

16+

Баширов В.Д., Гамм Т.А., Сагитов Р.Ф., Шабанова С.В.,  
Василевская С.П., Касимов Р.Н., Арстаналиев Е.У.,  
Галиева Л.Х., Ахмадиева З.Р., Цыркаева Е.А.

# **Современные методы обследования различных комплексов очистных сооружений**

монография

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Оренбургский государственный университет»

Баширов В.Д., Гамм Т.А., Сагитов Р.Ф., Шабанова С.В., Василевская С.П., Касимов Р.Н.,  
Арстаналиев Е.У., Галиева Л.Х., Ахмадиева З.Р., Цыркаева Е.А.

## **Современные методы обследования различных комплексов очистных сооружений**

Оренбург  
2018

УДК 628.2:504  
ББК 38.761.2+20.18  
С 56

### Рецензент

Быков А.В. - доцент, кандидат технических наук. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

### Авторы:

Баширов В.Д., Гамм Т.А., Сагитов Р.Ф., Шабанова С.В., Василевская С.П., Касимов Р.Н., Арстаналиев Е.У., Галиева Л.Х., Ахмадиева З.Р., Цыркаева Е.А.

Современные методы обследования различных комплексов очистных сооружений [Электронный ресурс]: монография – Эл. изд. - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 50 с.). - Баширов В.Д., Гамм Т.А., Сагитов Р.Ф., Шабанова С.В., Василевская С.П., Касимов Р.Н., Арстаналиев Е.У., Галиева Л.Х., Ахмадиева З.Р., Цыркаева Е.А. 2018. – Режим доступа: <http://scipro.ru/conf/treatmentfacilities.pdf>. Сист. требования: Adobe Reader; экран 10".

ISBN 978-5-907072-61-9

В монографии приводятся сведения о современных методах обследования КОСВ, начиная с анализа существующего производства, характеристики современных методов очистки сточных вод, и заканчивая рекомендациями по реконструкции очистных сооружений и выбором методов очистки сточных вод.

Выводы и рекомендации основываются на реальных результатах и могут быть внедрены в практике деятельности предприятий промышленного комплекса и процессе реализации образовательной программы высшего образования по направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование и 20.03.01 Техносферная безопасность.

Рекомендовано к изданию ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет»

При верстке электронной книги использованы материалы с ресурсов: Designed by Freepik  
ISBN 978-5-907072-61-9



© Баширов В.Д. и др. 2018

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет», 2018

© Оформление: издательство НОО Профессиональная наука, 2018

## Содержание

<i>Введение</i> .....	5
1. Современные методики обследования очистных сооружений.....	9
1.1. Общая характеристика гальванического производства.....	9
2. Общая характеристика существующих очистных сооружений... ..	13
3. Техническое состояние существующих очистных сооружений....	15
4. Характеристика современных методов очистки сточных вод гальванического производства .....	20
5. Рекомендации по реконструкции очистных сооружений. Выбор метода очистки сточных вод для гальванического производства ..	40
5.1. Обоснование выбора метода электрофлотации для очистки сточных вод гальванического производства .....	40
5.2. Применение аппараты вихревого слоя в процессах очистки сточных вод гальванических цехов.....	43
5.3. Автоматизация процесса очистки сточных вод гальванического производства .....	44
<i>Заключение</i> .....	47
<i>Список использованных источников</i> .....	48

## Введение

Обследование очистных сооружений предполагает изучение проектных данных, технологической схемы и регламента работы очистных сооружений, а также их паспортов; ознакомление с ранее выданным разрешением на сброс очищенных сточных вод; проверку выполнения ранее выданных предписаний по улучшению работы очистных сооружений. Одновременно ведут контроль работы лаборатории, осуществляющей ведомственный контроль за эксплуатацией очистных сооружений. При этом особое внимание обращают на укомплектованность ее квалифицированными кадрами, оснащенность необходимым оборудованием, соблюдение согласованных с органами водоохраны методик, периодичности и объема анализов сточных вод, а также точек и порядка взятия проб, ведение отчетной документации, изучение данных лабораторного анализа сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и сравнение их с проектными данными.

Для обследования зараженной вирусами воды необходимо владеть такими методами выделения малых количеств вируса из больших объемов воды и количественного определения их, которые были бы достаточно точны, просты в работе и доступны, т. е. не требовали бы дорогостоящего и дефицитного оборудования, а поэтому могли бы быть использованы в лабораториях непосредственно на очистных сооружениях для контроля выходящих вод.

При обследовании очистных сооружений проверяют эффективность их работы на всех стадиях очистки: а) после локальной, если она применяется; б) после первичных отстойников; в) после сооружений биологической очистки; г) после вторичных отстойников. При этом путем сравнения состава стоков до и после очистки нужно определить эффективность работы каждой группы сооружений и сопоставить ее, с заложенной в проекте. Такую проверку санитарный врач должен проводить выборочно примерно один раз в месяц, но в лаборатории завода эта проверка на основе результатов анализов должна осуществляться не реже одного раза в неделю, причем результаты проверки должны оформляться в виде, не только, средних, но и максимальных и минимальных данных.

В период обследования систем эмульсионных стоков необходимо поучить данные по характеристике сточных вод, техническому состоянию очистных сооружений и их эксплуатации и сравнить работу систем канализации с требованиями „Инструкция по эксплуатации сооружений механической очистки сточных вод предприятия”.

В процессе эксплуатации очистных сооружений, при обследовании технологических процессов и производств необходимо измерять расходы

сточных вод, осадков, илов и т. д. Автоматическое регулирование работы очистных установок и сооружений также осуществляется по количественным показателям.

Лабораторному исследованию сточных вод предприятия должно предшествовать обследование очистных сооружений и отведения сточных вод в водоем. Обследование должно установить соответствие очистки сточных вод и их отведения в водоем проектному решению или установленным в соответствии с нормальной эксплуатацией сооружений показателям технической эффективности работы их.

Санитарными правилами ГСИ РФ предусматривается наличие аптечек для оказания первой помощи на действующих сооружениях, обеспечение рабочих спецодеждой и предохранительными приспособлениями, отстранение от работы, связанной с соприкосновением со сточной жидкостью, лиц, имеющих порезы, царапины и ссадины на руках. Персонал, занятый на эксплуатации очистных сооружений и имеющий контакт со сточной водой или осадком, должен проходить ежегодный медицинский осмотр, подвергаться плановым профилактическим прививкам против кишечных инфекций и обследованию на глистоношение не реже двух раз в год.

Основным недостатком расчета, прилагаемого к типовому проекту, является то, что он выполнен без учета гидравлических особенностей работы сооружения. Обследование действующих очистных сооружений предприятия показывает, что содержание нефтепродуктов в воде после нефтеловушек первой и второй системы канализации в среднем по заводам колеблется в пределах от 50 до 450 мг/л, в то время как по нормам ВНТП 25—79 этот показатель не должен превышать 100 мг/л. Имеются предприятия, на которых содержание нефтепродуктов в воде после механической очистки превышает нормативное в несколько раз. Эффективность задержания нефтепродуктов в нефтеловушках зависит от качества работы водораспределительных и водосборных устройств, а также от качества работы механизмов для удаления плавающей нефти и осевшего осадка.

Контроль за санитарными условиями спуска сточных вод в водоем осуществляется органами государственного санитарного надзора путем обследования водоема в пунктах водопользования с целью выявления возможного вредного влияния спуска сточных вод на санитарные условия жизни населения и его здоровье. Наряду с этим органы государственного санитарного надзора проводят плановую периодическую проверку эффективности работы очистных сооружений.

Одним из путей решения экологических проблем современности является создание мало- и безотходных технологий. Поэтому получили развитие природоохранные технологии и в первую очередь для наиболее экологически вредных производств, в том числе гальванического и химического производств

[1]. Основное направление в развитии природоохранных технологий этих производств является очистка сточных вод и использование ее в оборотном цикле. Это значительно сократит загрязнение поверхностных вод, исключив сброс сточных вод.

В настоящее время производится сброс сточных вод гальванических и химических производств в поверхностные водные объекты, а при их очистке образуется большое количество отходов, что создает проблемы по их утилизации.

Источниками загрязнения окружающей среды в гальванотехнике являются не только промывные воды, но и отработанные концентрированные растворы. Выход сырья рабочих растворов происходит по различным причинам накопления в электролитах посторонних органических и неорганических веществ и нарушения соотношения основных компонентов гальванических ванн. Сбросы отработанных растворов по объему составляют 0,2-0,3% от общего количества сточных вод, а по общему содержанию сбрасываемых загрязнений достигают 70%. Залповый характер таких сбросов нарушает режимы работы очистных сооружений, приводит к безвозвратным потерям ценных материалов.

Если говорить про химические производства, а именно анилинсодержащие сточные воды. Аминосоединения - анилин ( $C_6H_7N$ ), диэтиламин ( $C_4H_{11}N$ ), триэтиламин ( $C_6H_{15}N$ ), пиридин ( $C_5H_5N$ ), диметиланилин ( $C_8H_{11}N$ ), диэтиланилин ( $C_{10}H_{15}N$ ), О-п –толуидин ( $C_7H_9N$ ) являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Для большинства аминосоединений установлена предельно допустимая концентрация в воде на уровне десятых и сотых долей мг/л. Многие ароматические аминосоединения являются метгемоглобинообразователями, судорожными ядами, вызывают гемолиз, некоторые поражают нервную систему, печень, селезенку. Кроме токсического действия, многие ароматические амины обладают канцерогенными свойствами и мутагенными свойствами.

Среднемесячные значения анализов промстоков на предприятиях Оргсинтеза позволяют сделать выводы о поступлении на очистные сооружения от 5 до 141 мг/л анилина, что не соответствует нормам минимальных концентраций при сбросе сточных вод на биологические очистные сооружения. Ежемесячные допустимые значения ПДК ароматических аминов в воде объектов рыбохозяйственных водоемов составляют не более 0,0001 мг/л, питьевого и хозяйственно-бытового назначения - 0,1 мг/л, максимальная концентрация анилина в стоках, поступающих на биологическую очистку - 0,75 мг/л [4,5,8].

Попадание неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод и других видов отходов, содержащих тяжелые металлы, в водные объекты наносит экономический и природоохранный ущерб не только из-за потерь используемых в производстве металлов, но и вследствие огромного негативного воздействия на окружающую среду.

НОО «Профессиональная наука» использует Creative Commons Attribution (CC BY 4.0): лицензию на опубликованные материалы - <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>

Одним из путей решения данной проблемы является создание малоотходных и безотходных экологически безопасных технологических процессов нанесения гальванических покрытий и очистки сточных вод, при которых достигается минимальный расход цветных металлов и минимальное негативное воздействие на окружающую природную среду [3].



# 1. Современные методики обследования очистных сооружений

## 1.1. Общая характеристика гальванического производства

Процесс производства представляет собой взаимосвязанный комплекс различных основных и вспомогательных производств, а также служб подготовки производства.

1. Кузнечно-прессовое производство — одно из подразделений, с которого начинается производство изделий. Здесь проводятся работы по объёмной штамповке из цветных и чёрных металлов.

2. Инструментальный цех – один из трех основных цехов подготовки производства изделий.

3. Гальваника.

Все алюминиевые детали изделий перед началом сборки машины в обязательном порядке защищают от коррозии. Делают это на автоматизированном участке анодирования. В химических растворах под действием электрического тока на поверхности металла создаётся прочная оксидная плёнка, защищающая основной металл.

4. Агрегатно-сборочный цех.

5. Цех окончательной сборки.

В цехе окончательной сборки на изделие устанавливают двигатели, трансмиссию, навигационные системы. Работа организована в определённой технологической последовательности.

6. В контрольно-испытательном цехе выполняется наземная отработка под током электрорадионавигационного, приборного и специального оборудования изделия.

Гальванотехника – одно из производств, серьезно влияющих на загрязнение окружающей среды, в частности ионами тяжелых металлов, наиболее опасных для биосферы. Главным поставщиком токсикантов в гальванике (в то же время и основным потребителем воды и главным источником сточных вод) являются промывные воды. Объем сточных вод очень велик из-за несовершенного способа промывки деталей, который требует большого расхода воды (до 2 м<sup>3</sup> и более на 1 м<sup>2</sup> поверхности деталей).

Гальваника - электролитическое осаждение тонкого слоя металла на поверхности какого-либо металлического предмета для защиты его от коррозии, повышения износоустойчивости, предохранения от цементации, в декоративных целях. Получаемые гальванические покрытия должны быть плотными, а по структуре мелкозернистыми. Чтобы достигнуть мелкозернистого строения

осадков, необходимо выбрать соответствующие состав электролита, температурный режим и плотность тока.

Гальваническое покрытие металла - это прекрасный способ избежать многих проблем и увеличить срок службы оборудования, агрегатов и прочих устройств. Нанесение гальванических покрытий методом хромирования или никелирования требует специального производственного процесса и квалифицированного персонала.

Нанесение гальванических покрытий представляет собой электрохимический процесс, при котором происходит осаждение слоя металла на поверхности изделия. В качестве электролита используется раствор солей наносимого металла. Само изделие является катодом, анод - металлическая пластина. При прохождении тока через электролит соли металла распадаются на ионы. Положительно заряженные ионы металла направляются к катоду, в результате чего происходит электроосаждение металла.

Толщина, плотность, структура гальванических покрытий могут быть разными в зависимости от состава электролита и условий протекания процесса - температура, плотность тока. Так, например, варьируя соотношением этих двух параметров можно получить блестящее или матовое хромовое покрытие, для блестящего никелирования в электролит добавляют блескообразователи - сульфосоединения.

Декоративные покрытия имеют небольшую толщину, мелкозернистую структуру и достаточную плотность. Для обеспечения прочности сцепления покрытия с изделием необходимо проводить тщательную подготовку поверхности, которая включает механическую обработку (шлифовка и полировка), удаление окислов и обезжиривание поверхности. После нанесения покрытия изделие промывают и нейтрализуют в щелочном растворе.

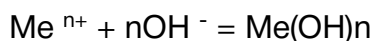
*Характеристика гальванического оборудования.* Гальванические ванны - емкости, содержащие рабочие растворы, в которых выполняются подготовительные, основные (процессы нанесения покрытий) и заключительные операции химической или гальванической (электрохимической) обработки поверхности деталей, являются основным видом оборудования гальванических цехов и участков.

Несмотря на чрезвычайное разнообразие применяемых гальванических ванн, к ним предъявляется ряд общих требований: герметичность, химическая инертность материала ванны к содержащемуся в ней раствору, возможность создания и поддержания заданного теплового режима; удобство и безопасность обслуживания.

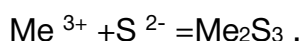
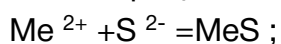
На производственном предприятии для очистки сточных вод гальванического производства используется реагентный метод.

Реагентный метод это - метод, заключающийся в переводе растворимых веществ в нерастворимые при добавлении различных реагентов с последующим отделением их в виде осадков.

В качестве реагентов используют гидроксиды кальция и натрия, сульфиды натрия, феррохромовый шлак, сульфат железа(II), пирит. Наиболее широко для осаждения металлов используется гидроксид кальция, который осаждает ионы металла в виде гидроксидов:



Наиболее эффективным для извлечения цветных металлов является сульфид натрия, т.к. растворимость сульфидов тяжелых металлов значительно ниже растворимости других труднорастворимых соединений - гидроксидов и карбонатов. Процесс извлечения металлов сульфидом натрия выглядит так:



Достоинства реагентного метода очистки сточных вод:

- 1) Широкий интервал начальных концентраций ИТМ.
- 2) Универсальность.
- 3) Простота эксплуатации.
- 3) Отсутствует необходимость в разделении промывных вод и концентратов.

Недостатки метода:

- 4) Не обеспечивается ПДК для рыбохозяйственных водоемов.
- 5) Громоздкость оборудования.
- 6) Значительный расход реагентов.
- 7) Дополнительное загрязнение сточных вод.
- 8) Невозможность возврата в оборотный цикл очищенной воды из-за повышенного солесодержания.
- 9) Затрудненность извлечения из шлама тяжелых металлов для утилизации.
- 10) Потребность в значительных площадях для шламоотвалов.

Ванны представляют собой емкости различного объема. Их наполняют агрессивными растворами кислоты. В эти растворы опускают металлические конструкции для обработки. Находясь в такой среде, поверхность любого изделия полностью очищается. После этого на нее можно наносить олово, цинк, хром никель и другие металлы. Ложась на подготовленную поверхность, такое покрытие на долгие годы обеспечит ей надежную защиту и эстетичный внешний вид.

Говоря о промывочных, операционных и травильных ваннах в гальваническом производстве, нужно подчеркнуть их особенности. Их изготавливают из материалов, которые могут длительное время переносить воздействие кислот и щелочей. Как правило, это винипласт и пропилен.

**Гальваническое хромирование деталей** проводится для того, чтобы защитить поверхность металла от коррозионных процессов, а также для придания

им приятного блеска. Особенно актуально хромирование при обновлении потертых и слишком старых поверхностей.

Хромирование в несколько слоев способствует защите поверхностей от условий повышенной влажности резких температурных колебаний. Кроме того, нанесение хрома на поверхность металла увеличивает его твердость, что продлевает срок его использования.

Хромирование деталей позволяет им приобрести светоотражающие свойства и декоративный внешний вид.

Хромирование гальваническим методом представляет собой нанесение на деталь слоя гальванического покрытия с оттенком стали. Если точнее, то блестящий зеркальный вид поверхности достигается сочетанием используемых элементов хром-медь-никель.

На сегодняшний день выделяют два типа хромирования в гальваническом производстве: твердое хромирование и гальваническое хромирование.

Оба эти метода осуществляются при помощи резервуаров и являются отличным способом придания деталям высокой твердости, прочности и устойчивости к коррозии.

К тому же, технология гальванического хромирования позволяет придать изделию декоративный и более товарный вид, что в последнее время значительно способствовало повышению спроса на хромированные детали.

Декоративные и защитные свойства никеля и хрома имеют также огромное значение при восстановлении исходного размера деталей, утративших свои исходные параметры в процессе эксплуатации. Коэффициент светоотражения может быть при необходимости снижен, благодаря использованию черного хрома.

## 2. Общая характеристика существующих очистных сооружений

В гальваническом производстве образуются следующие сточные воды:

- Кислотно-щелочные сточные воды.
- Хромсодержащие ( $\text{Cr}^{6+}$ ) сточные воды.
- Циансодержащие ( $\text{CN}^-$ ) сточные воды.
- Кадмийсодержащие сточные воды
- Никельсодержащие сточные воды
- .-Алюминийсодержащие сточные воды.
- .-Титансодержащие сточные воды.
- Олово-висмутсодержащие сточные воды.
- Медьсодержащие сточные воды.

Кислотно-щелочные сточные воды собираются в усреднителе-накопителе.

Максимальный расход сточных вод через ЛОС – 37,8 м<sup>3</sup>/час. Определение расхода воды производится по расходомеру и ежедневно заносится в журнал. Определение фактической концентрации хрома в сточных водах производится каждый час и заносится в журнал. При техническом обследовании журналы были представлены для рассмотрения.

Объединенный сток поступает на локальные очистные сооружения. Для очистки объединенного стока используется реагентный метод.

### Состав существующих очистных сооружений:

- усреднитель  $V_y = 32 \text{ м}^3$ ;
- реактор  $V_p = 11 \text{ м}^3$ ;
- отстойник из 2 секций  $V_o = 54 \text{ м}^3$ ;
- бак для «известкового молока»  $V_{ум} = 0,85 \text{ м}^3$  (бак № 3);
- бак №1,2 для раствора железного купороса каждый (бак №1 – рабочий, №2 – резервный)  $V_{жк} = 1 \text{ м}^3$ ;
- электронагреватель для подогрева воды (типа «Elenberg», «Курск»);
- компрессор воздушный передвижной;
- электротельфер грузоподъемностью 100 кг с тарой;
- расходомер сточной воды (типа ЭХО – Р – 01);
- емкость с раствором кислоты  $\text{м}^3 V_k = 50\text{л}$ .

Перевод  $\text{Cr}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{+2}$  и  $\text{Fe}^{+3}$  в гидроокиси производится дозированием «известкового молока» с концентрацией 62 г/дм<sup>3</sup> (6 %) в смесительную камеру.

Технологическая схема существующих очистных сооружений представлена на рисунке 2.1.

Раствор железного купороса готовится в технологических баках № 1, 2, раствор извести в технологической баке №3, расположенных в помещении ЛОС.

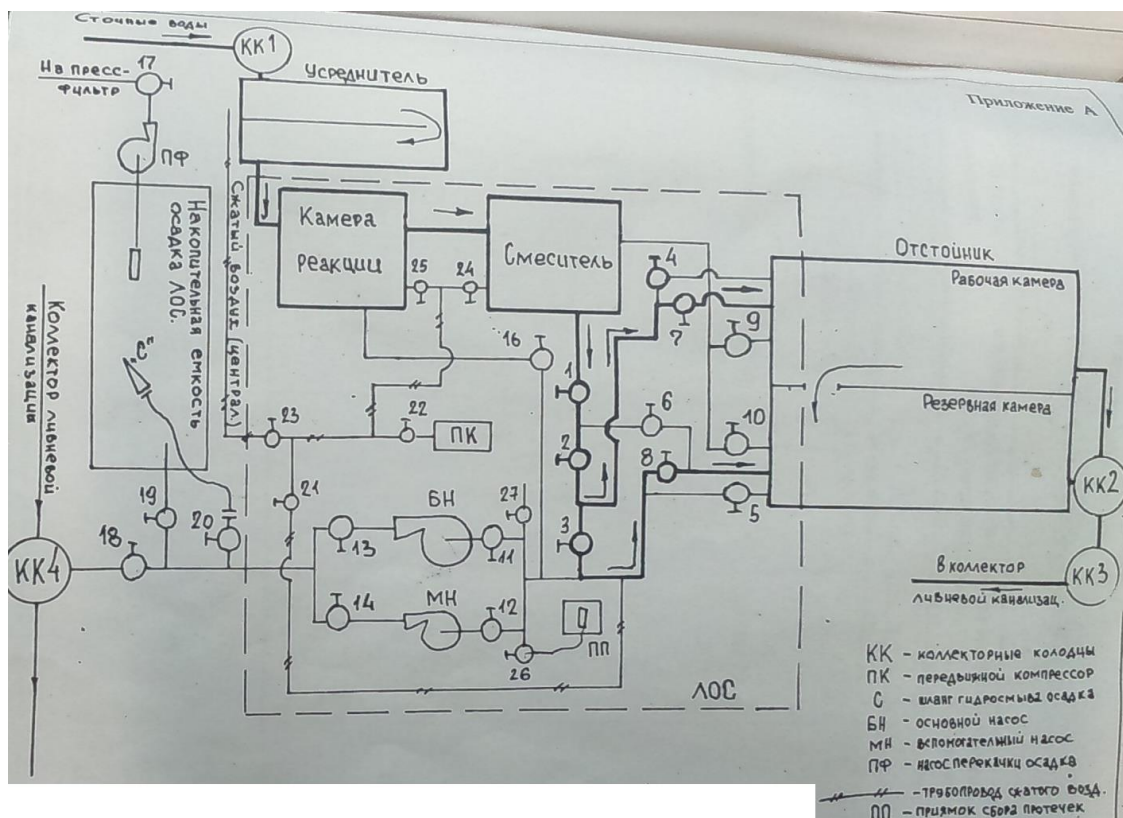


Рисунок 2.1. Технологическая схема существующих очистных сооружений

Хромсодержащие сточные воды от гальванического производства самотеком поступают в усреднитель. Из усреднителя сточные воды поступают в камеру реакции, куда подается рабочий раствор железного купороса. Продолжительность нахождения сточной воды в камере реакции до 30 мин. Для интенсификации процесса полноты прохождения химических реакций в камере реакции установленного процесса и полноты прохождения химических реакций в камере реакции установлено устройство механического перемешивания воды или подается сжатый воздух.

Очищенные сточные воды сбрасываются в р. Карагайка. Показатели качества сточных вод, сбрасываемых в р. Карагайка, представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Показатели качества сточных вод, сбрасываемых в р.Карагайка.

Показатель	Единицы измерения	Концентрация в сточных водах	
		до ЛОС	после ЛОС
$Cr^{+6}$	мг/дм <sup>3</sup>	До 6,0	Отсутствие
$Cr^{+3}$	мг/дм <sup>3</sup>	-	0,07
pH	-	5,0 – 8,0	6,5 – 8,5

### 3. Техническое состояние существующих очистных сооружений

Учитывая изложенное выше, можно утверждать, что поиск новых, более эффективных подходов к решению проблемы очистки сточных вод гальванических производств является **актуальным**.

**Целью обследования** на производственном предприятии является оценка технического состояния существующих очистных сооружений для решения вопроса о необходимости их реконструкции.

При этом решались следующие **задачи**:

а) получение (подготовка) исходных данных для разработки планов снижения сбросов, планов мероприятий по приведению качества сточных вод в соответствие с установленными требованиями, для определения расходов, необходимых для эксплуатации исходя из их технического состояния и условий работы и реконструкции очистных сооружений.

б) определение фактических значений показателей надежности, качества и энергетической эффективности очистных сооружений и сопоставление с требованиями нормативов;

в) определение экономической эффективности существующих технических решений в сравнении с лучшими отраслевыми аналогами и целесообразности проведения модернизации и внедрения новых технологий.

*Структура обследования технического состояния очистных сооружений.*

1. Камеральное (документальное) обследование на основании проектной, исполнительной и эксплуатационной документации. На основании данного обследования производится определение основных технических характеристик и анализ технической возможности оборудования для обеспечения очистки сточных вод.

2. Натурное, визуально-измерительное обследование и инструментальное обследование объектов, поиск утечек и дефектов трубопроводов, замер фактических характеристик и диагностика оборудования, с учетом их текущего состояния и условий их работы.

3. Определение технико-экономической эффективности работы очистных сооружений, отражающей степень очистки сточных вод. Вывод о необходимости реконструкции очистных сооружений производится на основании соответствия применяемых технологических решений и целевых показателей работы технологии очистки сточных вод современным требованиям, а также сопоставлением с лучшими аналогами.

4. Составление акта технического обследования.

Акт представляет собой структурированный документ, содержащей в себе перечень параметров, технических характеристик и фактических показателей объектов, в отношении которых проводилось техническое обследование, описание выявленных дефектов и заключение о возможности, условиях и сроках дальнейшей эксплуатации. Также на основании технико-экономического анализа и плановых показателей надежности, качества и энергетической эффективности выдвигаются рекомендации по мероприятиям и возможным проектным решениям для их достижения и дальнейшей эксплуатации или реконструкции.

**При техническом обследовании очистных сооружений была изучена и проанализирована следующая техническая документация:**

1. Договора с поставщиками, смежниками на техническое обслуживание, ремонт, поставки реагентов, утилизацию отходов очистных сооружений;
2. Документация по организации и осуществлению производственного контроля за состоянием очистных сооружений;
3. Акты проверок очистных сооружений органами надзора и контроля;
4. График проведения обслуживания и ремонта оборудования очистных сооружений;
5. Производственные инструкции по обслуживанию и ремонту оборудования;
6. Журнал технического обслуживания;
7. Технологическая схема очистных сооружений;
8. Технологическая инструкция по очистке сточных вод производства на ЛОС общества» ТИ 003-79 2005;
9. Журнал расхода сточных вод, который определяется по расходомеру;
10. Журнал определения фактической концентрации хрома в сточных водах каждый час.

Существующее состояние очистных сооружений гальванического производства представлено на рисунках 3.1 – 3.3.

**При техническом обследовании очистных сооружений было проведено:**

- визуальное обследование оборудования очистных сооружений и трубопроводов и отмечены дефекты;
- гидравлическая ревизия корпусов и трубопроводов;
- гидравлическая нагрузка очистных сооружений;
- вместимость и заполняемость сооружений очистных сооружений;
- проверка соответствия технического состояния очистных сооружений предписанным нормам;
- проверка общей безопасности используемого оборудования для обслуживающего персонала;



-проверка общего ресурса оборудования очистных сооружений до его полного списания в утиль;

-выявление узких мест работы промышленного оборудования и причины возникающих неполадок, при которых не обеспечивается соблюдение регламента по очистке сточных вод;

-исследование химического состава сточных вод.



Рисунок 3.1. Действующие очистные сооружения гальванического производства 1



Рисунок 3.2. Действующие очистные сооружения гальванического производства 2



Рисунок 3.3. Подвальное помещение действующих очистных сооружений гальванического производства

**При техническом обследовании были сделаны следующие выводы о техническом состоянии очистных сооружений.**

1.Материал исполнения очистных сооружений подвержен разрушающим действиям окружающей среды (коррозия) и реагентов, используемых для очистки сточных вод.

2.Технология очистки сточных вод соответствует типу поступающих сточных вод, но имеет много недостатков.

3.В связи с устаревшим оборудованием на очистных сооружениях запасные части являются проблемой при ремонте отдельных узлов.

4.Гарантийный срок ремонта истек много лет назад.

5.Предприятие имеет высокие затраты на эксплуатацию немеханизированных очистных сооружений – промывная вода, реагенты, электричество, персонал, утилизация большой массы отходов от реагентной обработки сточных вод.

6.Для технического аудита недостаточно технического паспорта. Нужна проектная документация на строительство и чертежи.

7.На аналогичных объектах используются более современные способы очистки сточных вод.

8.Реконструкция и установка хороших очистных сооружений требует довольно высоких затрат.

9.Технические сооружения поддерживаются в рабочем состоянии, поэтому эксплуатируются, но очень изношены.

10.Работа очистных сооружений зависит от качества работы службы эксплуатации.

11.Определение расхода воды производится по расходомеру и ежедневно заносится в журнал.

12.Определение фактической концентрации хрома в сточных водах производится каждый час и заносится в журнал.

**При техническом обследовании очистных сооружений было установлено.**

1.Документация на качество очистки сточных вод у предприятия имеется. Предприятие разработало проект НДС. Необходимо получить разрешение на сброс сточных вод в установленном порядке.

2.Проводится контроль качества сточных вод на выпуске в р. Карагайка.

3.При реконструкции не следует собирать очистные из многих небольших очистных сооружений. Емкости нужно подбирать в соответствии с объемом сточных вод.

4.При подборе очистных сооружений необходима консультация технолога.

## 4. Характеристика современных методов очистки сточных вод гальванического производства

Гальванотехника – одно из производств, серьезно влияющих на загрязнение окружающей среды, в частности ионами тяжелых металлов, наиболее опасных для биосферы. Приоритетным источником токсикантов в гальванике (в то же время и основным потребителем воды и главным источником сточных вод) являются промывные воды. Объем сточных вод очень велик из-за несовершенного способа промывки деталей, который требует большого расхода воды (до 2 м<sup>3</sup> и более на 1 м<sup>2</sup> поверхности деталей). Концентрации основных ингредиентов в воде на выходе из гальванического производства представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Концентрации основных ингредиентов в воде на выходе из гальванического производства.

Наименование ингредиента	Концентрация основных вредных ингредиентов в воде на выходе из гальванического цеха, мг/л, не более
Хром шестивалентный	1000
Медь	30
Никель	50
Цинк	50
Кадмий	15
Свинец	10
Олово	10
Хлориды (Cl <sup>-</sup> )	500
Сульфаты (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	1000
Цианиды (CN <sup>-</sup> )	30
Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	60
Аммиак	15

Сточные воды гальванического производства по своему составу можно разделить на три группы:

- хромсодержащие, образующиеся после операции хромирования, пассивации и др., содержащие 80 - 120 мг/л хроматов (в пересчете на Cr<sup>6+</sup>), pH 2-6;

- кислотнo-щелочные, объединяющие промывные воды после всех ванн. В этих промывных водах кроме ионов тяжелых металлов, содержатся кислоты (или щелочи), соли тяжелых металлов, СПАВ, амины, блескообразующие добавки. Эти стоки составляют 80 – 90 % от общего количества сточных вод гальванического производства; pH щелочных сточных вод составляют 10-12, кислых - 2-5;

- циансодержащие щелочные, сбрасываемые после процесса цианистого меднения, цинкования, кадмирования. Концентрация цианидов в промывных водах колеблется от 5 до 30 мг/л, pH 7,6-9 [1]. Методы очистки сточных вод в отдельных технологических операциях представлены в таблице 4.2.

Наиболее часто применяемые методы очистки сточных вод гальванопроизводства:

- - реагентные,
- - биохимические,
- - электрохимические,
- - мембранные,
- - сорбционные,
- - комбинированные.

Таблица 4.2

Методы очистки сточных вод в отдельных технологических операциях [4].

Категории сточных вод	Источники Образования	Основной загрязняющий компонент	Методы обработки
1	2	3	4
никельсодержащие	никелирование	NiSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O, NiCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·10H <sub>2</sub> O, H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> , NaCl, NaF	ионный обмен, обратный осмос, электродиализ, дистилляция, экстракция, реагентный
хромсодержащие	пассивирование,	CrO <sub>3</sub> , Cr <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ,	реагентный,
	хромирование	K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> , HF, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	обратный осмос,
			электродиализ, экстракция, электро-химические

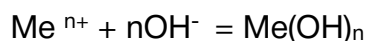


Категории сточных вод	Источники Образования	Основной загрязняющий компонент	Методы обработки
цинксодержащие	цинкование	ZnSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O, ZnCl <sub>2</sub> , Zn(BF <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> · 18H <sub>2</sub> O, Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> · 10H <sub>2</sub> O, KCl, NH <sub>4</sub> B <sub>4</sub> , H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ,	реагентный, выпаривание, экстракция, обратный осмос

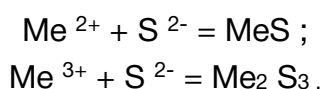
## РЕАГЕНТНЫЙ МЕТОД

Наиболее распространенный метод, заключается в переводе растворимых веществ в нерастворимые при добавлении различных реагентов с последующим отделением их в виде осадков.

В качестве реагентов используют гидроксиды кальция и натрия, сульфиды натрия, феррохромовый шлак, сульфат железа(II), пирит [2, 6 - 9]. Наиболее широко для осаждения металлов используется гидроксид кальция, который осаждает ионы металла в виде гидроксидов:



Наиболее эффективным для извлечения цветных металлов является сульфид натрия, т.к. растворимость сульфидов тяжелых металлов значительно ниже растворимости других труднорастворимых соединений - гидроксидов и карбонатов. Процесс извлечения металлов сульфидом натрия выглядит так:



Сульфиды тяжелых металлов образуют устойчивые коллоидные системы, и поэтому для ускорения процесса их осаждения вводят коагулянты и флокулянты. Так как коллоидные частицы сульфидов имеют отрицательный заряд, то в качестве коагулянтов используют электролиты с многозарядными катионами - обычно сульфаты алюминия или трехвалентного железа, также их смеси, причем именно при совместном их использовании достигается лучший результат коагулирования. Кроме названных коагулянтов, могут быть использованы различные глины, алюминийсодержащие отходы производства, травильные растворы, пасты, смеси и шлаки, содержащие диоксид кремния.

Для ускорения процесса коагуляции используют флокулянты, в основном полиакриламид. Их добавка увеличивает скорость выпадения осадков гидроксидов металлов в 2 - 3 раза [6].

Часто метод реализован в виде станций нейтрализации.

Достоинства метода:

- 1) Широкий интервал начальных концентраций ИТМ.
- 2) Универсальность.
- 3) Простота эксплуатации.
- 4) Отсутствует необходимость в разделении промывных вод и

концентратов.

Недостатки метода:

- 1) Не обеспечивается ПДК для рыбо-хозяйственных водоемов.
- 2) Громоздкость оборудования.
- 3) Значительный расход реагентов.
- 4) Дополнительное загрязнение сточных вод.
- 5) Невозможность возврата в оборотный цикл очищенной воды из-за повышенного солесодержания.
- 6) Затрудненность извлечения из шлама тяжелых металлов для утилизации.
- 7) Потребность в значительных площадях для шламоотвалов [8 - 11].

В настоящее время разработан способ получения неопасных осадков сточных вод, содержащих тяжелые металлы. Способ заключается в осаждении тяжелых металлов фосфорной кислотой или ее солью. Преимущество этого способа заключается в том, что фосфаты значительно менее растворимы, чем гидроксиды и сульфаты тех же металлов. Кроме того, фосфаты не амфотерны. Процесс осаждения металлов включает следующие стадии:

- 1) добавление фосфорной кислоты или ее кислой соли к водному раствору из расчета моль фосфата на моль тяжелого металла;
- 2) понижение pH до 3 добавлением серной кислоты;
- 3) добавление коагулянта  $FeCl_3$  в концентрации 0,75-1,5 г/л;
- 4) увеличение pH раствора до 8,5 добавлением гидроксида кальция и получение осадка, включающего скоагулированные фосфаты металлов;
- 5) обезвоживание осадка.

Полученный осадок мало выщелачивается. Если водный раствор содержит цианид-ионы, то их окисляют до ступени 1 добавлением гипохлорита натрия и гидроксида натрия. Cr (VI) в сточных водах восстанавливают в Cr (III) метабисульфитом натрия между 2-й и 4-й ступенью. В качестве флокулянта используют ионный полимер [12].

Также существует способ удаления ионов тяжелых металлов из промышленных сточных вод добавлением 1 - 2 %-ной водной суспензии  $FeS_2$ . В результате обменной реакции в осадок выделяются тяжелые металлы в форме сульфидов [13].

Еще один способ удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод предполагает осаждать их в виде сульфида тритиокарбонатом щелочного или

щелочноземельного металла ( $\text{Na}_2\text{CS}$ ). Предпочтение отдается тритиокарбонатам Na, K, Ca; pH раствора устанавливают в интервале 6 – 9. Для полноты осаждения тритиокарбонат добавляют в небольшом избытке по отношению к содержанию тяжелых металлов в сточных водах. Часто требуется предварительная обработка сточных вод окислителем или восстановителем, например, восстановление хрома (VI) в хром (III) гидразином или метабисульфитом натрия. Осажденные сульфиды тяжелых металлов легко отделяются от воды. Из полученных осадков известными способами получают металлы, которые повторно используют в производстве [14].

Также существует метод, в котором для удаления тяжелых металлов из сточных вод предлагается метод осаждения с гипсом при pH 7-9 ксантогенатов этих металлов, являющихся центрами кристаллизации. Очищенная сточная вода поступает на биологические очистные сооружения, остаточная концентрация ксантогенатов безопасна в гигиеническом и токсикологическом отношении [15].

Способ, предложенный в Уфимском институте, включает обработку сточных вод железным купоросом и серусодержащим реагентом с последующим отделением образующегося осадка. С целью повышения скорости процесса при сохранении высокой степени очистки, в качестве серусодержащего реагента используют отработанный сульфидированный едкий натр – отход сероочистки нефтепродуктов и сжиженных газов едким натром – реагент ОСЕН [16].

Для локальной обработки сточных вод от тяжелых металлов (Cu, Ni, Pb, Mn, Co, Fe, Zn, Cr<sup>6+</sup> и т.п.) перед сбросом в канализационную сеть некоторые исследователи предлагают использовать хелатообразующий реагент с дитиоаминогруппами. Последний получают путем смешения одинаковых количеств органических диаминосоединений и  $\text{CS}_2$  при пониженной температуре в течение нескольких часов с последующей нейтрализацией щелочным раствором и удалением непрореагировавшего  $\text{CS}_2$ . Полученный раствор разбавляют до требуемой концентрации и добавляют к сточным водам. Образующийся после интенсивного перемешивания в течение 20 – 120 мин осадок хелатов вышеупомянутых металлов удаляют седиментацией или фильтрацией. Существуют примеры успешного применения предложенного способа очистки сточных вод от вышеупомянутых тяжелых металлов [17]. Типовая блок-схема очистки сточных вод реагентным методом представлена на рисунке 4.1.

Установка обеспечивает очистку сточных вод до норм ПДК для слива в канализацию. Производительность 1-25 м<sup>3</sup>/час. Степень очистки от солей тяжелых металлов - до 99,5 % [9].



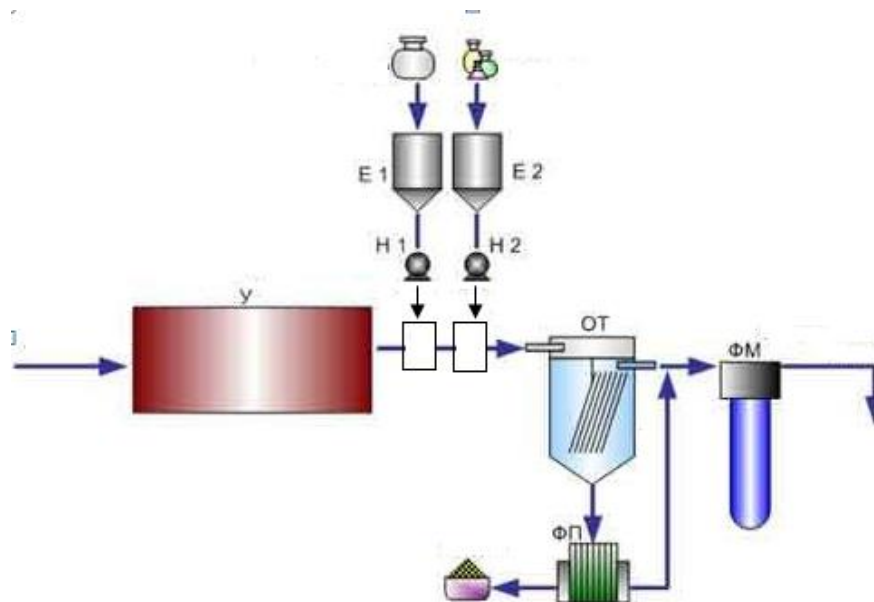


Рисунок 4.1. Блок-схема очистки сточных вод реagentным методом

- Е<sub>1</sub>, Е<sub>2</sub> - ёмкости для приготовления reagentов;
- Н<sub>1</sub>, Н<sub>2</sub> - насосы для дозирования reagentов;
- У - усреднитель разбавленных и концентрированных стоков;
- ОТ - отстойник с тонкослойным модулем для ускорения процесса осаднения взвешенных веществ;
- ФП - фильтр-пресс для обезвоживания осадка;
- ФМ - узел фильтрации для доочистки от механических примесей.

## БИОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД

В последнее время у РФ и за рубежом увеличились масштабы проводимых исследований по разработке технологии выделения тяжелых цветных металлов из сточных вод гальванопроизводств биохимическим методом сульфатовосстанавливающими бактериями (СВБ). Однако достигнутое при этом снижение концентраций ионов тяжелых металлов, в частности таких, как хром, составило только 100 мг/л, что нельзя признать оптимальным, исходя из реальных концентраций ионов шестивалентного хрома (200 - 300 мг/л). В мировой практике было исследовано влияние высоких концентраций ионов тяжелых металлов на эффективность их извлечения биохимическим методом. Так, скорость изменения концентрации шестивалентного хрома определяли в стеклянных реакторах, строго выдерживая анаэробные условия протекания процесса. Для развития сульфатовосстанавливающих бактерий в реакторы вводили питательную среду Постгейта. Кроме того, отдельные серии опытов

проводили на пилотной установке непрерывного действия, состоящей из биотенка проточного типа и отстойника.

В Уфимском нефтяном институте разработан комплексный метод биохимического извлечения хрома. Сущность его заключается в использовании специализированных бактериальных культур, отличающихся высокой стойкостью к отравляющему действию хрома. Хромсодержащие сточные воды подают в соответствующие емкости-накопители, затем - в биотенк, где смешиваются с бактериальными культурами. Из биотенка очищенные воды отводятся в отстойник, после чего направляются в фильтры для доочистки. Очищенная вода поступает на повторное использование. Хромсодержащие осадки, образующиеся в биотенках, отстойниках и фильтрах, подаются в шламонакопитель, обезвоживаются на вакуум-фильтрах и используются в качестве добавок при производстве строительных материалов. Достоинствами этого метода являются высокая эффективность и простота технологического оформления процесса [2, 10].

Германскими учеными был предложен способ выделения хрома путем сорбции на биомассе активного ила или других сорбентах растительного происхождения, отличающийся тем, что биомассу предварительно обрабатывают растворами кислот, щелочей, солей или органическими растворителями. При этом значительно увеличиваются сорбционные свойства биомассы и возрастает скорость десорбции хрома из растворов выщелачивания [11].

Всероссийским НИИ межотраслевой информации для извлечения хрома (VI) были использованы микроорганизмы *Pseudomonas dechromatons* Rom, способные восстанавливать хром (VI) в процессе своей жизнедеятельности до хрома (III), который выпадает в осадок в виде  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  вместе с осуществившими этот процесс микроорганизмами. Осадок после соответствующей подготовки может быть использован на металлургических комбинатах в качестве легирующей добавки или для получения оксида хрома и краски [22].

Отделом химической технологии Национальной лаборатории Oak Ridge (штат Тенесси) был предложен биологический способ выделения хрома, где в качестве сорбента используют шарики размером с булавочную головку, полученные из морских водорослей, которые содержат около 1 млн. микроорганизмов каждый. Извлечение проводится по принципу кипящего слоя в колоннах. После насыщения сорбент отфильтровывают, сушат и сжигают, получая концентрат сорбируемых примесей [27].

В Днепропетровском университете предложен способ очистки сточных вод от тяжелых металлов биофильтраторами - личинками бесхвостых амфибий в емкостях или естественных прудах при плотности посадки личинок в сточных водах 500 - 1000 экз/м<sup>3</sup> [28].

В США предложен способ неполной биологической очистки сточных вод, содержащих ионы тяжелых металлов и сульфат-ионы с восстановлением их до

нерастворимых в воде соединений. Способ состоит в пропускании сточных вод (периодически или непрерывно) через пористую матрицу с микрофлорой, включающую виды *Desulfovibrio* и *Desulfotomaculum*. Бактерии этих видов в анаэробных условиях преобразуют сульфат-ионы в сероводород. Сероводород образует с ионами тяжелых металлов нерастворимые соединения, которые оседают на матрице и могут быть удалены. Процесс следует проводить при pH от 6 до 11 (предпочтительно в диапазоне от 7 до 10), при температуре от 0 до 60 °C (предпочтительно в диапазоне от 12 до 35 °C) и скорости течения сточных вод 820 л/сут на 1 м<sup>2</sup> поверхности матрицы (предпочтительно диапазон от 86 до 270 л/(сут×м<sup>2</sup>)) [39].

Английскими учеными проведено исследование по изучению поведения тяжелых металлов в кратковременных экспериментах очистки сточных вод в гидропонической системе с гравиевым основанием. Были проведены исследования удаления кадмия, хрома, никеля, меди и цинка из предварительно очищенных сточных вод. Определено, что степень удаления этих металлов зависит от времени экспозиции, от 6 до 8 часов, моделируя перелив или залповую нагрузку. Особенно большая эффективность удаления наблюдалась для хрома, меди, никеля и цинка [40].

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

В настоящее время электрохимические методы выделения тяжелых цветных металлов из сточных вод гальванопроизводства находят все более широкое применение. К ним относятся процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлокуляции и электродиализа [6, 13 - 15]. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через раствор постоянного электрического тока.

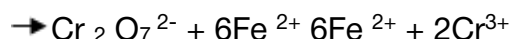
Проведенные исследования по очистке сточных вод гальванического производства в условиях электрохимической неравновесности установили, что восстановительные процессы в сточных водах протекают при взаимодействии сольватированных электронов с гидратированными и связанными в комплексные соединения ионами металлов. Показано, что содержание Zn, Cu, Cd, Mo, Co в сточных водах после обработки в условиях электрохимической неравномерности не превышает, а в ряде случаев значительно ниже ПДК [41].

### **Метод электрокоагуляции.**

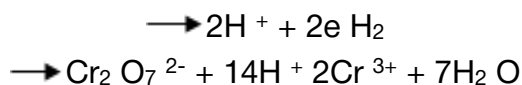
Метод наиболее пригоден для выделения хрома. Сущность метода заключается в восстановлении Cr(VI) до Cr(III) в процессе электролиза с использованием растворимых стальных электродов. При прохождении растворов через межэлектродное пространство происходит электролиз воды,

поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом.

Суть протекающих при этом процессов заключается в следующем: при протекании постоянного электрического тока через хромсодержащие растворы гальваношламов, анод подвергается электролитическому растворению с образованием ионов Fe, которые, с одной стороны, являются эффективными восстановителями для ионов хрома (VI), с другой - коагулянтами:



На катоде выделяется газообразный водород, что ведет к выщелачиванию раствора и созданию, таким образом, условий для выделения гидроксидов примесных металлов, также происходит процесс электрохимического восстановления по реакциям:



Находящиеся в растворе ионы  $\text{Fe}^{+3}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{+3}$  гидратируют с образованием гидроксидов  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$ . Образующиеся гидроксиды железа являются хорошими коллекторами для осаждения гидроксидов примесных металлов и адсорбентами для других металлов [2, 6, 16].

Электрокоагуляторы внедрены на ряде предприятий. Разработчики: электрокоагуляционная установка (ЦНТИ, Петропавловск-Камчатский); установка «Лоста» (НИЦ «Потенциал», Ровно); напорный электрокоагулятор «Эко» (трест «Цветводоочистка», Екатеринбург); электрокоагулятор (НИИ «Стрела», Тула); электрокоагулятор (ЦНИИСТ, Севастополь), ОАО «Диод» (Владимир) и др.

Электрокоагуляционная установка на ОАО «Диод» состоит из трехсекционной гальванической ванны, выпрямителя ВАКР-1600-12У4 и промежуточной емкости с двумя насосами для откачки обезвреженных стоков на отстойник. По мере пропускания постоянного тока через сточные воды в электролизной ванне в железными электродами происходит анодное растворение электродов, образующиеся при этом ионы 2-х валентного железа восстанавливают ионы хрома шестивалентного до трехвалентного. Одновременно происходит гидролиз ионов железа и вторичных соединений с образованием нерастворимых гидроксидов  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ,  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  и др. Процесс является непрерывным, под напряжением 12 В и плотности тока 0,5 – 1 А/дм<sup>2</sup>. Фильтрация сточной воды производится на нутч-филт্রে [40].

#### **Достоинства метода:**

- 1) Очистка до требований ПДК от соединений Cr (VI).
- 2) Высокая производительность.

- 3) Простота эксплуатации.
- 4) Малые занимаемые площади.
- 5) Малая чувствительность к изменениям параметров процесса.
- 6) Получение шлама с хорошими структурно-механическими свойствами.

#### **Недостатки метода:**

- 1) Не достигается ПДК при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения.
- 2) Значительный расход электроэнергии.
- 3) Значительный расход металлических растворимых анодов.
- 4) Пассивация анодов.
- 5) Невозможность извлечения из шлама тяжелых металлов из-за высокого содержания железа.
- 6) Невозможность возврата воды в оборотный цикл из-за повышенного солесодержания.
- 7) Потребность в значительных площадях для шламоотвалов.
- 8) Необходимость предварительного разбавления стоков до суммарной концентрации ионов тяжелых металлов 100 мг/л [28 - 31].

Существуют методы очистки воды от тяжелых металлов и органических примесей методом электрокоагуляции с использованием переменного асимметричного тока, а также методом электрокоагуляции с помощью железных стружек. В настоящее время оба метода нашли применение на предприятиях [41].

#### **Метод электрофлотации.**

Методы электрофлотации, разработанные сравнительно недавно, позволяют очищенную сточную воду вернуть в производство и рекуперировать ценные компоненты. В этом процессе очистка сточных вод от взвешенных частиц происходит при помощи пузырьков газа, образующихся при электролизе воды и использовании растворимых электродов. На аноде возникают пузырьки кислорода, на катоде - водород. Поднимаясь в сточной воде, пузырьки флотируют взвешенные частицы. Метод обеспечивает очистку сточных вод от ионов тяжелых металлов до ПДК, а также от жиров и масел. Метод внедрен на ряде предприятий.

#### **Достоинства метода:**

- 1) Очистка до требований ПДК.
- 2) Незначительный расход реагентов.
- 3) Простота эксплуатации.
- 4) Малые площади, занимаемые оборудованием.
- 5) Возможность возврата ИТМ до 96 %.
- 6) Возможность очистки от жиров, масел и взвешенных частиц.
- 7) Высокая сочетаемость с другими методами.

8) Отсутствие вторичного загрязнения.

#### **Недостатки метода:**

1) Незначительное (до 30 %) снижение общего солесодержания очищаемых стоков.

2) Аноды из дефицитного материала.

3) Необходимость разбавления концентрированных вод.

4) Большой расход электроэнергии, ее дороговизна [28 - 31].

#### **Метод электролиза**

В процессах электрохимического окисления протекает на положительном электроде - аноде, которому ионы отдают электроны. Вещества, находящиеся в сточных водах, полностью распадаются с образованием более простых и нетоксичных веществ, которые можно удалять другими методами. В качестве анодов используют различные электрически нерастворимые вещества: графит, магнетит, диоксиды свинца, марганца и рутения, которые наносят на титановую основу. Катоды изготавливают из молибдена, сплава железа с вольфрамом, сплава вольфрама с никелем, из графита, нержавеющей стали и других металлов, покрытых молибденом, вольфрамом или их сплавами. Метод используется на многих предприятиях.

Применению электролиза до последнего времени препятствовала низкая производительность аппаратов с плоскими электродами. Перспективы решения этой проблемы открылись с разработкой и внедрением в практику достаточно простых и надежных электролизеров с проточными объемно-пористыми волокнистыми электродами. Они позволяют ускорить процесс извлечения металлов более чем в 100 раз за счет высокой удельной поверхности и повышенного коэффициента массопередачи (до 0.05 – 0.1 м<sup>3</sup> /с). Применяются и другие типы аппаратов с развитой электродной поверхностью, например псевдооживленного типа, разрабатываемые в Киеве и Санкт-Петербурге.

Разработаны электролизеры типа Э-ЭУК, Е-91А, ЭПУ (ВПТИЭМП), модуль - МОПВ (НИТИАП, Нижний Новгород), регенераторы (ЦМИ "Контакт", Пермь).

В США разработана конструкция электролизера для извлечения тяжелых металлов, в котором однородный поток мельчайших пузырьков воздуха, направленный перпендикулярно поверхности катода, разрушает примыкающий к катоду диффузный слой электролита. Это резко улучшает массообмен в электролите и повышает выход по току [35]. Также в США широко используется электролизер, оборудованный биполярными электродами из углеродистой стали. Расход электроэнергии составляет 10 кВт на 1 кг тяжелых металлов. При содержании тяжелых металлов более 50 мг/л электрохимическая обработка осуществляется в несколько стадий. Концентрация вредных примесей тяжелых металлов после очистки не превышает по каждому из них 0,05 мг/л [36, 37].

В Днепропетровском химико-технологическом институте предложено сточные воды обрабатывать в электролизере с растворимым анодом из

пористого титана в присутствии замещенного амида иминосульфиновой кислоты формулы  $C_6H_5S(=NSO_2C_6H_5)NHSO_2C_6H_5$ . Размеры пор пористого титана 20 – 300 мкм, общая пористость 20 – 40 % [38].

Приведена схема одноступенчатой электролитической установки для удаления тяжелых металлов (удаление 90% металлических ионов) из сточных вод. В бездиафрагменном электролизере используются 2 насыпных катода, между которыми расположен пластинчатый анод. Катод состоит из гранул, изготовленных из материала, который плохо сцепляется с осаждаемыми металлами и поэтому осаждаемый металл выпадает на дно в виде порошка [39].

**Достоинства метода:**

- 1) Отсутствие шлама.
- 2) Незначительный расход реагентов.
- 3) Простота эксплуатации.
- 4) Малые площади, занимаемые оборудованием.
- 5) Возможность извлечения металлов из концентрированных стоков.

**Недостатки метода:**

1) Не обеспечивает достижение ПДК при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения.

- 2) Аноды из дефицитного материала.
- 3) Неэкономичность очистки разбавленных стоков [28 - 31].

Существуют также электролитические методы, к которым относится метод гальванокоагуляции.

**Метод гальванокоагуляции**

Метод внедрен на ряде предприятий.

**Достоинства метода:**

- 1) Очистка до требований ПДК от соединений Cr(VI).
- 2) В качестве реагента используются отходы железа.
- 3) Малая энергоемкость.
- 4) Низкие эксплуатационные затраты.
- 5) Значительное снижение концентрации сульфат-ионов.
- 6) Высокая скорость процесса.

**Недостатки метода:**

1) Не достигается ПДК при сбросе в водоемы рыбохозяйственного назначения.

- 2) Высокая трудоемкость при смене загрузки.
- 3) Необходимость больших избытков реагента (железа).
- 4) Большие количества осадка и сложность его обезвоживания [28 - 31].

## МЕМБРАННЫЕ МЕТОДЫ

Методы мембранного разделения, используемые в технологии выделения цветных металлов из сточных вод гальванопроизводства, условно делятся на микрофильтрацию, ультрафильтрацию, обратный осмос, испарение через мембраны, диализ, электродиализ. Наибольшие успехи в отношении эффективности и технологичности выделения цветных металлов достигнуты при использовании обратного осмоса, ультрафильтрации и электродиализа [2, 18].

### Метод обратного осмоса

Обратным осмосом и ультрафильтрацией называют процессы фильтрования растворов через полупроницаемые мембраны под давлением, превышающем осмотическое давление. Мембраны пропускают молекулы растворителя, задерживая растворенные вещества. При обратном осмосе выделяются частицы (молекулы, гидратированные ионы), размеры которых не превышают размеров молекул растворителя. При ультрафильтрации размер отдельных частиц на порядок больше.

От обычной фильтрации такие процессы отличаются отделением частиц меньших размеров. Давление, необходимое для проведения процесса обратного осмоса (6 - 10 МПа) значительно больше, чем для проведения процесса ультрафильтрации (0,1 – 0,5 МПа).

Изготавливаемые установки типа УГОС, УРЖ (НИИТОП, Нижний Новгород); УСОВО-2.5-001 (ПО «Точрадиомаш», Майкоп); ДРКИ (СБНПО-Биотехмаш, Москва); УМГ (АО «Мембраны», Владимир) сложны при эксплуатации, используются в редких случаях.

### Достоинства метода:

- 1) Возможность очистки до требований ПДК.
- 2) Возврат очищенной воды до 60 % в оборотный цикл.
- 3) Возможность утилизации тяжелых металлов.
- 4) Возможность очистки в присутствии лигандов, образующих прочные комплексные соединения.

### Недостатки метода:

- 1) Необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики, взвешенных веществ.
- 2) Дефицитность и дороговизна мембран.
- 3) Сложность эксплуатации, высокие требования к герметичности установок.

- 4) Большие площади, высокие капитальные затраты.
- 5) Отсутствие селективности.
- 6) Чувствительность мембран к изменению параметров очищаемых стоков [28 - 31].

### Метод электродиализа



Электродиализ - это метод, основанный на избирательном переносе ионов через перегородки, изготовленные из ионитов (мембраны) под действием электрического тока. Обычно используют пакеты из чередующихся анионо- и катионообменных мембран. Ионообменные мембраны проницаемы только для ионов, имеющих заряд того же знака, что и у подвижных ионов [6].

Эти методы пока не получили широкого распространения в отечественной гальванотехнике. Основной причиной этого является высокая капиталоемкость, материалоемкость, энергоемкость.

Метод электродиализа имеет большие перспективы. Однако он нуждается в существенной доработке. В частности, необходимы:

- поиск эффективных мер по предотвращению осадкообразования и отравления мембран;
- разработка путей обеспечения специфичного ионного транспорта;
- конструирование надежных и компактных аппаратов, адаптированных к условиям гальваноцеха;
- разработка конкретных технологий, позволяющих утилизировать концентраты и получать технологическую воду;
- создание новых дешевых, стойких к среде ионообменных мембран, а также фильтров, предотвращающих засорение аппаратов [1, 2, 13, 19].

#### **Достоинства метода:**

- 1) Возможность очистки до требований ПДК.
- 2) Возврат очищенной воды до 60 % в оборотный цикл.
- 3) Возможность утилизации ценных компонентов.
- 4) Отсутствие фазовых переходов при отделении примесей, что позволяет вести процесс при небольшом расходе энергии.
- 5) Возможность проведения при комнатных температурах без применения или с небольшими добавками химических реагентов.
- 6) Простота конструкций аппаратуры.

#### **Недостатки метода:**

- 1) Необходимость предварительной очистки стоков от масел, ПАВ, органики, растворителей, солей жесткости, взвешенных веществ.
- 2) Значительный расход электроэнергии.
- 3) Дефицитность и дороговизна мембран.
- 4) Сложность эксплуатации.
- 5) Отсутствие селективности.
- 6) Чувствительность к изменению параметров очищаемых вод [28 –31].

Существуют также комбинированные мембранные методы. Так, электролиз в сочетании с электродиализом приобретает новое качество: достигается не только полное обессоливание и, следовательно, оборот воды, но и улучшение условий работы электродиализатора за счет уменьшения

осадкообразования на мембранах. Такой метод успешно испытан в Новосибирске [1].

## СОРБЦИОННЫЕ МЕТОДЫ

Сорбционные методы являются наиболее распространенными для выделения хрома из сточных вод гальванопроизводства. Их можно условно поделить на три разновидности:

- 1) сорбция на активированном угле (адсорбционный обмен);
- 2) сорбция на ионитах (ионный обмен);
- 3) комбинированный метод.

### Адсорбционный метод

Адсорбционный метод является одним из эффективных методов извлечения цветных металлов из сточных вод гальванопроизводства. В качестве сорбентов используются активированные угли, синтетические сорбенты, отходы производства (зола, шлаки, опилки и др.).

Наиболее универсальные адсорбенты - активированные угли, однако они должны обладать определенными свойствами:

- слабо взаимодействовать с молекулами воды и хорошо – с органическими веществами;
- быть относительно крупнопористыми;
- иметь высокую адсорбционную емкость;
- обладать малой удерживающей способностью при регенерации;
- иметь высокую прочность;
- обладать высокой смачиваемостью;
- иметь малую каталитическую активность;
- иметь низкую стоимость.

В процессе адсорбционной очистки сточные воды перемешивают с адсорбентом при фильтровании раствора через слой адсорбента или в псевдооживленном слое на установках периодического и непрерывного действия. При смешивании адсорбента с раствором используют активированный уголь в виде частиц диаметром 0,1 мм и меньше. Процесс проводят в одну или несколько ступеней [6].

В ряде работ показано, что предварительная обработка адсорбентов азотной кислотой повышает их сорбционную способность по хрому (VI) [2].

В качестве других сорбентов в различных исследованиях предлагаются:

- а) отходы пивоваренной промышленности (картон с сорбированным штаммом дрожжей *Saccharomyces carlsbergensis* [22];
- б) древесные опилки, предпочтительно сосновые, обработанные сополимером винилового эфира моноэтаноламина с виниловым эфиром 4-метилазагепта-3,5-диен -1,6-диола (СВЭМВЭ)[13];
- в) растительный материал (шлам-лигнин, целлюлоза и др.) [24];

- г) железные опилки [26];
- д) цеолиты, силикагели, бентонит [27];
- е) глины [28];
- ж) вермикулит [29].

**Достоинства метода:**

- 1) Очистка до ПДК.
- 2) Возможность совместного удаления различных по природе примесей.
- 3) Отсутствие вторичного загрязнения очищаемых вод.
- 4) Возможность рекуперации сорбированных веществ.
- 5) Возможность возврата очищенной воды после корректировки рН.

**Недостатки метода:**

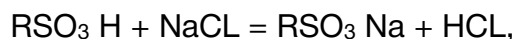
- 1) Дороговизна и дефицитность сорбентов.
- 2) Природные сорбенты применимы для ограниченного круга примесей и их концентраций.
- 3) Громоздкость оборудования.
- 4) Большой расход реагентов для регенерации сорбентов.
- 5) Образование вторичных отходов, требующих дополнительной очистки [28 - 31].

**Метод ионного обмена.**

Ионообменное извлечение металлов из сточных вод позволяет рекуперировать ценные вещества с высокой степенью извлечения. Ионный обмен – это процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, содержащиеся в ней, на ионы, присутствующие в растворе. Вещества, составляющие эту твердую фазу, называются ионитами. Метод ионного обмена основан на применении катионитов и анионитов, сорбирующих из обрабатываемых сточных вод катионы и анионы растворенных солей. В процессе фильтрования обменные катионы и анионы заменяются катионами и анионами, извлекаемыми из сточных вод. Это приводит к истощению обменной способности материалов и необходимости их регенерации.

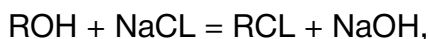
Наибольшее практическое значение для очистки сточных вод приобрели синтетические ионообменные смолы – высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней ионообменными функциональными группами. Пространственная углеводородная сетка называется матрицей, а обменивающиеся ионы – противоионами. Каждый противоион соединен с противоположно заряженными ионами, называемыми анкерными. Реакция ионного обмена протекает следующим образом:

при контакте с катионитом



где R – матрица,  
H – противоион,  
SO<sub>3</sub> - анкерный ион;

при контакте с анионитом



Для извлечения из сточных вод гальванопроизводства катионов трехвалентного хрома применяют H-катиониты, хромат-ионы CrO<sub>3</sub><sup>2-</sup> и бихромат-ионы Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> извлекают на анионитах АВ-17, АН-18П, АН-25, АМ-п. Регенерацию сильноосновных анионитов проводят 8 - 10 %-ным раствором едкого натра. Элюаты, содержащие 40 - 50 г/л шестивалентного хрома, могут быть направлены на производство монохромата натрия, а очищенная вода - использоваться повторно [2, 6].

На базе ВлГЛУ разработана технология локальной очистки хромсодержащих стоков с целью извлечения из них соединений тяжелых цветных металлов, в т.ч. и хрома сорбцией на сильноосновном анионите. Степень очистки воды по данной технологии более 90 – 95 %. Очищенная вода соответствует ГОСТ 9.317-90 и вполне пригодна для использования в системах замкнутого водооборота [21].

На заводе «Почвомаш» (Киров) внедрен процесс очистки промстоков гальванических производств от ионов хрома волокнистыми материалами. Для сорбции анионов хрома используют материал ВИОН АС-1, имеющий в своем составе сильноосновные винилпиридиниевые группы с СОЕ 1,1 – 1,2 мг\*экв/г. Регенерацию ВИОН АС-1 проводят раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> [21].

Известен также метод выделения хрома из промывных сточных вод гальванических цехов с помощью ионообменных смол и углеродистых сорбентов [34].

#### **Достоинства метода:**

- 1) Возможность очистки до требований ПДК.
- 2) Возврат очищенной воды до 95 % в оборот.
- 3) Возможность утилизации тяжелых металлов.
- 4) Возможность очистки в присутствии эффективных лигандов.

#### **Недостатки метода:**

- 1) Необходимость предварительной очистки сточных вод от масел, ПАВ, растворителей, органики, взвешенных веществ.
- 2) Большой расход реагентов для регенерации ионитов и обработки смол.

- 3) Необходимость предварительного разделения промывных вод от концентратов.
- 4) Громоздкость оборудования, высокая стоимость смол.
- 5) Образование вторичных отходов-элюатов, требующих дополнительной переработки [28 - 31].

## КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ

Наиболее распространенным из всех разновидностей сорбционного метода является комбинированный метод, который заключается в использовании и угля и ионитов одновременно для извлечения хрома. Суть его такова: сточные воды подаются на гравийно-угольный фильтр, затем последовательно на сильнокислый катионит, слабоосновной анионит и далее - сильноосновной анионообменник. После прохождения всего комплекса выделения хрома через ионообменные колонны, вода имеет высокую степень чистоты и может использоваться повторно. Извлеченный хром может быть направлен на утилизацию в кожевенную промышленность для дубления кож [4].

Английские исследователи разработали метод извлечения хрома из сточных вод коллоидной флотацией в присутствии гидроксида железа (III) и ПАВ. Содержание хрома после флотации снижается с 74 - 80 мг/л до 1,2 – 4,7 мг/л. Более глубокое извлечение ионов хрома из растворов достигается на второй ступени флотации [22].

В последние годы интерес приобретает ионная флотация с додециламином, когда в объем раствора вводят гидролизующиеся коагулянты, флокулянт, а затем флотируют образовавшиеся хлопья. Ионы хрома сорбируются на хлопьях и удаляются с ними из воды. При этом степень их извлечения составляет 80 % [23, 24].

Для выделения тяжелых металлов, в том числе и хрома, из сточных вод гальванопроизводства возможно использовать хелатообразующий реагент с дитиоаминогруппами. Последний получают путем смешения одинаковых количеств органических диаминосоединений и  $CS_2$  при пониженной температуре в течение нескольких часов с последующей нейтрализацией щелочным раствором и удалением непрореагировавшего  $CS_2$ . Образующийся после интенсивного перемешивания в течении 20 - 120 минут осадок хелата хрома удаляют седиментацией или фильтрацией [25].

В мировой практике применяется технология извлечения хрома путем сочетания ионообменного и мембранного методов (ультрафильтрации) [26].

Волжским объединением легковых автомобилей разработан способ контактирования сточных вод гальванопроизводства с сорбентом, концентрирование отходов проводят одновременно с наложением импульсного низкочастотного электромагнитного поля на утилизируемые отходы. При этом

происходит селективное осаждение металлов на электродах аппаратов. Способ обеспечивает комплексную дискретную утилизацию ионов тяжелых металлов, удовлетворяя требованиям ПДК [27].

Большие успехи достигнуты в результате работ по электрохимическому регулированию рН с выделением гидроксидов металлов в совокупности с электрофлотацией и электролизом. Это направление успешно развивается в Москве (РХТУ), а также на Украине.

К комбинированным методам следует также отнести сочетание ионообменного или экстракционного отделения металлов с их последующим электроэлюированием, т.е. электролизом элюэнта, непрерывно циркулирующего между ионообменником и электролизером. Это существенно снижает количество сбросов в процессе регенерации ионообменника [6].

Таким образом, в настоящее время имеется достаточно широкий ассортимент методов, позволяющих перерабатывать сточные воды гальванопроизводства с получением пригодного для дальнейшего использования продукта и оборотной воды. Однако ни один метод нельзя считать универсальным, т.е. эффективным и дешевым, поэтому наиболее целесообразно применять комбинированные методы.

Эти методы имеют ряд преимуществ:

- 1) повышение степени очистки достигается путем дополнения реагентного метода очистки адсорбционным (ионным);
- 2) снижение на 65 - 70 % общего солесодержания сточных вод;
- 3) возможность использования сточных вод в оборотном водоснабжении предприятия;

- 4) возможность автоматизированного контроля и управления процессом;

- 5) простота и надежность в эксплуатации. Хромсодержащие соединения поступают в сборник усреднитель где смешиваются с промывными водами, после чего промывные хромсодержащие сточные воды обезвреживаются реагентным методом с использованием сульфида натрия (реагент). После чего сточные воды снова направляются в сборник усреднитель, после чего корректируется рН среды и воды поступают на осветление, где отделяется шлам соединений металлов. После этих действий шлам уплотняется и обеззараживается, после чего утилизируется. Осветленная сточная вода направляется на дополнительное фильтрование, после чего поступает в угольный фильтр, где дополнительно извлекаются растворимые примеси, включая соли хрома, затем для доочистки используется ионный метод, с помощью Na-катионита и H-катионита в аппаратах катионитной очистки, следующие действия нейтрализация, усреднение, обезвреживание и утилизация. Общая схема очистки изображена на рисунке 4.2.

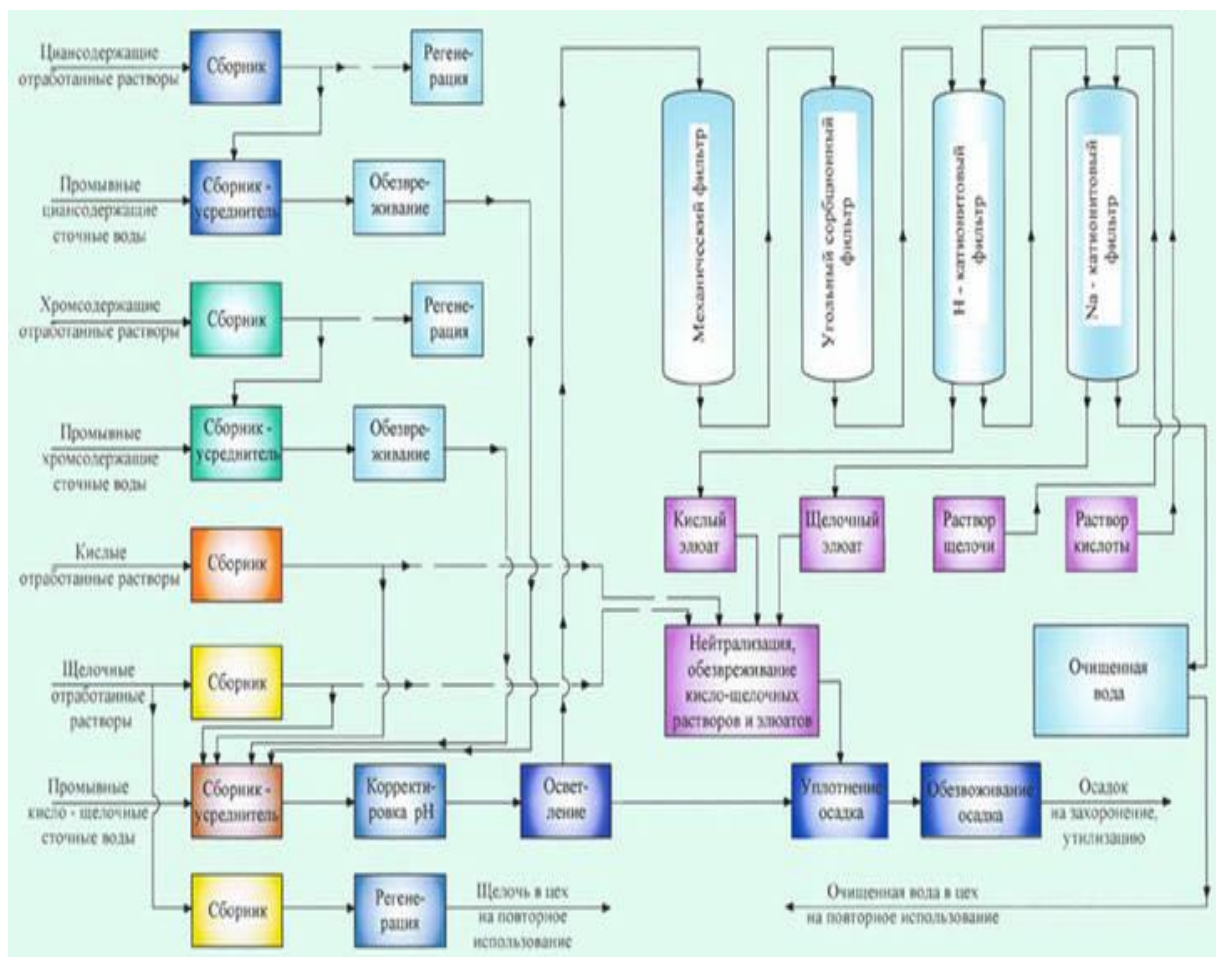


Рисунок 4.2. Схема очистных сооружений гальванических стоков.

## 5.Рекомендации по реконструкции очистных сооружений. Выбор метода очистки сточных вод для гальванического производства

### *5.1. Обоснование выбора метода электрофлотации для очистки сточных вод гальванического производства*

Известно большое количество методов извлечения цветных металлов из сточных вод гальванопроизводства. Наиболее используемые методы подразделяются на:

- реагентные,
- биохимические,
- электрохимические,
- мембранные,
- сорбционные,
- комбинированные.

Мы провели анализ современных методов очистки сточных вод гальванического производства. На основании анализа технического состояния существующих очистных сооружений и современных методов очистки сточных вод гальванического производства рекомендуются следующие методы очистки сточных вод.

**Электрофлотация** – метод очистки сточных и промывных вод, технологических растворов гальванического производства и производства печатных плат от загрязнений в виде взвешенных веществ, фосфатов и гидроксидов металлов, суспензий, смолистых веществ, эмульгированных веществ, нефтепродуктов, индустриальных масел, жиров и поверхностно-активных веществ. Для интенсификации процесса электрофлотации и повышения эффективности очистки, обычно, существует предшествующая стадия нейтрализации кислых или щелочных компонентов, перевод ионов металлов в труднорастворимые соединения, т.е. образование твёрдой фазы, флокуляция и (или) коагуляция.

Электрофлотатор, используемый на очистных сооружениях металлообрабатывающего предприятия – общий вид представлен на рисунке 5.1. Нерастворимые электроды электрофлотатора конструкции РХТУ представлены на рисунке 5.2.

Электрофлотатор - оборудование для очистных сооружений сточных вод гальванических производств. Очищенная вода после электрофлотатора подается на мембранную установку гиперfiltrации для создания оборотного водоснабжения или сбрасывается в систему канализации. Электрофлотатор



работает на основе процесса выделения микропузырьков электролитических газов и флотационного эффекта.



Рисунок 5.1. Электрофлотатор на очистных сооружениях металлообрабатывающего предприятия – общий вид



Рисунок 5.2. Нерастворимые электроды электрофлотатора

Электрофлотатор МУОВ-М4 с блоком нерастворимых электродов входит в состав электрофлотационного модуля, который укомплектован системой сбора шлама, источником постоянного тока, вспомогательными емкостями из полипропилена для загрязненной и очищенной воды, насосами Grundfos и дозирующим оборудованием Etatron.

Очистка сточных вод от тяжелых металлов: меди, хрома, цинка, никеля, железа, алюминия, кадмия, свинца, нефтепродуктов, спав и взвешенных веществ производится в непрерывном режиме.

Сравнительная оценка очистки сточных вод методом электрокоагуляции и электрофлотации представлена в таблице 5.1

Таблица 5.1

Сравнительная оценка очистки сточных вод методом электрокоагуляции и электрофлотации

Параметр	Электрокоагуляция	Электрофлотация
Энергозатраты, кВт ч/м <sup>3</sup>	1 – 1,5	0,1 – 0,5
Степень очистки, %	80 – 95	95 – 99,9
Вторичное загрязнения воды	Fe 1 мг/л Al 0,5–1 мг/л	Отсутствует
Вторичное загрязнение твердых отходов (ионы тяжелых металлов)	30% (Cu, Ni, Zn, Cr)	Отсутствует
Режим эксплуатации	Периодический	Непрерывный
Расход материалов и реагентов	Fe и / или Al – анод (5–10 дней)	Ti – анод (5–10 лет)
Производительность, м <sup>3</sup> /ч	до 5	от 1 до 50
Осадок гальванического шлама	Пульпа 99% влажности	Пенный продукт 94–96% влажности

Преимущества использования электрофлотационных модулей очевидны:

- высокая эффективность извлечения дисперсных веществ (гидроксидов и фосфатов тяжелых металлов и кальция, нефтепродуктов, поверхностно-активных и взвешенных веществ);

- высокая производительность (1 м<sup>2</sup> оборудования – 4 м<sup>3</sup>/ч очищаемой воды);

- отсутствие вторичного загрязнения воды благодаря применению нерастворимых электродов ОРТА;

- низкие затраты электроэнергии от 0,5 до 1 кВт·ч/м<sup>3</sup>;

- отсутствие заменяемых материалов (электродов, фильтров, сорбентов и пр.);

- простота эксплуатации, автоматический режим работы не требуют ежегодного ремонта и остановок;

- шлам менее влажный (94–96%), в 3–5 раз легче обезвоживается и может быть использован при изготовлении строительных материалов и / или пигментов для красителей.

### *5.2 Применение аппараты вихревого слоя в процессах очистки сточных вод гальванических цехов.*

Компанией GlobeCore выпускаются аппараты вихревого слоя. На сегодняшний день в различных отраслях промышленности успешно функционируют технологические линии, оборудованные такими аппаратами.

Анализируя интенсифицирующие факторы, имеющие место в аппаратах вихревого слоя, можно предположить, что на процессы очистки сточных вод могут оказывать существенное влияние:

-электрохимические факторы, электромагнитная обработка и активация веществ в вихревом слое;

-диспергирование фаз;

-геометрические параметры и режим работы вихревого слоя, его гидродинамические факторы, которые обеспечивают интенсивное перемешивание обрабатываемых сред.

Были проведены исследования очистки сточных вод гальванического цеха от тяжелых металлов с помощью аппарата вихревого слоя типа ABC-100 (лабораторного). В качестве реагента-восстановителя использовалось сернокислотное железо  $\text{FeSO}_4$ . Восстановление трех- и шестивалентного хрома за счет реагента проводилось в щелочной среде, для чего в воду вводилось известковое молоко  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Поскольку в щелочной среде в качестве восстановителя дополнительно выступает гидроокись железа, в подкислении стоков нет необходимости. В очищаемую воду объемом 0,5 л было добавлено 10 мг 10%-го раствора сернокислого железа.

Для обработки применялись ферромагнитные частицы длиной 20 мм и диаметром 1,8 мм (общий вес 200 г). Время обработки составило 3 с.

В таблице 5.2 приведены результаты процесса очистки сточных вод гальванического цеха от тяжелых металлов с помощью аппарата вихревого слоя ABC-100, а также сравнение полученных данных с исходными значениями и предельно допустимыми концентрациями, действительными для стран Европейского Союза.

**Из проведенных исследований можно сделать следующие выводы:**

1) Применение аппарата вихревого слоя типа ABC-100 в процессах очистки сточных вод гальванических цехов позволяет снизить концентрацию

тяжелых металлов до значений, не превышающих предельно допустимые концентрации, действующие на территории Европейского Союза.

Таблица 5.2

Результаты процесса очистки сточных вод гальванического цеха от тяжелых металлов с помощью аппарата вихревого слоя ABC-100

Наименование параметра	Значение параметра		Предельно допустимая концентрация (ЕС)
	до очистки	после очистки	
pH	1,75	6,74	6,5-8,5
Fe, мг/л	9,7	2,77	2-20
Cu, мг/л	18,29	0,65	0,1-4
Ni, мг/л	5,8	<0,02(не обнаружен)	0,5-3
Cr+6, мг/л	19,08	<0,005 (не обнаружен)	0,1-0,5

В случае никеля и шестивалентного хрома удалось добиться полного отсутствия данных веществ в очищенной воде. Это говорит о перспективе использования аппаратов вихревого слоя в странах, где действуют более жесткие требования в отношении концентраций шестивалентного хрома и никеля.

2) Очистка воды происходит мгновенно и не требует перерасхода используемых реагентов.

3) Процесс отстаивания осадка происходит намного быстрее, чем при использовании аппаратов с мешалкой.

### *5.3 Автоматизация процесса очистки сточных вод гальванического производства*

Одно из преимуществ очистных сооружений компании ЭНВИРО-ХЕМИ ГмбХ – это полная автоматизация процессов очистки. Современная концепция автоматизации связывает в одно целое регистрацию измеряемых параметров воды, поступающей на очистные сооружения, регулирование режимов работы очистных сооружений в процессе очистки воды и измерение качества очистки воды на выходе с очистных сооружений. Все параметры сосредотачиваются в центральном пульте управления и выводятся в виде схем и таблиц на компьютер. Обслуживающий персонал может изменить параметры работы очистных сооружений прямо на данной схеме, не покидая центрального рабочего места.

Все параметры эксплуатации очистных сооружений в любой момент времени сохраняются в компьютере в виде диаграмм и таблиц и при необходимости могут быть распечатаны в виде протоколов. Используя эти данные, Вы можете проанализировать работу очистных сооружений в любое время суток.

Управление очистными сооружениями осуществляется автоматически при помощи системы SPS. Для обслуживания и контроля за состоянием очистных сооружений в дверь электрошкафа встроена сенсорная панель. На экране отображается весь технологический процесс, включая параметры работы очистных сооружений.

Внешний вид сенсорной панели представлен на рисунке 5.3.

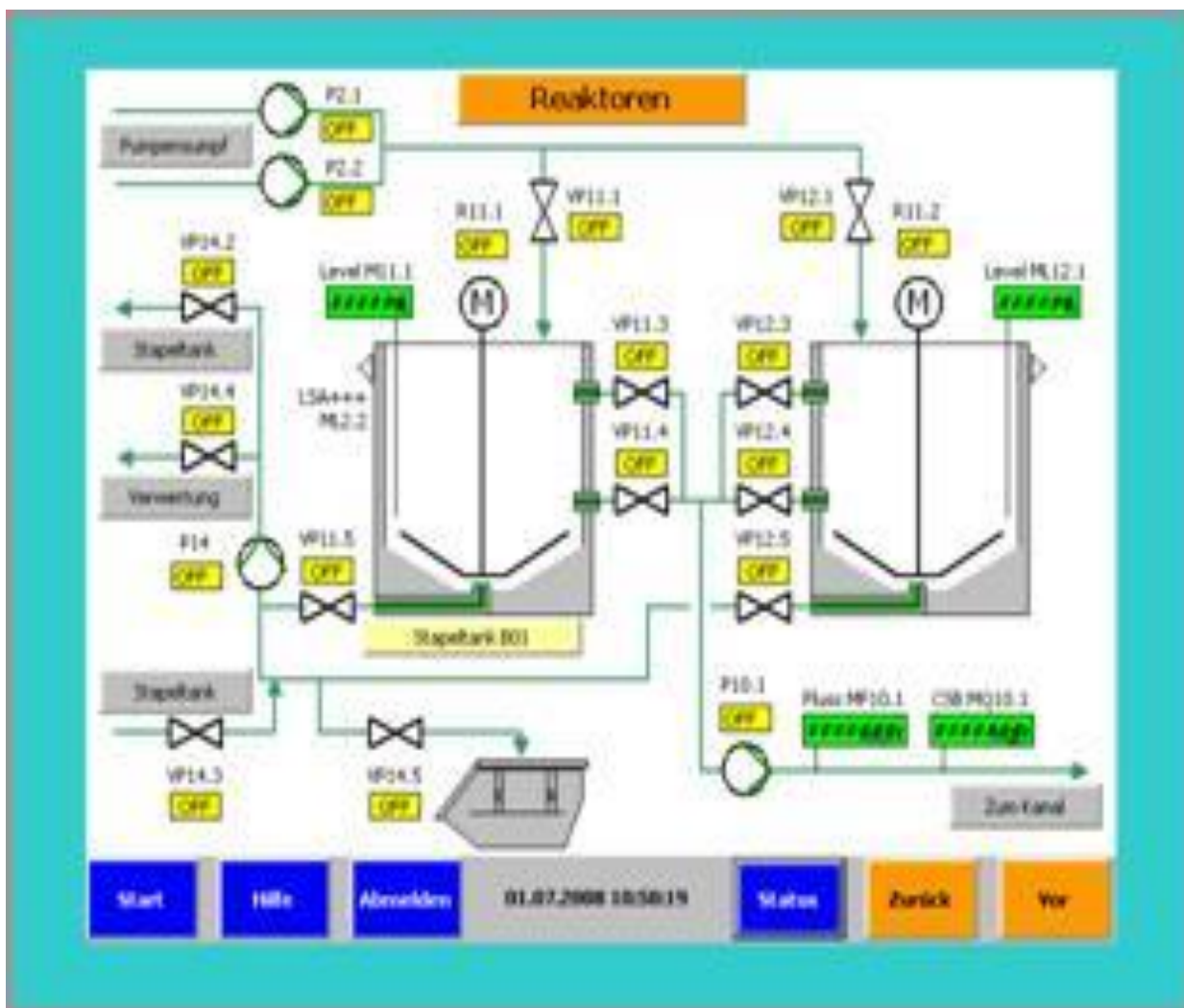


Рисунок 5.3. Внешний вид сенсорной панели управления очистными сооружениями.

Основные преимущества немецкого оборудования перед российским оборудованием:

1. Срок службы очистных сооружений 20 и более лет, т.к. основное оборудование и трубопроводы выполняются из нержавеющей стали, в отличие от российского оборудования, которое чаще всего выполнено из черной стали.

2. Обслуживающий персонал. Для эксплуатации очистных сооружений требуется, как правило, 1 оператор на неполный рабочий день за счет полной автоматизации процесса.

3. Реагенты и электроэнергия. Реагенты приготавливаются и дозируются в точном количестве в зависимости от качественных и количественных показателей воды, тем самым исключается перерасход реагентов, требуемых для очистки. На электродвигателях насосов установлены частотные преобразователи, что позволяет значительно экономить электроэнергию.

4. Компактность. Очистные сооружения имеют небольшую занимаемую площадь и по возможности используются существующие свободные площади у заказчика.

5. При подсчете расходов на дальнейшие периодические ремонты российского оборудования, заработной платы бригады операторов из 9 человек, перерасхода реагентов и электроэнергии выгодность покупки немецкого оборудования становится очевидным.



## Заключение

На гальваническом производстве был проведен предварительный аудит, как предпроектное обследование технического состояния очистных сооружений.

Учитывая вышеизложенное, можно сказать, что поиск новых, более эффективных подходов к решению проблемы очистки сточных вод гальванических производств является актуальным.

Оценка технического состояния существующих очистных сооружений проводилась для решения вопроса о необходимости их реконструкции.

При техническом обследовании были определены фактические значения показателей надежности, качества и энергетической эффективности очистных сооружений и сопоставлены с требованиями нормативов, получены исходные данные для проектирования реконструкции очистных сооружений, проведено определение экономической эффективности существующих технических решений в сравнении с лучшими отраслевыми аналогами и целесообразности проведения модернизации и внедрения новых технологий.

Было проведено камеральное (документальное) обследование на основании проектной, исполнительной и эксплуатационной документации. На основании данного обследования проведено определение основных технических характеристик и анализ технической возможности оборудования для обеспечения очистки сточных вод. Было проведено натурное, визуально-измерительное обследование, поиск утечек и дефектов трубопроводов, замер фактических характеристик и диагностика оборудования, с учетом их текущего состояния и условий их работы.

Рассмотрены результаты технико-экономической эффективности работы очистных сооружений, отражающей степень очистки сточных вод.

Результатом проведенной работы стал вывод о необходимости реконструкции очистных сооружений. Вывод о необходимости реконструкции очистных сооружений производится на основании соответствия применяемых технологических решений и целевых показателей работы технологии очистки сточных вод современным требованиям, а также сопоставлением с лучшими аналогами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство/ С.С. Виноградов; под ред. проф. В.Н.Кудрявцева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Глобус, 2002. - 352 с.
2. Тимонин А.С. Инженерно-экологический справочник/ А.С. Тимонин. - Калуга.: издательство Н.Бочкаревой, 2003. - Том 2. - 917 с.
3. Колесников В.А. Экология и ресурсосбережение в электрохимических производствах. Механические и физико-химические методы очистки промывных и сточных вод: Учеб. пособие/ В.А. Колесников, В.И. Ильин. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. - 220 с.
4. Родионов А.И. Защита биосферы от промышленных выбросов. Основы проектирования технологических процессов/ А.И. Родионов, Ю.П. Кузнецов, Г.С. Соловьев. - М.: Химия, КолосС, 2005. - 392 с.
5. Смирнов Д.Н. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов/ Д.Н. Смирнов, В.Е. Бенкин. - М.: Металлургия, 1980. - 195 с.
6. Колесников В.А. Экология и ресурсосбережение в электрохимических производствах. Электрофлотационная технология очистки сточных вод: Учеб.пособие/ В.А. Колесников, В.И. Ильин. - М.: ИЦ РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2003. - 104 с.
7. Савранская Т.М. Правила приема производственных сточных вод в московскую городскую канализацию/ Т.М. Савранская, Ю.Ф. Эль, Л.Н. Алексеева. - М.: Мосводоканал, 1992. - 19 с.
8. Кульский Л.А. Справочник по свойствам, методам и очистке воды: в 2-х частях/ Л. А. Кульский, И.Т. Горонский [и др.]. - Киев.: Наукова думка, 1980. - 1206 с.
9. Яковлев С.В. Очистка производственных сточных вод/ С. В. Яковлев. - М.: Строиздат, 1985. - 337 с.
10. Колесников В.А. Электрофлотационная технология очистки сточных вод промышленных предприятий/ В.А. Колесников, В.И. Ильин, Ю.И. Капустин [и др.]; под ред. В.А. Колесникова. - М.: Химия, 2007. - 304 с.
11. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологи: Учебное пособие для вузов/ К. Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. - 10-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1987. - 576 с.
12. Луценко М.М. Совершенствование технологии очистки стоков гальванических производств от ионов меди и никеля. - Санкт-Петербург, 2004. - 165 с.



13. Бейгельдруд Г.М. Технология очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов/ Г.М. Бейгельдруд. - М.: Строиздат, 1999. - 445 с.
14. Быкова Я.П. Задача оптимального проектирования системы очистки сточных вод гальванического производства/ Я.П. Быкова, Б.В. Ермоленко// Химическая технология. - 2009. - № 10. - с. 623-631.
15. Красногорская Н.Н. Физико-химическое сопоставление реагентных методов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов/ Н.Н. Красногорская, Е.Н. Сапожникова, А.Т. Набнев и др.// Успехи современного естествознания. - 2004. - № 2. - с.114-115.
16. Киселева Н.В. Реагентная очистка сточных вод гальванического производства от ионов тяжелых металлов/ Н.В. Киселева. - Казань, 1999. - 237 с.
17. Назаров М.В. Очистка прородных и сточных вод с применением электрохимических методов - Уфа, 2008. - 184 с.
18. Селицкий Г.А. Электрокоагуляционный метод очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов/ Г.А. Селицкий. Охрана окружающей среды: Обзор информ. // ЦНИИцветмет экономики и информации. - М, 1987. - вып. №2. - с. 24.
19. Лебедев К.Б. Иониты в цветной металлургии/ К.Б. Лебедев, Е.И. Казанцев, В.М. Розманов [и др.]. - М., 1975. - 352 с.
20. Методические указания по расчету эколого-экономических и технико-экономических показателей.
21. Отраслевое тарифное соглашение по организациям химической, нефтехимической, биотехнической и химико-фармацевтической промышленности РФ на 2007-2009 годы.
22. Министерство экономики РФ, письмо № МВ-6/6-17 «Разъяснение о применении единых норм амортизационных отчислений» от 6 января 2000 г.
23. Тарасова Н.П. Охрана окружающей среды в дипломных проектах и работах/ Н.П.Тарасова, Б.В. Ермоленко, В.А. Зайцев, С.В. Макаров. - М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2006. - 218 с.
24. Маринина Л.К. Учебно-методическое пособие по разделу "Охрана труда" в дипломных проектах и работах/ Л. К. Маринина, А. Я. Васин, Е. Б. Аносова. - М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2009. - 103 с.
25. СНиП 2.04.01-85 Внутренний водопровод и канализация зданий, введ.28.01.1991.
26. Сайты электронной сети Internet, поисковые системы Yandex, Google
27. <http://www.reactiv.ru/catalog/>
28. <http://www.tehlit.ru/>
29. <http://www.galvanicrus.ru/> Виноградов С.С. Экология гальванических производств
30. <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/599/> Анапольский В.Н. Современные технологии очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов

31. <http://www.eikos.ru/?menu=page&id=76>
32. <http://www.galvanicline.ru/show.php?page=297>
33. <http://www.ecologistica.ru/show.php?page=419>
34. <http://www.galvanicworld.com/orgpr/>
35. Куценко С.А., Хрулева Ж.В. Способ очистки кислых сточных вод от цинка /Патент РФ № 2294316 от 27.02.2007, Бюл. № 6.
36. Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д. Методы очистки производственных сточных вод. - М. Химия, 1996. 345 с.
37. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2003.
38. [http://window.edu.ru/window\\_catalog/files/r45837/mech\\_ref.pdf](http://window.edu.ru/window_catalog/files/r45837/mech_ref.pdf)
39. Когановский А.М. , Клименко А.Н. , Левченко Т.М. , Рода И.Г. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. – М: Химия, 2005. – 288 с., ил.
40. Научно-практический журнал “Экология производства”.  
<http://www.ecoindustry.ru/>
41. Гудков А.Г. Биологическая очистка сточных вод: Учебное пособие.- Вологда: ВоГТУ, 2002.