки. При нейтрализации кислых ($\text{pH} < 6,5$) или щелочных ($\text{pH} > 8,5$) растворов снижают в них концентрацию свободных ионов H^+ или OH^- до $6,5 < \text{pH} < 8,5$. Эффективность реагентного метода очистки стоков от ИТМ приведена в [2, табл. 6.1]. Нейтрализация растворов обеспечивается введением растворимых в воде щелочных компонентов CaO , NaOH , Ca(OH)_2 или Na_2CO_3 , а при щелочной среде растворов – добавлением минеральных кислот.

Металлы с амфотерными свойствами (Al , Zn и др.) в щелочных растворах содержатся в виде анионов и осаждаются добавлением кислот. В избытке щелочей они растворяются с образованием комплексных анионов. Растворение Al(OH)_3 , Cr(OH)_3 и Zn(OH)_2 начинается при pH 7,8; 12,0 и 10,5 соответственно.

При обработке металлосодержащих растворов сульфидом натрия достигается их более глубокая очистка благодаря низким значениям произведения растворимости сульфидов тяжелых металлов. Все сульфиды склонны к образованию коллоидных растворов, что требует введения коагулянтов.

По химическому составу сточные воды гальваники подразделяют на воды, содержащие: цианистые соединения; соединения хрома; минеральные кислоты

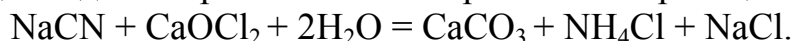
или щелочи, а также ИТМ; драгоценные металлы.

Сточные воды каждой из указанных групп отводят и обрабатывают отдельно, поскольку это облегчает их реагентную очистку и позволяет в ряде случаев извлечь ценные и дефицитные вещества.

Очистка сточных вод от цианидов реагентными способами сводится к превращению этих высокотоксичных соединений в малотоксичные продукты. Для этой цели используют реагенты-окислители, содержащие активный хлор, озон, пероксид водорода, перманганат калия и кислород.

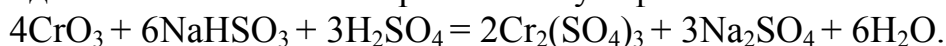
Реакции окисления простых и комплексных цианидов с активным хлором протекают с наибольшей скоростью при pH=10,5-12.

Окисление цианидов хлорной известью протекает по реакции:

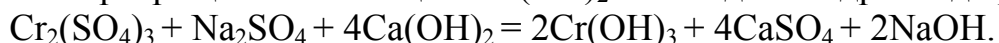


Наличие в отработанной воде 2-3 мг/л активного остаточного хлора обеспечивает полноту окисления простых и комплексных цианидов меди и цинка.

Очистка сточных вод от шестивалентного хрома производится сульфитом Na_2SO_3 , бисульфитом NaHSO_3 и пиросульфитом $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$. Она протекает в две стадии: восстановление соединений Cr^{6+} до Cr^{3+} в кислой среде и дальнейшее превращение его в малорастворимые гидроксиды, которые выпадают в осадок. Восстановление хрома Cr^{6+} сульфитами по схеме:



Далее Cr^{3+} превращают с помощью $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или соды в гидроксид хрома:



В качестве реагента-восстановителя используют отходы металлического железа, гидроксид 2-х валентного железа, а также его сульфат. Недостатком использования их, по сравнению с солями серной кислоты, является более чем четырехкратное увеличение содержание твердой фазы в осадках, образующихся при обработке сточных вод реагентами. Однако при реализации ферритного метода очистки, при котором в качестве агента – осадителя используется гидроксид или карбонат натрия, удается в качестве товарного продукта получать *ферриты* – материал, содержащий смесь $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ и $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. Они широко используются в электротехнической промышленности в качестве магнитомягких и магнитожестких материалов.

Эффективна нейтрализация Cr^{6+} серо-щелочными растворами.

Нейтрализация сточных вод и их очистка от ИТМ. Сточные воды многих производств содержат растворенные минеральные кислоты и основания, а также ИТМ. Процесс взаимной нейтрализации компонентов сточных вод при их смешении в необходимых количествах позволяет достичь значения pH=7. Нейтрализация сточных вод обеспечивает удаление из них свободных кислот, оснований и ИТМ в результате их перевода в труднорастворимые соединения.

Реагентная очистка сточных вод от ИТМ основана на переводе их в состав трудно растворимых соединений. При выборе агента – осадителя информацию можно почерпнуть из справочных сведений о ПР соединений конкретного элемента. Осаждение ИТМ в виде гидроксидов не обеспечивает требования по их ПДК в воде, подлежащей сбросу в рыбопродуктивные водоемы. Известно, что малым значением ПР обладают многие соли: PbSO_4 и PbS , MgF_2 , HgS , NiS , Cu_2S и CuS , Ag_2S , Bi_2S_3 , CdS , SnS , $\text{Zn}_2\text{Fe}(\text{PO}_4)_2$, а также многочисленные ферриты

$\text{MeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ и им подобные $\text{MeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$, $\text{MeO} \cdot \text{Ni}_2\text{O}_3$ и др. Исходя из этого, и может быть предложена технология осаждения конкретного ИТМ или смеси их.

Например, в г. Омске внедрена технология очистки стоков ГП путем обработки их в нейтральной или слабокислой среде отходами нефтепереработки – серощелочными растворами, содержащими сульфиды, полисульфиды и тиосульфаты. При этом происходит образование труднорастворимых хорошо фильтрующихся кристаллических осадков сульфидов тяжелых металлов.

Эффективно использование сульфида натрия Na_2S . ПР сульфидов тяжелых металлов значительно ниже, чем у соответствующих гидроксидов, поэтому осаждение сульфидов происходит в более широком диапазоне pH, например, сульфид цинка осаждается при $\text{pH} = 1,5$, сульфиды никеля и кобальта – при $\text{pH} = 3,3$. Хорошие результаты получены при очистке стоков ГП Иркутского релейного завода при использовании в качестве осадителя раствора Na_2S .

На Колпинском электромеханическом заводе Ленинградской области внедрена ферритная технология очистки стоков гальванического цеха.

Позднее на ряде предприятий СНГ была реализована модифицированная низкотемпературная технология осаждения ферритов с использованием в качестве агента – осадителя смеси гидроксидов железа, полученных методами электро- и гальванокоагуляции.

Биологические методы очистки применяются для выделения тонкодисперсных и растворенных органических веществ. Они основаны на способности микроорганизмов использовать для своей жизнедеятельности, содержащиеся в сточных водах органические вещества (кислоты, спирты, белки, углеводы и т.п.), а также многие неорганические соединения.

Процесс реализуется в две стадии, протекающие одновременно, но с различной скоростью:

- адсорбция из сточных вод тонкодисперсных и растворенных примесей органических веществ;
- разрушение адсорбированных веществ внутри клетки микроорганизмов при протекающих в них биохимических процессах.

Обе стадии реализуются как в аэробных, так и в анаэробных условиях в зависимости от видов и свойств микроорганизмов.

Биологическую очистку осуществляют в природных и искусственных условиях. Сточные воды в природных условиях достаточно редко очищают на полях фильтрации, полях орошения и в биологических прудах.

Биологические фильтры широко используют для очистки и бытовых, и производственных сточных вод. Фильтровальные материалы для загрузки биофильтров: шлак, щебень, керамзит, пластмассу, гравий и т.п.

Биофильтры с естественной подачей воздуха применяют для очистки сточных вод с суточным расходом не более 100 м^3 . При больших расходах и используют биофильтры с принудительной подачей воздуха.

Нормальный ход процесса биологической очистки сточных вод устанавливается после образования на загрузочном материале биофильтра биологической пленки, микроорганизмы которой адаптировались к органическим примесям стоков. Адаптации обычно составляет 2-4 недели.

Для оценки состава сточных вод в процессе биологической очистки

используют показатель – биологическую потребность воды в кислороде (БПК) – количество кислорода, необходимое для окисления всех органических примесей, содержащихся в единице объема сточной воды.

Аэротенки, используемые для очистки больших объемов сточных вод, позволяют эффективно регулировать скорость и полноту протекающих в них биохимических процессов. Окислительная мощность аэротенков составляет 0,5-1,5 кг/м³ в сутки. Она существенным образом зависит от концентрации активного ила в сточной воде. При очистке производственных сточных вод концентрация ила обычно составляет 2-3 кг/м³ по сухому веществу.

Окситенки обеспечивают более интенсивный процесс окисления органических примесей по сравнению с аэротенками за счет подачи в них взамен воздуха технического кислорода и повышения концентрации активного ила. Для увеличения коэффициента использования подаваемого в объем сточной воды кислорода реактор окситенка герметизируют. Очищенная от органических примесей вода из реактора поступает в илоотделитель, в котором происходит выделение из нее отработанного ила.

Известны многочисленные примеры использования биологических методов для очистки сточных вод от хрома и других тяжелых металлов. Для этой цели используют в частности микроорганизмы – хромредукторы, восстанавливающие Cr⁶⁺ до Cr³⁺ с последующим осаждением его в виде гидроксида или сульфида, а также микроорганизмы – сульфатредукторы, восстанавливающие сульфаты до сульфидов, в результате чего осаждаются сульфиды тяжелых металлов. При этом микроорганизмы используют в качестве доноров электронов органические вещества, присутствующие в стоках, а в качестве акцепторов – сульфаты, бихроматы и т.д. Этим методом обеспечивается достижение остаточной концентрации ИТМ менее 0,01-0,05 мг/л.

Научно-внедренческая экологическая фирма «Эгаст» г. Уфа разработала и внедрила на ряде предприятий СНГ биохимическую очистку сточных вод и отработанных растворов содержащих ИТМ. Процесс производится с помощью запатентованного штамма сульфатредуцирующих бактерий «*Desulfovibrio vulgaris* штамм ЭГАС-1» в анаэробных условиях. Данный микроорганизм не обладает токсичностью и токсикогенностью, а также не является патогенным. Оптимальные условия проведения процесса: температура 30 °С и pH = 7,2-7,4. Генерируемый при этом сероводород H₂S переводит ИТМ в нерастворимую сульфидную форму. Присутствующие в стоках органические вещества в т.ч. нефтепродукты, а также соединения азота, фосфора, калия и других элементов используются бактериями для производства биомассы, которая может быть использована для компостирования или в качестве органического удобрения.

Сульфиды металлов выделяются из раствора в виде шлама, который пригоден для переработки на металлургических заводах.

Комплексная технология биохимической очистки сточных вод позволяет одновременно удалять широкий спектр загрязнений: ИТМ, органические и неорганические вещества.

Метод имеет неоспоримые преимущества перед другими:

- высокая эффективность очистки сточных вод;
- не используются химические реагенты, что исключает вторичное заг-

ряжение сточных вод;

- обеспечивает возможность использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения предприятия;
- снижает общее солесодержание сточных вод на 30-50 %;
- гибкость и высокая приспособляемость технологии к изменению качественного и количественного состава сточных вод;
- значительно сокращается объем образующихся при этом осадков.

Осадок на 70 % состоит из соединений тяжелых металлов, легко обезвоживается, брикетируется и утилизируется (в качестве сырья предприятий цветной металлургии).

Безреагентные методы очистки

Сорбционные методы очистки. Сорбция – это поглощение специальными веществами в твердом или жидком виде какого-либо вещества из среды. Поглощающее вещество называется сорбентом. Сорбционная очистка имеет ряд преимуществ перед др. физико-химическими методами и может быть технически и экономически целесообразной для электрохимических цехов.

Сорбенты классифицируются: по механизму действия – катиониты и аниониты; по происхождению – искусственные и природного происхождения; по составу – неорганические и органические. Неорганические природные сорбенты: катиониты – цеолиты, фосфаты и др., аниониты – апатит, каолинит и т.д. Природные органические катиониты – торф, шунгит, сульфоуголь и др.

Важнейшие твердые сорбенты, способные к регенерации и широко применяемые в технике – активные углеродистые материалы, цеолиты, иониты, силикогель и др. Широко используют в этом качестве активированный каменный уголь, нефтяной и каменноугольный кокс, недожог каменного угля, а также полукокс; несколько реже вследствие высокой стоимости – древесный уголь. При очистке стоков ионы калия, натрия, кальция, а также хлориды, нитраты, сульфаты и фосфаты практически не сорбируются на активированном угле (АУ), а ионы магния, цинка, железа, алюминия, хрома сорбируются АУ в небольших количествах.

В последнее время для целей очистки загрязненной нефтепродуктами воды все чаще используют природный углеродистый материал – шунгит.

В Восточной Сибири имеются многочисленные месторождения цеолитов - природных алюмосиликатных материалов. Они способны селективно выделять и вновь впитывать различные вещества, а также обменивать катионы.

Сорбенты должны обладать высокой удельной емкостью, скоростью поглощения, десорбции и регенерации, достаточной механической, химической и термической устойчивостью, быть доступными и недорогими.

Сорбционная технология включает в себя ряд стадий:

- подготовку исходного сорбента (отмывку, зарядку – перевод в требуемую форму);
- собственно сорбцию;
- элюирование (десорбцию) с помощью специального реагента с получением очищенного или концентрированного раствора «элюата» извлекаемого компонента;
- регенерацию сорбента для дальнейшего использования (промывку,

зарядку и подгрузку исходного).

Сущность сорбционных методов очистки заключается в фильтровании жидких отходов сквозь слой сорбента, способного извлекать из жидкости различные загрязняющие вещества. При очистке сорбционным методом в качестве сорбента чаще всего из-за дешевизны используют активированный уголь (табл. 6.2.), обладающий высокой сорбционной емкостью.

В РФ производятся угли: СКТ, АГ-3, АГ-5, БАУ, КАД, АР-3, ОУ и др.

Сорбционный метод очистки эффективен при очистке от Cr^{6+} . Например, при применении БАУ сорбционная емкость достигает 24 мг/г, при использовании угля марки КАД или сорбента на основе бурого угля их сорбционная емкость по Cr^{6+} достигает 62 и 93 мг/г соответственно.

Весьма эффективно осуществляется извлечение бурыми углями и буро-угольными полукоксами типа АБД ионов тяжелых и редких металлов из низкоконцентрированных стоков. Например, для очистки хромсодержащих стоков рекомендован активированный уголь БАУ-А. Стоки предварительно подкисляются серной кислотой до $\text{pH} = 1,5-2,0$. На активированном угле Cr^{6+} восстанавливается до Cr^{3+} .

Cr^{3+} в свою очередь сорбируется активированным углем. Дальнейшую регенерацию сорбента производят серной кислотой, при этом элюат содержит Cr^{3+} в виде $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$. При регенерации сорбента 15 % едкой щелочью полученный элюат содержит ионы CrO_4^{2-} в виде Na_2CrO_4 . После регенерации сорбент отмывают водопроводной водой до $\text{pH} = 7-8$.

При очистке жидких циансодержащих отходов известно использование в качестве сорбента следующих марок активированного угля (в порядке убывания сорбционной способности): СКТ, БАУ, АГ-3 – для простых цианидов; АГ-3, СКТ, БАУ – для комплексных цианидов меди. Чаще всего используется уголь АГ-3 благодаря преобладанию в жидких отходах комплексных цианидов. Сорбированные цианиды окисляются кислородом. Регенерация сорбента производится по периодически 10 % раствором соляной кислоты.

Для целей сорбции весьма широко используются искусственные высокомолекулярные органические соединения – иониты. По характеру ионогенных групп различают катиониты, содержащие кислотные группы, аниониты, содержащие основные группы; последние в зависимости от pH раствора способны обменивать катионы, анионы либо и те и другие одновременно. Известны четыре типа ионитов, отличающихся типом ионогенных групп и степенью их ионизации (pKa):

- сильнокислотные катиониты ($\text{pKa} < 2$, группы – SO_3H , - $\text{PO}(\text{OH}_2)$ и др.) и сильноосновные аниониты ($\text{pKa} < 1$, группы – $\text{N}(\text{CH}_3)\text{OH}$ и др.);
- слабокислотные катиониты ($\text{pKa} > 4$, группы – COOH , - OH и др.); слабоосновные аниониты ($\text{pKa} > 4$, группы $\equiv \text{N} \equiv$);
- амфотерные иониты (амфолиты, комплекситы, амфиониты);
- катиониты и аниониты полифункционального характера, обменная емкость которых непрерывно возрастает по мере повышения pH для катионитов и pOH для анионитов.

Дополнительная очистка стоков (промывной воды), предварительно очищенных на очистных сооружениях реагентного, электрокоагуляционного

или иных типов осуществляется в ионообменных колоннах (ИОК) по схеме: насос - фильтр - ионообменная колонна - канализация. Достижение меньших значений остаточных концентраций ИТМ осуществляется последовательным подключением дополнительных ионообменных колонн.

Перспективно использование в качестве сорбентов для извлечения металлов твердофазных отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности, в частности древесных опилок, коры, шлам-лигнинов с термической обработкой и (или) без нее.

Для сорбционных процессов используют аппаратуру периодического, полунепрерывного и непрерывного действия с подвижным и неподвижным, сплошным и взвешенным слоем сорбента; в аппаратах осуществляется перекрестное, параллельное и противоточное движение фаз. Наиболее простым аппаратом является колонна (фильтр) со сплошным слоем сорбента. Достаточно часто слой сорбента располагается под слоями собственно фильтрующего материала. Например, слой сорбента располагается поверх слоя мелкого кварцевого песка. Он в свою очередь лежит на подстилающих слоях крупного песка и мелкого гравия. Поверх слоя сорбента находится еще один слой мелкого песка. В этом случае подача исходного раствора производится сверху. Несколько колонн размещают в цикле сорбции, одну – две колонны на промывке и несколько колонн – в цикле десорбции и регенерации. Циклы сорбции и регенерации чередуют. Колонны с насыщенным сорбентом переключают на промывку, десорбцию (регенерацию), а колонны с регенерированным сорбентом включают в цикл сорбции.

Подобные аппараты непригодны для обработки плохо осветленных растворов. Их используют для оснащения установок небольшой мощности, для переработки растворов с низкой концентрацией извлекаемых веществ. Для процессов сорбции наибольшее распространение получили колонные аппараты непрерывного действия типа пачуков, пневмопульсационных с взвешенным слоем сорбента и распределительными тарелками.

Сорбционная установка для обработки воды активированными углями в виде порошка включает: смесительный барабан, предназначенный для предварительного замачивания порошка угля; бункер для приготовления угольной пульпы; дозатор; контактную камеру, где обеспечивается контакт угля с обрабатываемой водой (около 20 мин), и отстойник [1]. Сточные воды поступают в накопитель стоков, куда дозируется кислота до $\text{pH} = 1,5-2,0$ для очистки от ионов хрома. Насосом стоки подаются на механический фильтр и далее на адсорбер. Сорбционная установка состоит из нескольких параллельно включенных секций, в каждую из которых входит несколько последовательно соединенных фильтров. Конструкция угольных аппаратов идентична осветлительным фильтрам с водяной промывкой. На практике используют одно- и много ступенчатые установки сорбционной очистки. Последние применяют для очистки жидких высококонцентрированных отходов или при наличии высоких требований к качеству очистки. Установки с противоточной подачей сорбента являются более экономичными, т.к. сорбент в них вводится только на последней ступени и затем последовательно поступает с каждой последующей ступени на предыдущую.

Проблема переработки элюатов. При использовании сорбентов для очистки сточных вод возникает серьезная проблема, связанная с их регенерацией. Например, при очистке сточных вод с использованием ионообменных фильтров для их регенерации применяют промывку кислотами и щелочами. Образующиеся при этом растворы – элюаты подлежат последующей переработке. Объем получаемых элюатов сопоставим с объемом прошедших через фильтр очищаемых растворов.

При традиционной схеме очистки сточные воды содержат смесь растворимых соединений всех используемых в производстве элементов.

Например, в сточных водах Улан-удэнского авиационного производственного объединения по результатам обследования проф. Михайловым Б.Н. с сотрудниками присутствуют ИТМ (меди, никеля, цинка, кадмия, хрома, железа и др.) при общей концентрации несколько граммов в литре. Согласно его мнению получаемые при очистке данных стоков элюаты в виде смеси сульфатов названных элементов не могут быть рентабельно переработаны на товарные продукты существующими методами.

Нами показано, что при использовании сорбционных технологий в локальных схемах очистки стоков ГП получаемые элюаты содержат, как правило, один из названных выше металлов (медь, никель, цинк, кадмий, хром и т.д.) в виде сульфатов или хлоридов в присутствии незначительного количества железа и других примесей. Переработка таких растворов на товарные продукты не составляет труда. Например, электроэкстракцией, электродиализом, упариванием и т.п.

В последнее время широко внедряют волокнистые ионообменники. Введением анионных или катионных радикалов в ткани достигают увеличения поверхности обмена, более простое их удаление из обрабатываемой жидкости. Используя их в качестве фильтрующей перегородки, одновременно с фильтрацией селективно отделяют требуемый элемент. Аналогичный эффект обеспечивают целлюлозоиониты: их матрица содержит спиртовые группы и изготавливается на основе целлюлозы. Они меньше чем другие аналогичные материалы набухают в растворе. Емкость ионообменных тканей и целлюлозоионитов достигает 1,0-1,3 мг•экв/г.

Экстракционные методы очистки применяют для удаления примесей из технологических растворов. Экстракция является массообменным процессом в системе «жидкость-жидкость». Экстрагент – органическое вещество, образующее с извлекаемым металлом соль или комплекс, хорошо растворимый в органической фазе и практически не растворимый в водной. Как правило, для растворения экстрагента используется в качестве растворителя органическая жидкость – разбавитель. В результате процесса получают продукты экстракции – экстракт (органическая фаза) и рафинат (водная фаза). Далее проводят реэкстракцию насыщенной металлоорганической фазы, в результате чего получают реэкстракт – обогащенную извлекаемым металлом водную фазу, дальнейшая переработка которой, как правило, не вызывает особых осложнений.

Наиболее часто используют следующие группы экстрагентов:

- кислородсодержащие (кетоны, спирты, альдегиды, простые и сложные эфиры и нейтральные фосфорсодержащие соединения типа

трибутилфосфата и др.), функционирующие по сольватному механизму;

- катионообменные (кислые алкилфосфаты, алкилпирофосфаты, карбоновые и нафтеновые кислоты и др.);
- анионообменные растворители (амины и их производные).

Такие экстрагенты, как спирты, простые и сложные эфиры и кетоны используются в неразбавленном виде. В большинстве случаев экстрагент разбавляют органическим разбавителем для снижения вязкости, плотности и уменьшения потерь особо дорогих экстрагентов. Разбавители: алифатические (октан, додекан и др.), ароматические (бензол, толуол, ксилол и алкилбензолы) углеводороды, эфиры и керосин. Они не растворимы в водной среде, имеют высокую температуру вспышки более 67 °С и узкий интервал перегонки.

Академик В.П. Гладышев предложил экстракционный метод очистки отработанных растворов и сточных вод гальванических производств, с помощью карбоновых кислот при повышенной температуре. Реэкстракция металлоорганической фазы достигается снижением температуры жидкости до затвердевания карбоновых кислот, при этом происходит выделение из экстрагента водного раствора загрязняющих веществ.

При экстракции в сравнении с ионным обменом достигается более высокая скорость процесса, требуется меньший объем оборудования и количество реагентов (за счет большей удельной емкости). При этом получают более концентрированные растворы до 30-50 г/л, упрощается система автоматизации и более компактно аппаратное оформление. Недостаток – высокая пожароопасность целого ряда экстрагентов.

Мембранные методы очистки широко используется для очистки сточных вод, обработки воды, очистки и концентрации растворов высокомолекулярных веществ [1, 2, 3]. Они имеют разновидности:

- микрофильтрация — процесс мембранного разделения коллоидных растворов и взвесей под действием давления;
- ультрафильтрация – процесс мембранного разделения жидких смесей под действием давления, основанный на различии молекулярных масс или молекулярных размеров компонентов разделяемой смеси;
- обратный осмос – процесс мембранного разделения жидких растворов путем проникновения через полупроницаемую мембрану растворителя под действием приложенного к раствору давления, превышающего его осмотическое давление;
- диализ – процесс мембранного разделения за счет различия скоростей диффузии веществ через мембрану, проходящий при наличии градиента концентрации;
- электродиализ – процесс прохождения ионов растворенного вещества через мембрану под действием электрического поля в виде градиента электрического потенциала;
- разделение газов – процесс мембранного разделения газовых смесей за счет гидростатического давления и градиента концентрации.

Для этой цели разработано надежное стандартное технологичное оборудование – компактные, надежные и экономичные модули.

Микрофильтрация – процесс мембранного разделения коллоидных

растворов и взвесей под действием давления 0,01-0,1 МПа. Размер разделяемых частиц от 0,1 до 10 мкм. Микрофильтрация – переходный процесс от обычного фильтрования к мембранным методам.

Для микрофильтрации используют мембраны с симметричной микропористой структурой. Размеры пор в них от 0,1 до 10 мкм.

Мелкие частицы растворенного вещества и растворитель проходят через мембрану, а крупные частицы задерживаются. По мере протекания процесса разделения концентрация задерживаемых частиц возрастает.

Прошедший через мембрану растворитель выносит микровключения, которые направляют для концентрирования в технологической линии разделения в следующих циклах. Метод используют при разделении суспензий и эмульсий, очистки загрязненных механическими примесями промышленных сточных вод, при получении стерильных растворов.

Применяемые для микрофильтрации мембраны имеют пористую структуру и действуют как глубокие фильтры. Удерживаемые частицы осаждаются внутри мембранной структуры. Наиболее распространены рамные фильтрпрессы.

В качестве патронных фильтров применяют гофрированный мембранный патрон, расположенный в корпусе, рассчитанном на работу под давлением. Исходный раствор поступает в фильтр со стороны корпуса, продукт собирается в центральной трубе, которая уплотнена с корпусом прокладкой. Модули с микрофильтрующими мембранами работают при относительно низких гидростатических давлениях.

За микрофильтрацией обычно следуют процессы ультрафильтрации и обратный осмос, для них микрофильтрация – подготовительная операция.

Ультрафильтрация обеспечивает разделение, фракционирование и концентрирование растворов. Один из растворов обогащается растворенным веществом, а другой обедняется. Мембраны пропускают растворитель и определенные фракции молекулярных соединений. Процесс проводят при сравнительно низких рабочих давлениях 0,3-1,0 МПа.

Ультрафильтрации обычно подвергаются вещества, в которых молекулярная масса растворенных компонентов намного больше молекулярной массы растворителя. Большое значение имеет использование этого процесса при разделении веществ, чувствительных к нагреву, так как при ультрафильтрации растворы не нагреваются и не подвергаются химическому воздействию.

Отсюда очень низкие энергетические затраты, примерно в 20-60 раз ниже, чем при дистилляции. Из всех видов мембранного разделения ультрафильтрация нашла наиболее разнообразное применение. Важное промышленное использование ультрафильтрации – разделение эмульсии масла и воды. Сточная вода с исходной концентрацией масел 5-10 г/л разделяется мембранным аппаратом на фильтрат и концентрат. Фильтрат с концентрацией масел до 40 мг/л используют в оборотном водоснабжении. Концентрат с содержанием масел выше 40-50 г/л направляют на следующую стадию выделения масла или на сжигание.

Материалом для изготовления мембран служит большое число разнообразных полимеров: поливинилхлорид, поликарбонат, полисульфоны, полиакрилотрил, сополимеры и многие др. соединения.

Мембранные аппараты предназначены для разделения исходной смеси на два продукта – пермеат и концентрат.

Ультрафильтрационные установки широко используются для очистки сточных вод от СОЖ. Концентрирование нефтепродуктов методом ультрафильтрации проводится на трубчатых мембранах с размером пор 50 нм на основе ацетатцеллюлозы. В процессе работы установки концентрация нефтепродуктов в отработанной СОЖ повышается до 40-50 %. Процессы ультрафильтрации хорошо сочетаются с различными методами разделения и концентрирования жидких сред: обратный осмос, диализ, электродиализ и др. Этим обеспечивается высокая эффективность технологических цепей с замкнутым водоснабжением, возвратом в производство ценных продуктов в концентрированном виде. Процесс ультрафильтрации малоэнергоемкий.

Обратный осмос – процесс мембранного разделения жидких растворов путем преимущественного проникновения через полупроницаемую мембрану растворителя под действием приложенного к раствору давления, превышающего его осмотическое давление. Оно составляет 3-10 МПа.

При обратном осмосе размер молекул отделяемого растворителя соизмерим с размером молекул вещества в растворе. Существенным преимуществом обратного осмоса перед всеми другими методами очистки сточных вод является одновременная очистка от неорганических и органических примесей, что особенно важно в системах оборотного водоснабжения. Этим обеспечивается возможность получения наиболее чистой воды, т.к. мембраны могут задерживать практически все растворенные вещества и взвеси минерального и органического характера, в том числе вирусы, бактерии, микробы и всякого рода др. микроорганизмы.

В настоящее время очистку воды этим способом широко используют при водоподготовке для промышленных и бытовых целей.

Широко применяют ацетатцеллюлозные мембраны в виде плоских пленок и полиамидные мембраны в виде полных волокон.

Для обеспечения заданной степени очистки или концентрирования переходят на многоступенчатую схему обратного осмоса или к схемам, включающим совмещение с осмосом других методов разделения – выпаривание, ионный обмен и т.д.

АО «Комсомолец» г. Тамбов выпускает серию обратноосмотических установок мембранных рулонных для очистки воды от загрязнений, в т.ч. для очистки сточных вод гальванических производств УМР 12/10/2-ВТУ.

Наибольшее распространение для очистки сточных вод гальванических производств получили 2-х ступенчатые установки УГОС-1 и УГОС-2.

На 1-ой ступени производится концентрирование сточных вод и полученный концентрат возвращается в производство. На 2-ой ступени проводят дополнительную очистку фильтрата 1-ой ступени. Производительность установки УГОС-1 по фильтрату на 1-ой и 2-ой ступенях составляет соответственно 95 и 70 л/ч.

Производительность установки УГОС-2 составляет для 1-ой ступени 630 л/ч и для 2-ой 450 л/ч.

ЗАО «Мембраны» НПП «Баромембранная технология» выпускает

ультрафильтрационные и обратноосмотические установки различного назначения от установок очистки сточных вод гальванических производств серии УМГ производительностью 1-25 м³/ч до бытовых установок серии «Ручеек».

Электроэкстракционные методы очистки – электрохимические и объемные методы (электролиз, электродиализ и электрофлотация) целесообразно использовать при больших объемах на локальных системах очистки, а общую систему очистки основывать на сочетании методов: реагентный и ионообменный, реагентный и электрофлотационный, реагентный и электродиализный.

Электродиализ применением для обессоливания воды, очистки водных растворов др. сред. Его широко используют в промышленности для:

- организации регенерации и рециркуляции электролитов гальванических ванн;
- очистки технологических растворов и отходящих вод или рециркуляции химических веществ на химических и металлургических заводах;
- производства питьевой воды из морской воды;
- разделения органических и неорганических кислот, очистке органических и аминокислот и т.п. в химической промышленности и др.

Метод электродиализа целесообразен для очистки локальных стоков с высокой электропроводностью. Это позволяет использовать в рецикле не только очищенную воду, но и сконцентрированные вещества: кислоту, щелочь. Промывные воды при наличии механических примесей направляются на фильтр, заполненный активированным углем или другим сорбентом, а при отсутствии примесей – сразу в электродиализатор.

При организации систем оборотного водоснабжения столкнулись с необходимостью снижения солесодержания в системе. После удаления дисперсно-превращаемых примесей в оборотной воде в больших количествах присутствуют легко растворимые соли щелочных металлов и аммония.

Используя вакуумные или барометрические установки для опреснения воды удастся большую часть воды отправить на повторное использование.

А как быть с меньшей по объему частью ее, в которой и сконцентрировались легко растворимые соли?

Решение этой проблемы, по мнению проф. Михайлова Б.Н. возможно при использовании *электрокорректоров pH*. Эти аппараты по сути своей – электродиализаторы, предназначенные для получения концентрированных щелочных растворов (в катодной камере) и кислых (в анодной).

В дальнейшем эти растворы могут быть использованы для приготовления электролитов обезжиривания, травления и т.п., а также для регулирования величины pH в процессах очистки растворов и сточных вод.

Электродиализаторы выпускаются многими предприятиями СНГ. Алма-тинский электромеханический завод производит электродиализаторы серии ЭДУ и ЭХО, опытное производство ИКХХВ АН Украины – серии ЭД, фирма «Эйкос» г. Москва – ЭДУП, ПО «Тамбовмаш» – «Родник» и т.д.

Локальные электродиализные двух- и трехкамерные модули как проточного, так и погружного типа выпускает АОТ «Тамбовгальванотехника»

и ряд других предприятий.

6.3. Реорганизация станций очистки для получения целевых продуктов

Используемая на большинстве гальванических предприятий известковая технология очистки крайне устарела. Единственный выход из этой ситуации – реорганизация работы станций очистки с целью получения целевых продуктов (ферритов, оксидов, солей и т.д.). Для очистки по ферритной технологии в качестве реагента – осадителя используют смесь гидроксидов железа, полученная в электро- и гальвано-коагуляторах (более предпочтительны по экономическим соображениям). Соединения железа Fe^{2+} способствуют восстановлению Cr^{6+} до Cr^{3+} , а соединения Fe^{3+} в виде гидроксидных соединений (лепидокрокита и гетита) и оксидных (магнетита и гематита) участвуют в сорбции и коагуляции загрязнений, а также в процессах ферритообразования.

Тяжелые цветные металлы при использовании данного метода извлекаются в виде ферритов. Наиболее эффективно извлечение меди, цинка, хрома из сернокислых растворов происходит при pH исходных стоков 2,5-2,7, причем медь и хром эффективно извлекаются в широком диапазоне исходных концентраций от 50 до 250 мг/л; никель наиболее полно извлекается при pH 3,5-3,7. Цинк и никель хорошо извлекаются лишь при низких концентрациях: до 50 мг/л – цинк и до 100 мг/л – никель. Конечная концентрация ИТМ в стоках составляет 1,0-0,1 мг/л.

Методы утилизации отработанных растворов:

- использование их на том же производстве для других технологических нужд (рекуперация);
- переработка их для получения товарных продуктов;
- выделение из них отдельных ценных компонентов (цветные металлы, кислоты и другие вещества) и использование их на других производствах.

Альтернативой является утилизация образующихся в результате нейтрализации гидроксидов металлов, например в производстве глазурей, эмалей и стекла, т.е. переход к методам утилизации отходов обезжиривания, а также получение ферритов.

Ферриты определенного состава являются ценным сырьем для электротехнической промышленности. Они используются в производстве магнитопроводов, ферритных антенн, носителей информации и т.п.

Гидроксиды Fe^{2+} широко используют для восстановления Cr^{6+} до Cr^{3+} .

Для регенерации растворов кислот и щелочей из солевых растворов используют электролизеры диафрагменного или мембранного типа.

В соляно- или сернокислых растворах травления стали происходит накопление ионов железа до 60-120 г/л. Регенерация их возможна путем глубокого охлаждения, при этом из раствора выпадают осадки кристаллогидратов солей железа, которые легко отделяются от раствора. Раствор после корректировки пригоден для повторного использования.

Внедрен метод гальванокоагуляции и ферритизации НПФ Литстанкопроект путем обработки стоков коагулянтном – суспензией оксигидратов Fe^{2+} и Fe^{3+} , получающейся при растворении железа. Ферриты тяжелых цветных

металлов (никеля, меди, цинка и др.) в отличие от гидроксидов тех же металлов при обычной температуре практически не растворимы не только в воде, но и в разбавленных водных растворах сильных минеральных кислот и едких щелочей. Это обусловлено особым строением их кристаллической решетки (типа шпинели). Они являются токсикантами 4-ой группы опасности.

Электрофлотационный способ очистки сточных вод в безреагентном электрохимическом модуле производит пенный продукт – флотационный шлам. Он состоит из индивидуальных гидроксидов тяжелых металлов или их смеси. При локальной очистке шлам возвращают в ванну нанесения покрытия (иногда требуется его очистка от железа), либо после растворения в кислоте из него прямым электролизом может быть выделен металл в виде фольги или порошка. При очистке смешанного кисло-щелочного стока флотошлам может быть подвергнут экстракционному разделению на растворы индивидуальных металлов с последующим электролитическим выделением металлической фольги или порошка.

7. Оборудование для очистки жидких отходов

По составу загрязнений жидкие отходы ГП подразделяются на кислотнo-щелочные, циансодержащие, хромсодержащие, а также содержащие ионы тяжелых металлов (ИТМ) и др. Основные компоненты загрязнений жидких отходов ГП: высокотоксичные цианиды, ИТМ и органические вещества. ИТМ могут находиться в воде в виде взвесей различной степени дисперсности.

По режиму сброса жидкие отходы подразделяются: сбрасываемые постоянно и периодически. Основное количество жидких отходов в гальванике (90-95 %) составляют промывные воды.

По концентрации загрязнений жидкие отходы подразделяются: слабо- и высококонцентрированные. Слабо концентрированные жидкие отходы образуются после промывки деталей в проточных ваннах. Концентрация в них зависит от объема, концентрации и вязкости раствора электролита, захватываемого поверхностью обрабатываемых деталей и ряда других факторов. К жидким высококонцентрированным отходам относят отработанные технологические растворы, растворы ванн улавливания и т.п. Отработанные концентрированные электролиты в свою очередь делятся на металлосодержащие без комплексообразователя и с комплексообразователем, а также на содержащие органические вещества.

Для обеспечения нормальной работы очистных сооружений производят усреднение расхода сточной воды и (или) концентрации веществ.

Методы разделения дисперсных систем при механической очистке определяются главным образом размером взвесей.

Применяют следующие методы разделения: отстаивание, процеживание, осаждение, обработка в поле действия центробежных сил, фильтрование и т.д. Процесс отстаивания реализуют в отстойниках, песколовках и жирословителях. Отстойники используют для удаления оседающих или всплывающих грубодисперсных частиц размером более 0,1 мм, а также частиц нефтепродуктов. Первичные отстойники устанавливают перед сооружениями биологической очистки, а вторичные – для выделения активного ила. В

зависимости от направления движения потока воды применяют горизонтальные, радиальные или комбинированные отстойники.

Для выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей используют песколовки, а для очистки от всплывающих примесей с плотностью меньше плотности воды (нефть, смолы, масло, жиры) – нефтеловушки, смоло- и маслоуловители. Песколовки позволяют удалять из сточных вод частицы металла и песка размером более 0,25 мм.

В зависимости от направления движения сточной воды применяют горизонтальные песколовки с прямолинейным и круговым движением воды, вертикальные и аэрируемые.

Для улавливания из сточных вод крупных плавающих загрязнений применяют метод процеживания через решетки. В вертикальных или наклонных решетках ширина прозоров обычно составляет 15-20 мм.

Для удаления осадка веществ со входной поверхности решеток используют ручную или механическую очистку. Последующая обработка удаленного осадка требует дополнительных затрат и ухудшает санитарно-гигиенические условия в помещении. Эти недостатки устраняются при использовании решеток-дробилок, которые улавливают крупные взвешенные частицы и измельчают их до крупности 10 мм и менее.

Интенсификацию процессов осаждения взвешенных частиц из сточных вод осуществляют воздействием на них центробежных и центростремительных сил в гидроциклонах. Вращение потока способствует агломерации частиц и увеличению их упругости. Грубодисперсные частицы могут быть отделены фильтрованием на барабанных сетках или микрофильтрах. Для осветления сточных вод применяют сетчатые барабанные фильтры с фильтрующим слоем. Сточная вода подается в большую ванну и фильтруется через вращающийся барабан. В малую ванну поступает фильтрующий материал, образующий на сетке фильтрующий слой. Сточная вода, проходя через этот слой, очищается, поступает внутрь барабана и отводится для повторного использования.

Глубокую очистку сточных вод производят с помощью контактного осветлителя – фильтра, загруженного гравием и песком различной крупности. Вода с добавкой коагулянта проходит через слои загрузки снизу вверх.

Наиболее распространенным методом разделения трудно фильтрующихся суспензий под действием центробежных сил является центрифугирование. Центрифуги экономически целесообразно использовать для очистки сточных вод в том случае, когда выделенный осадок имеет ценность и может быть рекуперирован.

Для очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей с малой их концентрацией применим метод фильтрования. Его используют как на начальной стадии очистки, так и после некоторых методов физико-химической и биологической очистки. Для этой цели применяют в основном два типа фильтров: зернистые, в которых очищаемую воду пропускают через насадки пористых несвязанных материалов; микрофильтры, фильтрующие элементы которых изготавливают из связанных пористых материалов (сеток, натуральных и синтетических тканей, спеченных металлических порошков и т.п.). Широко используют фильтр-прессы.

Обезвоживание осадков на вакуум-фильтрах (ВФ) получило широкое распространение благодаря наличию серийно выпускаемого оборудования. Барабанные ВФ типа БОУ с площадью фильтрования 5-40 м² выпускают Уральский (г. Екатеринбург) и Пензенский заводы химического машиностроения. Дисковые ВФ типа ДУ с площадью фильтрования 9-100 м² и ленточные ВФ типа ЛУ с площадью фильтрования 1,6-10 м² выпускает завод химического машиностроения «Прогресс» г. Бердичев.

Наиболее широко применяются барабанные фильтры, т.к. они имеют небольшие габариты и весьма надежны в эксплуатации. Они обеспечивают получение осадка с влажностью 81-85 %.

Производительность ВФ по сухому веществу около 20 кг/м²ч. Для улучшения процесса фильтрования рекомендуется производить предварительную обработку осадка полиакриламидом с дозой 0,1-0,3 % от массы сухого вещества.

Основными недостатками ВФ являются высокая металлоемкость, большое количество вспомогательного оборудования (вакуум-насосы, воздуходувки, ресиверы и т.д.), низкая удельная производительность, высокая влажность обезвоженного осадка, а также необходимость вертикальной компоновки оборудования с перепадом высот 12-15 м.

Схема установки обезвоживания осадков на ВФ приведена на рис. 7.1.

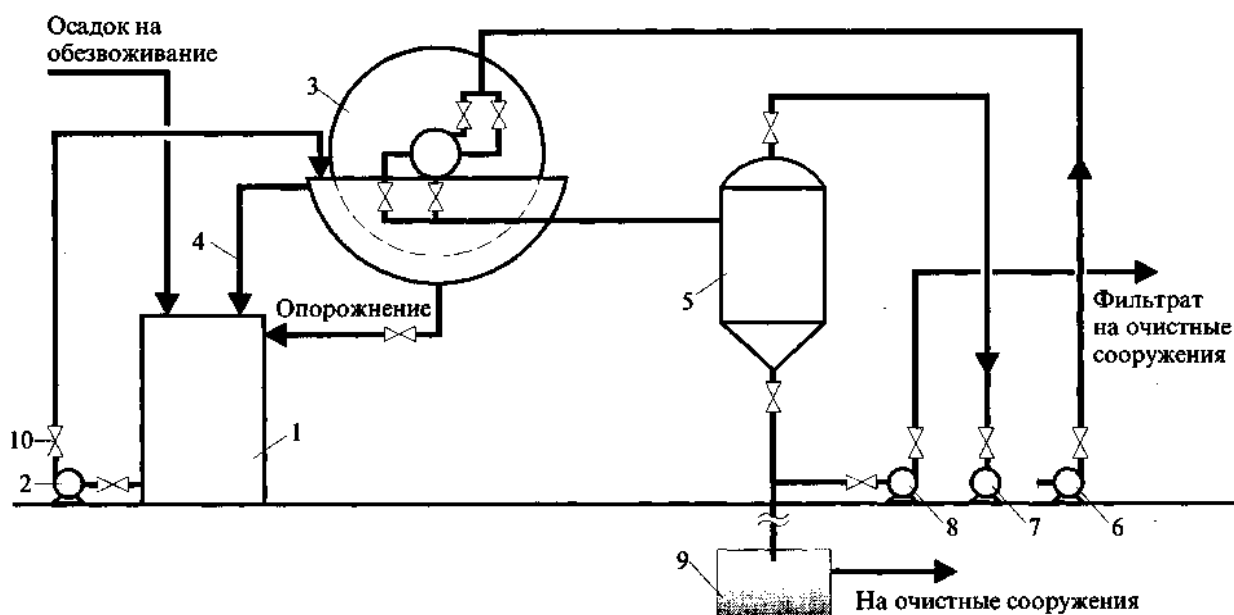


Рис. 7.1. Схема обезвоживания осадка сточных вод на вакуум-фильтре 1 – резервуар для осадка; 2 - насос подачи осадка; 3 - вакуум-фильтр; 4 – переливной трубопровод; 5 – ресивер; 6 - воздуходувка; 7 - вакуум-насос; 8 - насос откачки фильтрата; 9 - гидравлический затвор; 10 - задвижки

Обезвоживание осадков на центрифугах производится путем отделения более плотной, твердой фазы под действием центробежных сил, возникающих

при вращении ротора. Схема обезвоживания осадка на центрифуге показана на рис. 7.2.

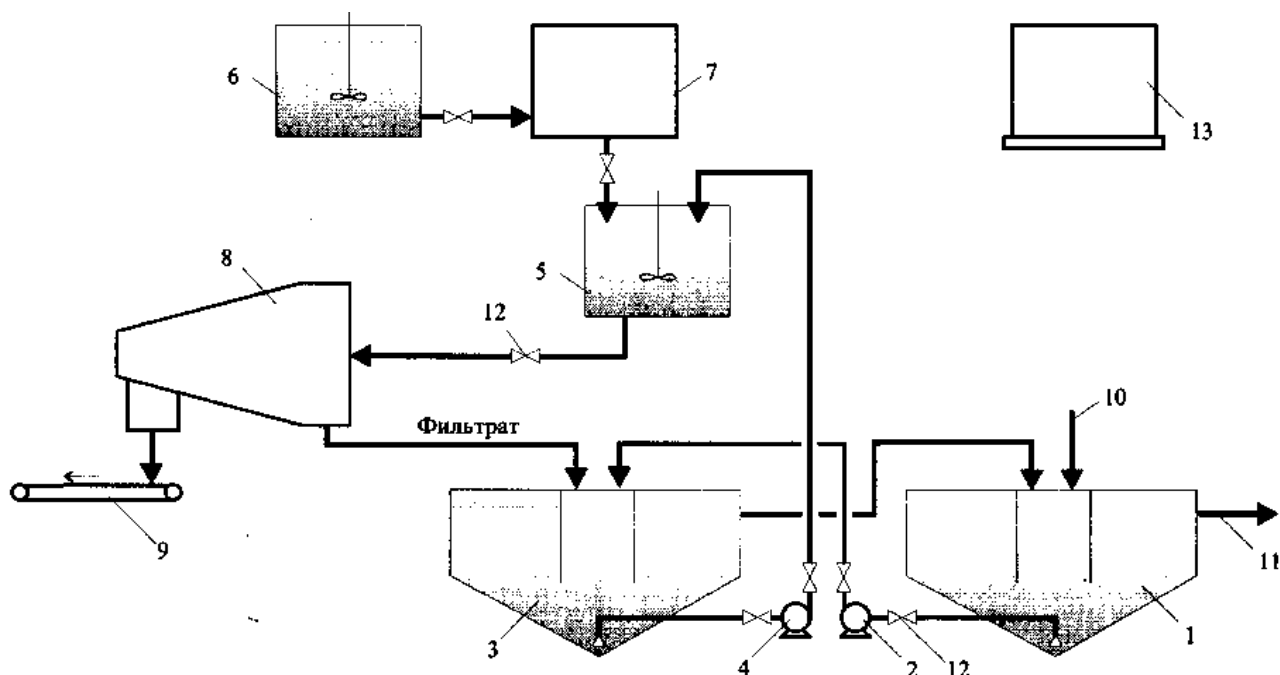


Рис. 7.2. Схема обезвоживания осадка сточных вод на осадительной центрифуге со шнековой выгрузкой осадка 1 - отстойник; 2,4- насосы перекачки осадка; 3 – осадкоуплотнитель; 5 – емкость осадка; 6 - емкость приготовления флокулянта; 7 – дозатор флокулянта; 8 – центрифуга; 9 - транспортер для удаления обезвоженного осадка на переработку; 10 - сточная вода после реагентной обработки; 11 - сброс осветленных сточных вод в городскую канализацию или доочистку; 12 - задвижки; 13 - станция управления установкой

Центрифуги (ЦФ) непрерывного действия применяются для обезвоживания осадков на очистных сооружениях большой производительности, а периодического действия – при средней и малой производительности.

По способу отвода фугата ЦФ подразделяются на отстойные и фильтрующие. В отстойных ротор имеет сплошные стенки и разделение суспензии осадка производится по принципу отстаивания за счет действия центробежной силы.

В фильтрующих ЦФ обезвоживание производится путем фильтрования через слой осадка и перфорированные стенки ротора. ЦФ периодического действия применяются для малых количеств осадка при обезвоживании шламов от нейтрализации отработанных концентрированных растворов и при получении товарных осадков. Типы серийно выпускаемых ЦФ периодического действия – подвесные, трехколонные, маятниковые и др.

Специальные ЦФ периодического действия для обезвоживания осадков от переработки сточных вод не выпускаются. Для обезвоживания гальванических осадков рекомендуются маятниковые ЦФ типа ФМБ, ОМБ, ФМД, механизированные типа ФМК, ФМН, разработанные институтом НИИХиммаш г. Москва, маятниковые ОМ – изготовитель «Курганхиммаш», ОТР Сумское машино-

строительное ПО. ЦФ имеют ротор диаметром 105-2200 мм, предельную загрузку 10-3500 кг осадка, максимальную частоту вращения 600-15000 об/мин. ЦФ непрерывного действия применяются для обезвоживания больших объемов осадка, выгрузка его из центрифуг осуществляется с помощью шнека.

Серийно выпускаются ЦФ типа ОГШ и НОГШ с производительностью по исходному осадку 3-120 м³/ч. Внутренний диаметр ротора 350-2320 мм, максимальная частота вращения 750-4000 об/мин. Изготовители – Сумское машиностроительное ПО, Киселевский машиностроительный завод и др.

Опыт эксплуатации ЦФ типа ОГШ показал низкую эффективность задержания взвеси. При исходной влажности осадка 99 % содержание взвеси в фугате достигает 8-13,2 г/л, влажность кека 74-76 %.

Значительное увеличение эффективности задержания взвесей происходит при предварительной обработке осадка 0,2-0,8 % раствором полиакриламида (ПАА). При использовании ПАА содержание твердой фазы в фугате уменьшается до 2 г/л, влажность кека не изменяется.

Широко применяются колонные фильтровальные установки (рис. 7.3.)



Рис. 7.3. Установка фильтрации гальванических растворов Labmaster фирмы «Серфилко». Одноколонная 1-3 картриджа 10^л. Материал – полипропилен, ПВХ, ХПВХ, PVDF. Насос герметичного исполнения. Скорость потока до 2500 л/ч.

Фильтр-прессы (ФП) по сравнению с вакуум-фильтрами обладают рядом достоинств технологического и эксплуатационного характера [1, 2].

Обезвоживание осадков на ФП производят до влажности 30-50 %.

Давление фильтрации составляет 0,15-1,2 МПа, а продолжительность фильтроцикла от нескольких минут до 4-6 ч. Для обезвоживания в основном применяются камерные ФП, реже рамные. Последние менее эффективны, т.к. требуют затрат ручного труда при разгрузке кека.

На очистных сооружениях широко применяют ленточные горизонтальные, вертикальные и барабанные ФП непрерывного действия, выпускаемые в ФРГ, Нидерландах, РФ и т.д.

Отечественные ленточные ФП разработаны НИИХиммаш г. Москва. Ленты изготовлены из металлической сетки и нейлоновой фильтровальной ткани. Их промывка производится при помощи непрерывной подачи воды из насадок под давлением 0,5 МПа. Производительность их по исходному осадку до 15 м³/ч.

В СНГ для обезвоживания осадков сточных вод мощных станций нейтрализации часто применяются фильтр-прессы типа ФПАКМ. Схема обезвоживания осадков на ФПАКМ представлена на рис. 7.4. Он состоит из набора горизонтальных фильтровальных плит, между которыми зигзагообразно расположена фильтровальная ткань в виде бесконечной ленты.

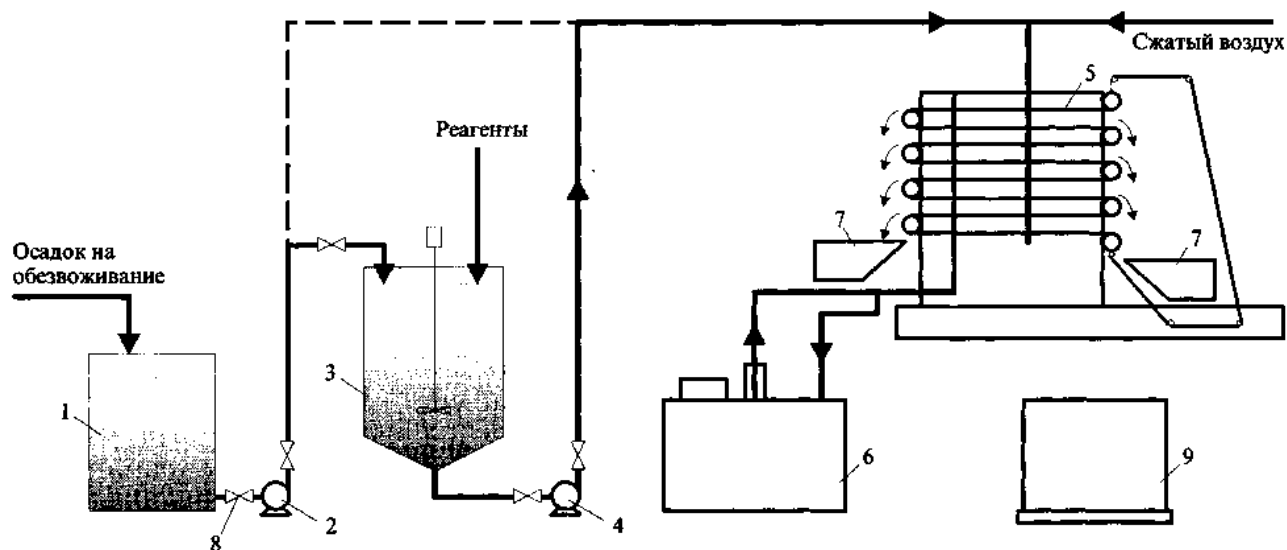


Рис. 7.4. Технологическая схема обезвоживания осадка сточных вод на фильтр-прессе ФПАКМ 1 - резервуар для осадка; 2 - насос подачи осадка; 3 - резервуар для смешения осадка с реагентами; 4 - насос подачи осадка на фильтр-пресс; 5 - фильтр-пресс; 6 - гидравлическая система отжима осадка; 7 - контейнеры для сбора обезвоженного осадка; 8 - задвижки; 9 - станция управления установкой.

Фильтровальные пластины сжимаются при подъеме нижней опорной плиты, образуя фильтровальные камеры. Осадок на ФП подается насосами при давлении 0,2-0,6 МПа, фильтрат отводится по сборному коллектору.

Для восстановления свойств фильтровальной ткани имеется регенератор, в

котором ткань с помощью вибратора промывается водой или регенерационным раствором.

При обезвоживании осадков станций нейтрализации сточных вод операции промывки осадка, как правило, не применяются.

Сушка осадка чаще всего не используется, т.к. после отжима влажность осадка (40-60 %) достаточна для его транспортирования и складирования.

ФП типа ФПАКМ с площадью поверхности фильтрования 2,5-50 м² серийно выпускаются заводом химического машиностроения «Прогресс» г. Бердичев.

Автоматические ФП являются высокоэффективным и надежным оборудованием для обезвоживания осадков станций очистки сточных вод.

Автоматизированный фильтровальный модуль ВЕ 37.913 для доочистки стоков на основе фильтров из пористой нержавеющей стали показан на рис. 7.5.

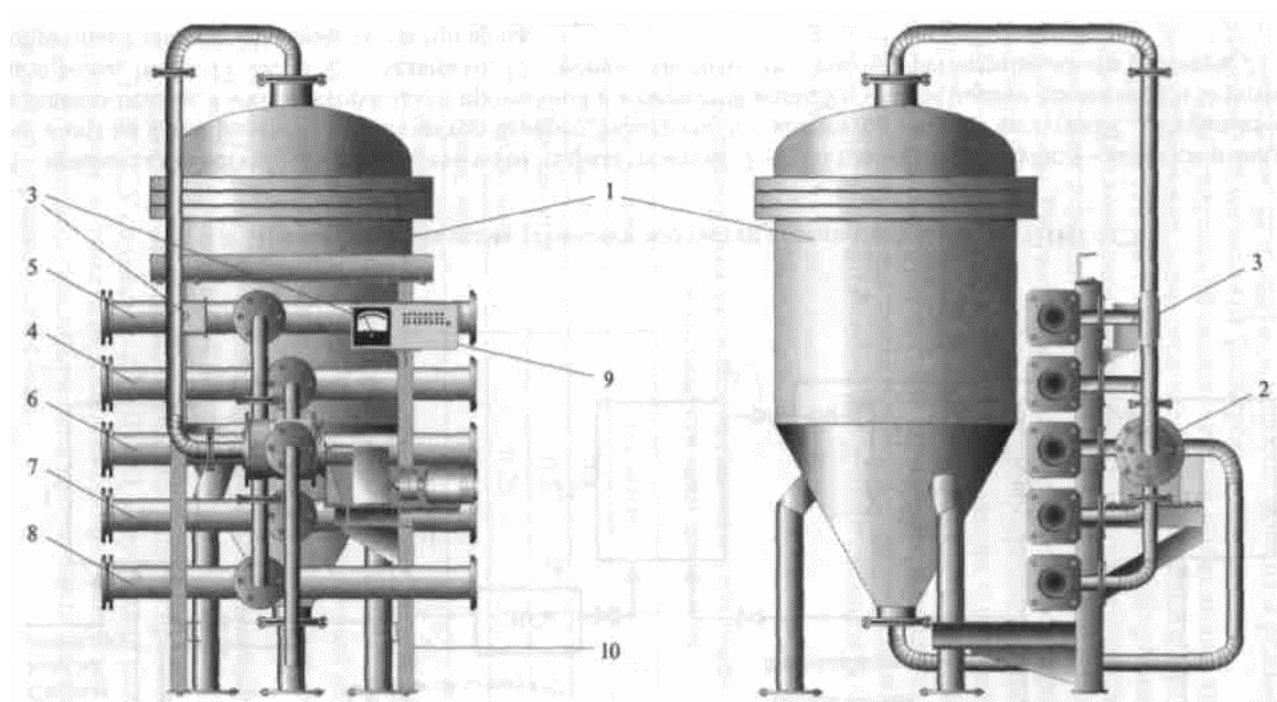


Рис. 7.5. Автоматизированный фильтровальный модуль (ННГАСУ) 1 - корпус фильтра; 2 - электроприводное переключающее устройство; 3 - индикатор расхода ЭРМ 112-38/43-180-НЖ-03/2-0; 4 - коллектор подачи воды на фильтрование; 5 - коллектор первого фильтрата; 6 – коллектор чистого фильтрата; 7 – коллектор удаления осадка; 8 – коллектор подачи промывной и возвратной воды; 9 - пульт местного управления; 10 - каркас.

7.1. Примеры организации станций очистки

Комплекс локальной очистки стоков «ТАГАТ» предназначен для очистки стоков от ионов тяжелых металлов (ИТМ), анионов (или их части), нефтепродуктов, СПАВ и блескообразующих добавок содержащихся в стоках гальванических линий.

При этом используются методы: реагентный, электрокоагуляционный,

доочистка при помощи адсорбентов или при помощи ионообменных смол.

Технологические операции очистки кислотощелочных стоков в данном комплексе могут осуществляться по следующим схемам:

- очистка от ИТМ со сбросом очищенной до ПДК по ИТМ воды в канализацию: гальваническая линия - приемная емкость (реактор) – отстойник тонкослойный - фильтры с адсорбентом – канализация;

- очистка от ИТМ, части анионов, органики - с возвратом 50-70 % очищенной воды на промывочные операции гальванических линий и со сбросом 50-30 % очищенной до ПДК по загрязняющим компонентам воды в канализацию: гальваническая линия - приемная емкость – электрокоагулятор - отстойник тонкослойный - колонны с ионообменными смолами (катионит) – гальваническая линия и канализация;

- очистка от ИТМ, анионов, органики - с возвратом очищенной воды на промывочные операции гальванических линий: гальваническая линия – приемная емкость - электрокоагулятор - отстойник тонкослойный – колонны с ионообменными смолами (катионит и анионит) - гальваническая линия.

Элюаты после регенерации анионита упариваются в вакуумном выпарном аппарате.

Хромосодержащие стоки могут обрабатываться совместно с кислотно-щелочными стоками или в отдельном модуле обезвреживания шестивалентного хрома как реагентно, так и при помощи электрокоагулятора - далее, как кислотощелочные стоки.

Шлам из конусных частей отстойника обезвоживается в барабанном вакуум-фильтре или в фильтр-прессе.

В комплексе также предусмотрено:

- автоматическое поддержание уровня жидкости в емкостях,
- автоматическое регулирование величины рН в отстойнике,
- подача флокулянта в отстойник,
- регенерация и отмывка ионообменных смол или адсорбента,
- необходимые блокировки включения насосов.

Достижение жестких значений ПДК загрязняющих компонентов в очищенной воде осуществляется включением в комплекс модуля доочистки, содержащего ионообменные колонны или фильтры с адсорбентом.

Комплекс очистки стоков укомплектован модулем реагентной обработки залповых сбросов (электролиты, растворы).

Модуль обезвреживания шестивалентного хрома используется как самостоятельный узел, так и как элемент комплекса очистки стоков. Обезвреженные в модуле хромосодержащие стоки направляются в отстойник, который в состав модуля не входит.

Обработка хромосодержащих стоков осуществляется по схеме: приемная емкость - насос - электрокоагулятор - емкость промежуточная.

Модуль включает в себя также систему регулирования рН в приемной емкости. При подаче в модуль менее концентрированных стоков производительность возрастает.

8. Эколого-экономические аспекты использования тяжелых цветных металлов

Тяжелые цветные металлы высокотоксичны, имеют большой период полу-выведения из организма (13-18 лет) и накапливаются с возрастом.

Универсальную роль в питании растений и животных играют 15 основных элементов - кислород и водород кальций, медь, хлор, иод, железо, магний, марганец, молибден, азот, фосфор, калий, натрий и сера.

Второстепенные элементы, к которым относятся ионы тяжелых металлов (ИТМ), выполняют специфическую роль в живом организме. Содержание их определяется внешними по отношению к организму процессами, в результате чего организм неограниченно накапливает эти элементы пропорционально их содержанию во внешней среде.

На примере цинка [1] показано распределение ИТМ в различных средах и их влияние на биосферу. Среди них цинк менее токсичен, чем ртуть, свинец или кадмий. Но более высокий уровень его потребления и низкая степень рециркуляции приводят к тому, что общий ущерб от воздействия цинка может быть более высоким, чем от других, более токсичных металлов.

Содержание цинка в земной коре $1,2 \cdot 10^{-2} \%$. Общие запасы цинковых минералов составляют $25 \cdot 10^{15}$ т. Уровень добычи цинка на человека в мире составляет 1,5 кг/год, а потребление – 1,4 кг/год.

Ежегодная добыча цинка в мире в 80-е годы составляла 7 млн. т, в т.ч. в СССР 1 млн. т. Содержание цинка на различных стадиях его производства и распределение его в технологических продуктах и ОС приведено в [1, табл. 5.1].

При наличии окислительных агентов наблюдается относительно высокая подвижность соединений цинка в ОС. В результате чего концентрация его в сточных водах превышает фоновую в промышленном городе в 12,8 раза.

Это превышение составляет для меди – 7,4, свинца – 1,5, кадмия – 11.

В результате вторичной миграции в растениях, животных и в человеке установилась физиологически необходимая концентрация цинка: 0,078, 0,016 и 0,019 % соответственно. В результате жизнедеятельности человека происходит третичная миграция цинка.

Основные направления использования цинка, %: получение сплавов – 30, химические источники тока – 20, защитные покрытия – 30, химические реактивы – 10. Степень рециркуляции мала и составляет в лучшем случае 27 %, что приводит к значительному загрязнению ОС.

Необходимое потребление человеком цинка не более 12 мг/сутки. Добывается в пересчете на одного человека 1,5 кг/год, а расходуется на его нужды 1,4 кг/год (4,1 г/сутки), что в 341 раз выше естественно необходимого поступления цинка.

Физиологическое воздействие цинка основано на активации им действия ферментов в организмах. В органах человека содержится цинка, %: сердечная мышца – 0,024; печень – 0,019; предстательная железа – 0,046.

В больших количествах он вызывает рвоту, критическая доза соответствует примерно 150 мг для взрослого мужчины. Цинк и его соединения могут представлять мутагенную и онкологическую опасность. Цинковая инток-

сикация заключается в конкурентном отношении цинка с рядом других металлов. Так, избыточное поступление цинка в организм сопровождается падением содержания кальция не только в крови, но и в костях, одновременно нарушается усвоение фосфора. В воде соединения цинка проявляют токсичность при концентрации 0,01 мг/л, а концентрация 15 мг/л в течение 8 ч смертельна для всех видов рыб. Цинк интенсивно аккумулируется водными растениями. Соединения цинка сильно повреждают жабры рыб, сначала наблюдается фаза возбуждения и учащения дыхания, затем смерть.

При сливе различных ИТМ возможно их взаимодействие. Так, смесь Zn и Cu в пять раз проявляет большую токсичность, чем сумма их индивидуальных воздействий. Zn и Cd действуют обычно аддитивно, тогда как Zn и Ni – синергически; как правило, при весьма малом содержании металлов наблюдается аддитивный эффект, тогда, как при повышенном – синергический.

Цинк аккумулируется в водных организмах до весьма высоких значений (например, в тихоокеанских устрицах – до 1 %).

В водных беспозвоночных Zn и Cu концентрируется в 10 раз по сравнению с водой. Логарифмический коэффициент накопления ионов цинка в растениях равен 3, в организмах – 4.

Содержание Zn в теле норки в реках Белоруссии составляет, мг/кг сухого веса: мышцы – 52-59, печень – 115, почки – 72, шерсть – 49. Коэффициент концентрации цинка в системе мышцы – вода составляет 600.

Содержание Zn в рыбной продукции значительно выше, чем других металлов. Содержание Zn в байкальском омуле – 0,3 мг/кг; в леще, окуне и сороге, поступающих с Братского водохранилища, – 6,5-8,6 мг/кг. Содержание его в тканях рыбы данного водохранилища превышает фоновое значение в 25 раз.

Анализ уровня загрязнения цинком р. Ангары

Анализ техногенного загрязнения ОС Zn в бассейне р. Ангары представлен в [1]. Основные загрязнители ее - предприятия Иркутска, Ангарска, Усолья-Сибирского и Свирска.

Согласно [1], в 1991 г. уровень загрязнения ангарской воды Zn составил 0,014 мг/л. Ангара выносит из Байкала 57,7 км³/год воды с содержанием его $2 \cdot 10^{-10}$ %. Т.е. с водой Ангары поступает Zn ежегодно:

$$57,7 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 2 \cdot 10^{-10} = 11,5 \text{ т.}$$

Суммарное годовое поступление Zn в Ангару с промышленными стоками предприятий Иркутска составляет:

$$57,7 \cdot 10^9 \text{ м}^3 \cdot 0,014 \text{ г/м}^3 = 807 \cdot 10^6 \text{ г} = 807 \text{ т.}$$

Т.о., ежегодное техногенное поступление цинка в бассейн Ангары:

$$807 - 11,5 = 795,5 \text{ т.}$$

Среднестатистический уровень потребления Zn 1,4 кг/год на человека. При численности населения Иркутска совместно с прилегающими населенными пунктами, находящимися в бассейне р. Ангары в 750 тыс. человек потребление цинка составляет: $750 \cdot 10^3 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} = 1092 \text{ т/год.}$

При степени рециркуляции цинка 27 %, поступление цинка в природную среду равно: $1092 \cdot 0,73 = 797,6 \text{ т/год.}$

Проведенные расчеты проф. А.Н. Баранова по среднестатистическому потреблению дают значение 773 т/год, что хорошо коррелирует с результатами,

полученными экспериментальным путем – 795 т/год [1].

Цинк, попадая на свалки бытовых отходов в виде химических источников тока, шламов очистных сооружений, при коррозии оцинкованного железа в конечном итоге поступает в р. Ангару.

В Братском водохранилище скорость движения воды снижена и происходит отстаивание взвесей и частичная очистка ее. Концентрация Zn в воде после Братска и Усть-Илимска составляет 0,0003 мг/л при среднем расходе воды 93,661 км³/год.

Масса цинка, выносимого из Братского и Усть-Илимского водохранилищ, равна 28 т/год [1]. Т.о., в Братском водохранилище задерживается $795 - 28 = 767$ т/г его. За 30 лет существования водохранилища масса накопленного в нем цинка составила $767 \cdot 30 = 23100$ т.

Значительное поступление цинка в реки обусловлено выносом его со свалок, а их в РФ более 35000. По данным проф. Г.С. Вахромеева фильтрат свалок в Прибайкалье содержит до 25 мг/л ИТМ.

Поступление Zn за счет антропогенной нагрузки равно 388 г на человека в год [1]. Оптимальное потребление составляет: 12 мг в день на человека или на год – $12 \text{ мг} \cdot 365 \text{ дней} = 4,38 \text{ г}$. Сопоставление этих величин свидетельствует о том, что в результате третичной миграции поступление Zn возрастает в 88 раз по сравнению с поступлением его за счет естественных процессов.

Основные источники поступления Zn в Ангару - гальванические цеха предприятий, расположенных в Иркутске, Ангарске, Усолье-Сибирском и Шелехове, а также отработанные марганцево-цинковые элементы, сбор и переработка которых в регионе отсутствует. Завод «Востсибэлемент», производящий данные элементы также загрязняет ОС. Zn поступает и в результате коррозии оцинкованного железа и изделий из сплавов на его основе.

При загрязнении р. Ангары от Иркутска до Братского водохранилища увеличивается минерализация от 92 до 300 мг/л, за период 1984-88 г.г. произошло увеличение содержания Zn в воде р. Ангары ниже Иркутска до 18-29 мг/л [1].

В докладе «Экологическая обстановка в Иркутской области в 1992 г.» отмечено, что ниже Иркутска в р. Ангаре содержание Zn соответствует 1,4 ПДК и составляет 0,014 мг/л. В 1992 г. в Братское водохранилище поступило 12,91 т цинка из очистных сооружений Иркутска. Общее же количество цинка, поступившее в р. Ангару примерно 828 т/год [1].

Накопление ИТМ в Братском водохранилище создало экологическую бомбу замедленного действия.

Источником поступления Zn являются твердые отходы, которые поступают на свалки области и содержатся в шламах городских очистных сооружений.

Согласно данным Иркутскводоканала в 1989 г. на левобережные и правобережные сооружения поступило 29,77 т/год Zn. В результате очистки сточных вод 18,01 т Zn задержано и направлено в иловые карты, а 11,75 т сброшено в р. Ангару. Осадками очистных сооружений водоканала на правом берегу заполнено 32 иловых карта площадью 10,5 га.

Содержание ИТМ в этих осадках велико и они не могут быть использованы в качестве удобрения для полей.

Анализ потерь цинка гальваническими цехами Иркутска

В 1990 г. в СССР действовало около 5000 специализированных гальванических цехов. Наносилось 500 млн. м² гальванических покрытий, из них 58 % цинковых, что составляло 290 млн. м². Было потеряно 50 тыс. т цветных металлов, из них 29 тыс. т цинка, а также 100 тыс. т кислот и щелочей. Экологический ущерб народному хозяйству составлял 2 млрд. руб. в ценах 1985 г.

Проф. Михайловым Б.Н. совместно с сотрудниками ИрГТУ и Лимнологического института АН была проведена инвентаризация гальванических производств (ГП) города в 1989 г. [1, табл. 5.8]. Общий объем ГП Иркутска в 1989 г. - 782276 м³/год [1]. Среднее содержание металлов в стоках 0,192 кг/м³, суммарные выбросы металлов достигали 150,2 т/год. При нейтрализации сточных вод выделялись осадки гидроокисей металлов в объеме 92,3 т в год. Часть предприятий сбрасывали сточные воды в канализацию Иркутска без очистки. С неочищенными стоками в канализацию было сброшено металлов:

$$150,2 - 92,3 = 57,9 \text{ т/год.}$$

Общая схема ГП: детали перед нанесением покрытий обезжириваются, травятся и затем направляются в ванну покрытия; после всех названных операций они подвергаются промывке. Концентрация Zn в стоках после очистки 1-23 мг/л. Для доведения до установленных нормативов по сбросам в городскую канализацию (ПДК_{Zn} 0,07 мг/л) их зачастую подвергали разбавлению хозяйственно-бытовыми сточными водами.

Для полной очистки сточных вод на Иркутском релейном заводе (ИРЗ) были построены очистные сооружения, в них на заключительной стадии после реагентной очистки использовалась ионообменная очистка. Стоимость этих сооружений в 1984 г. превысила 4 млн. руб, однако запустить в эксплуатацию их завод не смог, т.к. в проекте обнаружились принципиальные ошибки, допущенные при выборе схемы очистки. В частности, ионообменные смолы не могут эффективно использоваться для очистки растворов, содержащих ИТМ, концентрация которых превышает 100 г/м³, тем более в присутствии солей жесткости. Использование их эффективно только при организации локальных схем очистки.

При проектировании очистных сооружений для ГП с устаревшей технологией необходимо разделение потоков растворов, содержащих различные металлы.

Проф. Михайловым Б.Н. разработаны оптимальные схемы очистки сточных вод с учетом усовершенствования технологии гальванопокрытий для завода 403 гражданской авиации, Усольского завода горного оборудования и комбината «Росторгмонтаж».

Проф. Михайловым Б.Н. с сотрудниками в 90-ых годах проведена экологическая и техническая экспертиза проектов очистных сооружений на Улан-Удэнском авиационном производственном объединении, Иркутском релейном заводе и проектируемого в то время в Иркутске завода измерительной аппаратуры. Результаты ее показали, что на выше названных предприятиях с ресурсоемкой технологией проектанты использовали устаревшие и зачастую принципиально неверные решения [1]. В результате экспертизы проектов и выдачи рекомендаций на ряде предприятий проведены работы по внедрению

ресурсосберегающих технологий.

Результаты обследования предприятий Иркутска, проведенные проф. Михайловым Б.Н. с сотрудниками в 1991 г. [1, табл. 5.9)] свидетельствуют, что по трем предприятиям Иркутска, имеющим самые большие гальванические цеха, годовая площадь покрытий составила 211431 м²/год. При этом израсходовано 18,99 т цинковых анодов и 2,9 т цинковых реактивов в виде ZnO, что в пересчете на Zn составит 2,32 т. При средней толщине покрытия 9 мкм количество цинка, затраченного для этой цели на названных выше предприятиях, оказывается равным 7,41 т/год.

В результате очистки сточных вод на этих предприятиях за этот же период получено 95 т осадка со средним содержанием окиси цинка 4,06 %, что составляет в пересчете на цинк 3,05 т в год.

Поступление цинка на очистные сооружения города составило:

$$7,4 - 3,05 = 4,36 \text{ т/год.}$$

Результаты обследования предприятий области, проведенные проф. Михайловым Б.Н. с сотрудниками в 1995 г. в рамках областной программы «Отходы», приведены в [1, табл. 5.10 и 5.11]. Объем осадков по области составил 240,56 т/год. Всего на этот период накоплено учтенных отходов на предприятиях области 1567 т. Согласно [1] годовое поступление цинка на тот период составляло 8,9 т в виде ZnO, а всего накоплено на предприятиях города к 1995 г 58,6 т цинка в виде ZnO.

Анализ литературных данных и результатов исследований показал, что в последнее десятилетие перед развалом СССР в стране на 290 млн. м² производимых цинковых покрытий терялось 29 тыс. т цинка, т.е. удельный расход цинка составлял 0,1 кг/м².

По результатам обследования 3-х предприятий Иркутска расход цинка составлял на 1991 г. (см. табл. 25.9) 0,098 г/м².

Результаты, полученные при обследовании предприятий г. Иркутска имеют хорошую сходимость с данными по потерям цветных металлов в гальванических производствах СССР, полученными независимым способом.

Как правило, средняя толщина цинковых покрытий составляет 9 мкм, тогда удельный расход цинка на 1 м² покрытия:

$$m = S \cdot \delta \cdot \rho = 1 \cdot 9 \cdot 10^{-6} \cdot 7100 \cdot 10^3 = 63,9 \text{ г/м}^2.$$

Т.о, потери цинка на один квадратный метр покрытия составляют, г:

$$100 - 64 = 34 \text{ г, или } 34 \text{ \%}.$$

Известно, что потери металлов при реализации гальванических процессов равны 65-85 %. Производство цинка в те годы в СССР составляло 1 млн. т/год. При объемах гальванического производства 290 млн. м² цинковых покрытий расход составлял 19 тыс. т, или 1,9 % от общего производства цинка в СССР.

При нанесении защитных цинковых покрытий с промывными водами терялось 34 % или 6,45 тыс. т цинка.

Анализ техногенного загрязнения цинком бассейна р. Ангары показал, что общее поступление цинка в р. Ангару оценивается в объеме 795 т, из которых поступление от гальванических цехов – 8,9 т, что составляет 1,1 % от общего объема загрязнения цинком. Содержание тяжелых металлов в рыбе, обитающей в водохранилищах р. Ангары выше, нежели в рыбе, обитающей в озере Байкал.

Анализ технологических процессов с участием цинка показал, что существенные потери его наблюдаются при извлечении из полиметаллических руд и нанесении цинка в качестве защитных покрытий гальваническим методом. Объемы потерь цинка достигли таких размеров, что они оказывают угнетающее влияние на животный мир.

В частности, превышение содержания цинка над фоновым в бухте Рудная пристань акватории Тихого океана составляет 30 раз, а в реке Ангаре – 7 раз. Содержание тяжелых металлов в морских беспозвоночных возросло в 2-3 раза, и это является угрозой для их жизни.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что потери цинка и других ИТМ создают угрозу жизнедеятельности всего биоценоза, в том числе и человека, поэтому настоятельно необходима разработка металлосберегающих технологических процессов, не загрязняющих окружающую среду.

По мнению проф. Михайлова Б.Н., это возможно при коренной реорганизации технологических процессов подготовки поверхности металлов перед нанесением покрытий (использование ингибиторов травления и новых электротехнологий подготовки поверхности, например, электролитно-плазменной или анодно-алмазной технологии полирования), совершенствовании технологии осаждения металлов и реорганизации станций очистки и регенерации технологических растворов и промывных вод.

9. Определение эколого – экономического ущерба

Экономический ущерб от загрязнения окружающей среды определяется суммой затрат на возмещение ущерба, причиненного отдельными источниками.

Во всех случаях при определении ожидаемого ущерба устанавливается минимальная сумма, предназначенная на предупреждение и компенсацию воздействий загрязнений.

Доля расходов на устранение загрязнений окружающей среды равна, %: в энергетике 7-11, в металлургии 5-7 и в химической промышленности 8-10.

Расчет экономического ущерба за выбросы вредных веществ

В состав диссертации или выпускной работы входит раздел «Ресурсосбережение и экологическая безопасность электрохимических производств», в котором разрабатываются мероприятия по снижению выбросов в окружающую среду от проектируемого производства и проводится расчет ущерба от его выбросов.

Методика расчета ущерба от загрязнения окружающей среды

В РФ экологические платежи регламентированы постановлением правительства № 344 и приравнены ущербу от загрязнения ОС.

Основой для экономического сравнения различных средозащитных мероприятий являются приведённые затраты:

$$З = С + E_n * K,$$

где С - текущие затраты; К - капитальные затраты; E_n - нормативный коэффициент.

Приведённые затраты, учитывающие экономический ущерб У от

загрязнения, определяются как

$$З = С + E_n * K + Y.$$

Технико-экономическое сравнение различных вариантов средозащитных мероприятий проводят исходя из значения приведённых затрат и ущербов.

Годовой экономический эффект $\mathcal{E}_r$ представляет собой разность приведенных затрат базового и предлагаемого вариантов технического решения

$$\mathcal{E}_r = З_б - З_п,$$

где $З_б$ - приведённые затраты базового варианта; $З_п$ - приведённые затраты предлагаемого варианта.

При равенстве затрат по базовому и предлагаемому варианту

$$\mathcal{E}_r = Y_б - Y_п,$$

где $Y_б$, $Y_п$ – экономический ущерб по базовому и предлагаемому варианту.

Экономический ущерб от загрязнения ОС определяется:

$$Y = Y_{\text{атм}} + Y_{\text{воды}} + Y_{\text{почвы}},$$

где $Y_{\text{атм}}$, $Y_{\text{воды}}$, $Y_{\text{почвы}}$ – ущерб от загрязнения атмосферы, воды и почвы.

Согласно Методике определения предотвращенного экологического ущерба в РФ от 30.11.1999 г, укрупнённая оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы и воды определяется по уравнению:

$$Y = K_n * K_p * K_m * M,$$

где K_n - константа включающая в себя норматив платы за выбросы 1 т загрязняющего вещества руб/т; K_m - коэффициент учитывающий экологическую ситуацию района; M - приведённая масса газового выброса из источника, усл.т/год. Значение приведенной массы M годового выброса загрязнения в атмосферу из источника определяется

$$M = \sum_{i=1}^N m_i / \text{ПДК}_i,$$

где m_i - масса годового выброса примеси i -го вида в атмосферу, т/год; ПДК_i - предельно допустимая концентрация i -го загрязняющего ингредиента.

Т.о., расчет ущерба от загрязнения ОС базируется на определении массы выбросов загрязняющего вещества и ПДК. Значения ПДК для атмосферного воздуха и водных объектов приведены в [1, табл. 5.12 и 5.13].

Расчет платежей за загрязнение окружающей среды

Норматив платы за загрязнение окружающей среды определен постановлением правительства РФ № 344 от 12.06.2003 г., которое позволяет провести расчет платежей за загрязнение окружающей среды.

Платежи определяются по уравнению, руб/год

$$\Pi = H_{\Pi} * m,$$

где m - масса выброшенного вещества, т/год; H_{Π} - норматив платы.

Установлено два вида базовых нормативов платы: а) за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов в пределах нормативов: предельно-допустимые выбросы (ПДВ), предельно допустимые сбросы (ПДС); б) за выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов в пределах согласованных лимитов: временно-согласованные выбросы (ВВС) и временно согласованные сбросы (ВСС). Они приведены в [1, Приложение].

6.3. Краткое описание практических занятий

Перечень практических занятий:

- проведение сквозных материальных расчетов, составление материального баланса и его анализ;
- выбор рациональных схем очистки технологических растворов и сточных вод с учетом обеспечения минимально допустимой концентрации;
- оценка влияния электрохимического предприятия на ОС;
- определение эколого-экономического ущерба;
- расчет экономического ущерба от выбросов вредных веществ в ОС;
- расчет платежей за загрязнение ОС.

Практические занятия предназначены для закрепления знаний, полученных во время лекций. Главная их цель отразить основные вопросы дисциплины в соответствующих численных примерах. Они предназначены для решения конкретных задач по основным направлениям ресурсосбережения и создания малоотходных схем технологических процессов.

На занятиях проводится освоение методик проведения эколого-технологических расчетов. Производится подбор необходимого экологического оборудования. Проводятся расчеты по определению эколого-экономической эффективности вариантов технологических схем и платежей за выброс токсикантов в ОС.

Во время практических занятий планируется презентацию по материалам реферата.

Все это призвано приобщить студентов к самостоятельной творческой работе и должно научить анализировать полученные результаты.

6.4. Краткое описание видов самостоятельной работы

6.4.1. Общий перечень видов самостоятельной работы

1. Написание реферата с использованием компьютерных технологий. При написании рефератов показать умение распознавать, компоновать информацию, рассуждать, делать выводы;

2. Подготовить презентацию и доклад по материалам реферата;

3. Самостоятельное изучение разделов дисциплины и составление приложения к конспекту лекций.

самостоятельный поиск информации по обозначенной проблеме, чтение с целью извлечения необходимой информации; подготовка решений обозначенной проблемы, обсуждение решений.

Темы рефератов

1. Глобальные экологические проблемы современности.
2. Окружающая среда и здоровье человека.
3. Оценка воздействия химического предприятия на окружающую среду.
4. Загрязнение литосферы электрохимическими предприятиями.
5. Экологический контроль и экологическая экспертиза.
6. Загрязнение атмосферы электрохимическими предприятиями.
7. Загрязнение гидросферы электрохимическими предприятиями.
8. Отходы электрохимических производств и отходы потребления, причины их образования и пути уменьшения их количества.

9. Технологии альтернативные электрохимическим.
10. Экологические кризисы в истории цивилизации.
11. Переработка токсичных отходов.
12. Экологический мониторинг.
13. Малоотходные технологии.
14. Повторное использование отходов электрохимических производств в других производствах.
15. Разработка технологических мероприятий в технической электрохимии, направленных на сокращение уровня загрязнения окружающей среды.

6.4.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

См. п 8.

6.4.3. Применяемые образовательные технологии.

При реализации программы подготовки бакалавра по данному профилю применяются следующие образовательные технологии:

Технологии	Виды занятий	
	Лекц.	СРС
<i>Слайд - материалы</i>	+	-

7. Контрольно-измерительные материалы и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Каткое описание контрольных мероприятий, применяемых контрольно-измерительных технологий и средств

Для проведения **текущего контроля** успеваемости студентов по дисциплине используются контрольные вопросы, с помощью которых оцениваются знания основ экологии; тесты на знание основных экологических проблем электрохимических предприятий города и региона и о путях их решения.

Оценка уровня знания основ данной дисциплины предполагает следующие способы проверки:

Текущая аттестация по дисциплине предполагает:

- представление реферата; ответы на вопросы по реферату; презентацию по материалам реферата.
- ответы на предложенные вопросы из серии контрольных.

Итоговая аттестация по дисциплине предполагает сдачу экзамена, который предполагает:

- ответы на вопросы по билету;
- ответы на предложенные вопросы из серии дополнительных.

7.2. Описание критериев оценки уровня освоения учебной программы ОТЛИЧНО

Защита реферата – задание выполнено правильно, тема раскрыта полностью; присутствует логика изложения; соблюдена структура текста (введение, основная часть, заключение); выдержано нормативное употребление профессиональной лексики и грамматических структур; аккуратная техника исполнения: шрифт, поля, абзацы, пробелы. Проведена презентация по материалам реферата на высоком уровне.

Ответы на предложенные вопросы из серии контрольных (5 положительных ответов из 5-и).

Посещение занятий – отсутствуют пропуски без уважительных причин.

Итоговая аттестация – исчерпывающие ответы на вопросы по билету и на предложенные дополнительные вопросы (5 положительных ответов из 5).

Все задания выполнены в рамках указанного времени. Допускаются некоторые отклонения не принципиального характера от указанных критериев.

ХОРОШО

Защита реферата – задание выполнено правильно, тема раскрыта практически полностью; частично нарушена логика изложения; соблюдена структура текста (введение, основная часть, заключение); выдержано нормативное употребление профессиональной лексики и грамматических структур; несколько неаккуратная техника исполнения: шрифт, поля, абзацы, пробелы. Проведена презентация по материалам реферата на хорошем уровне.

Ответы на предложенные вопросы из серии контрольных (4 положительных ответа из 5-и).

Посещение занятий – отсутствуют пропуски без уважительных причин.

Итоговая аттестация – в основном полные ответы на вопросы по билету и на предложенные дополнительные вопросы (4 положительных ответа из 5-и).

90% заданий выполнено в рамках указанного времени.

УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО **Защита реферата** – задание выполнено правильно, тема раскрыта практически полностью; частично нарушена логика изложения; не соблюдена структура текста (введение, основная часть, заключение); не выдержано нормативное употребление профессиональной лексики и грамматических структур; неаккуратная техника исполнения: шрифт, поля, абзацы. Презентация по материалам реферата на невысоком уровне.

Ответы на предложенные вопросы из серии контрольных (3 положительных ответа из 5-и).

Посещение занятий – имеются пропуски без уважительных причин (не более 2-х занятий).

Итоговая аттестация – в основном верные ответы на вопросы по билету и на предложенные дополнительные вопросы (3 положительных ответа из 5-и).

Не менее 60% заданий выполнено в рамках указанного времени.

НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО

Защита реферата – задание выполнено неправильно, тема раскрыта не полностью; нарушена логика изложения; не соблюдена структура текста (введение, основная часть, заключение); не выдержано нормативное употребление профессиональной лексики и грамматических структур; неаккуратная техника исполнения: шрифт, поля, абзацы. Презентация по

материалам реферата на низком уровне.

Ответы на предложенные вопросы из серии контрольных (2 положительных ответа из 5-и).

Посещение занятий – имеются пропуски без уважительных причин (не более 3-х занятий).

Итоговая аттестация – в основном неверные ответы на вопросы по билету и на предложенные дополнительные вопросы (2 положительных ответа из 5-и).

Все задания по проверке умений и навыков выполнены правильно менее чем на 50%.

Общая оценка выводится на основе суммирования оценок за каждый вид деятельности (защита реферата, ответы на вопросы из серии контрольных, посещение занятий, результаты экзамена).

7.3. Контрольно-измерительные материалы для итоговой аттестации по дисциплине

Контрольные вопросы

1. Загрязнение окружающей среды (ОС). Основные источники, виды и масштабы загрязнения природного и антропогенного происхождения.
2. Современные проблемы взаимоотношений общества и природы
3. Загрязнение гидросферы промышленными предприятиями.
4. Загрязнение атмосферы промышленными предприятиями.
5. Характеристика атмосферных загрязнителей - многотоннажных электрохимических производств.
6. Загрязнение литосферы промышленными предприятиями.
7. Состояние окружающей среды в городах Иркутской области.
8. Химические и физические свойства загрязняющих веществ. Степень их опасности.
10. Влияние загрязнителей на ОС и человека.
11. Механизм самоочищения природных вод. Понятие ПДК.
12. Экологический мониторинг. Место в системе контроля природной ОС.
13. Инженерные мероприятия по уменьшению загрязнения окружающей среды промышленными предприятиями. Понятие ПДВ.
14. Пути уменьшения загрязнения атмосферы электрохимическими предприятиями.
15. Эколого–технологические проблемы химических производств Прибайкалья
16. Улавливание токсикантов и очистка технологических выбросов электрохимических предприятий в атмосферу.
17. Пути уменьшения загрязнения гидросферы электрохимическими предприятиями. Требования к качеству воды. Водоподготовка. Методы и оборудование для водоподготовки.
18. Нормирование качества воды. Качественные и количественные изменения водных ресурсов под влиянием хозяйственной деятельности.
19. Пути снижения водопотребления электрохимическими предприятиями.

20. Схемы очистки технологических растворов и сточных вод.
21. Реагентные способы очистки. Биологическая очистка.
22. Безреагентные способы очистки в электрохимических производствах.
23. Мембранные способы очистки технологических растворов и сточных вод.
24. Электроэкстракционные способы очистки технологических растворов и промывных вод электрохимических производств.
25. Пути уменьшения загрязнения литосферы отходами электрохимических предприятий.
26. Основные направления решения проблемы утилизации отходов и создания замкнутых технологических систем.
27. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных отходов. СНиП 2.01.28-85. Переработка твердых отходов. Утилизация производственных шламов.
28. Захоронение отходов, в том числе радиоактивных.
29. Принципы организации малоотходных технологий. Создание малоотходных технологических процессов и производств.
30. Понятие ПДВ.
31. Переработка твердых отходов. Утилизация производственных шламов.
32. Принципы проектирования станций очистки технических растворов и промывных вод.
33. Правовые основы охраны окружающей среды.
34. Критерии экологичности технологии.
35. Экологическая экспертиза проектов.
36. Оценка влияния электрохимического предприятия на ОС.
3. Эколого-экономические аспекты использования тяжелых цветных металлов.
38. Определение эколого-экономического ущерба.
39. Определение экономической эффективности от проведения средо-защитных мероприятий.
40. Экологический мониторинг.
41. Уровень экологического воздействия электрохимических производств на окружающую среду.
42. Способы уменьшения экологического прессинга на ОС.
43. Важнейшие электрохимические производства города и региона.
44. Рациональное размещение электрохимических производств.

8. Рекомендуемое информационное обеспечение дисциплины

8.1. Основная литература

1. Михайлов Б.Н. Эколого-технологические проблемы технической электрохимии. Учебное пособие. Иркутск: ИрГТУ, 2010.- 268 с.
2. Михайлов Б.Н. Гальванотехника. /Б.Н. Михайлов. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2010. - 284 с.

3. Михайлов Б.Н. Оборудование электрохимических производств и основы проектирования. /Б.Н. Михайлов. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2005. - 156 с.

4. Михайлов Б.Н. Приборы и методы исследования электрохимических процессов. /Б.Н. Михайлов, С.И. Половнева, Л.А. Минаева. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. – 108 с.

8.2. Дополнительная учебная и справочная литература

1. Михайлов Б.Н. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007.- 164 с.

2. Михайлов Б.Н. Технология электрохимических производств. /Б.Н. Михайлов, Л.А. Минаева. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2008. – 92 с.

3. Прикладная электрохимия. /ред. Ротинян А.Л. – Л.: Химия, 1974. - 536 с.

4. Баранов А.Н. Экологические проблемы металлургического производства. /А.Н. Баранов, Н.И. Янченко, Л.В. Гавриленко. - Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2007. - 208 с.

5. Журнал «Защита металлов от коррозии» 2000-2011 г.г.

6. Журнал «Гальванотехника» 2000-2011 г.г.

7. Журнал Известия ВУЗов «Химия и химическая технология» за 2000-2011 г.г.

8. Журнал «Электрохимия» 2000-2011 г.г.

8.3. Электронные образовательные ресурсы:

8.3.1. Ресурсы ИрГТУ, доступные в библиотеке университета или локальной сети университета

8.3.2. Ресурсы сети Интернет

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Компьютерный класс оснащен средствами «мультимедиа» для проведения программ-презентаций.

На кафедре имеется лекционная аудитория со средствами необходимыми для демонстрационного сопровождения лекций, компьютерный зал с программным обеспечением для моделирования и расчета химико-технологического оборудования, для выполнения расчетов на практических занятиях, курсового и дипломного проектов; аудитории для практических занятий.

Обеспечение лекций: установка для проецирования чертежей, схем и др. материалов на экране типа «Оверхед», слайдопроектор, слайды, прозрачные пленки, мультимедийные средства.

Программа составлена в соответствии с образовательным стандартом высшего профессионального образования (ФГОС ВПО по направлению подготовки 240100 Химическая технология).

Программу составил:

ФИО, должность, ученая степень и ученое звание разработчика

Михайлов Б.Н. профессор кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов, доцент, к.т.н., ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет

22 июня 2011 г.

(подпись)

Программа включает результаты научных исследований:

Михайлова Б.Н. профессора кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов, доцента, к.т.н., ГОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет

22 июня 2011 г.

(подпись)

Программа составлена при участии:

ФИО, место работы, должность, ученая степень и ученое звание

_____ “_____” _____ 20__ г.

Программа согласована

с сотрудниками компании «Иркутский релейный завод»

Должность работника, ответственного за согласования программы

Зам. главного инженера по новой технике Быргазов В.А.

_____ / Быргазов В.А. / “26” сентября 2011 г.

(подпись)

Программа согласована

с кафедрами: «_____»

Зав. кафедрой _____ /ФИО/ “_____” _____ 20__ г.

(подпись)

Программа одобрена на заседании кафедры химической технологии неорганических веществ и материалов

Протокол № 10 от 22 июня 2011 г.

Зав. кафедрой _____ /О.В. Немыкина/ 22 июня 2011 г.

(подпись)

Руководитель ООП _____ /Немыкина/ “22” июня 2011 г.

Программа одобрена на заседании Методической комиссии филиала ИрГТУ в г. Усолье-Сибирском. Протокол № _____ от 22 июня 2011 г.

Директор _____ /Г.И. Щадов/ 22 июня 2011 г.