

9. Сорокин С. Г. Искусственный интеллект в управлении чрезвычайными ситуациями. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2020. – 280 с.

10. Александров И. П. Цифровизация в сфере гражданской обороны и защиты населения от чрезвычайных ситуаций. – М.: НИИ ГОЧС, 2023. – 320 с.

УДК 621.355.5

## **ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Пономаренко В.С., студент**

*Научный руководитель Хрипович А.А.*

*Белорусский национальный технический университет, Беларусь*

*В данной статье рассмотрены современные способы очистки сточных вод гальванического производства от загрязнения тяжёлыми металлами: сорбционные методы, коагуляционно-флотационные, электрохимические, мембранные. Описаны их преимущества и недостатки.*

*Ключевые слова: гальванические стоки; методы очистки.*

Гальваника – это процесс нанесения на поверхность изделия металлического покрытия с целью обретения необходимых качеств. Гальваническое покрытие может наноситься с помощью таких методов как оцинкование, никелирование и оксидирование. Операции гальванического производства приводят к образованию больших объемов промышленных стоков, в составе которых присутствуют ионы тяжелых металлов. Эти металлы, в свою очередь, являются одними из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Опасность тяжелых металлов заключается в их способности к биоаккумуляции в живых организмах. Ионы тяжелых металлов негативно влияют на многие органы и функции человеческого организма. Тяжелые металлы могут вызывать различные заболевания, такие как болезнь Альцгеймера и болезнь Паркинсона, они также повышают риск развития онкологических заболеваний, оказывают пагубное воздействие на репродуктивную функцию и могут приводить к генетическим изменениям. Находясь в водных экосистемах, тяжелые металлы накапливаются в водной флоре и фауне, а затем, по пищевой цепи попадают в организмы людей и представляют долгосрочную опасность для здоровья населения.

Трудность удаления ионов тяжелых металлов из организма обусловлена их способностью формировать устойчивые комплексы с белками и другими компонентами клеточных структур, что значительно затрудняет их выведение. Этот факт подчеркивает необходимость применения высокоэффективных методов очистки сточных вод, загрязненных данными веществами.

Технологический процесс гальванической обработки поверхности включает в себя несколько ключевых стадий:

1) Промывка (осуществляется для удаления остатков химических реагентов с поверхности деталей после каждой стадии обработки);

2) Травление (представляет собой обработку поверхности деталей растворами кислот или щелочей, к примеру, серной, азотной или хлористоводородной кислотой, с целью удаления оксидных пленок и загрязнений);

3) Нанесение покрытия (электролитическое осаждение металлического слоя).

Производства, использующие гальванические процессы, характеризуются высоким потреблением водных ресурсов. Вследствие этого, образуются существенные объемы сточных вод с высоким содержанием взвешенных веществ, ионов хрома, ионов железа, ионов меди, ионов цинка, ионов хлоридов, азота аммонийного, фосфатов и сульфатов. Также к водам добавляют травильные растворы, которые загрязняют поверхностные и подземные воды в регионе расположения предприятия. В связи с этим, разработка и применение современных технологий очистки сточных вод, образующихся в гальванических производствах, является актуальной и социально значимой задачей.

Очистка сточных вод, образующихся в гальванических процессах, представляет собой непростую задачу из-за того, что загрязняющие вещества находятся в воде в различных состояниях. К сожалению, универсального метода, способного гарантировать абсолютно полную и достаточную очистку этих стоков, на сегодняшний день не существует.

В перечне методов, используемых для очистки сточных вод гальванического производства, можно выделить следующие основные методы: сорбционные, коагуляционно-флотационные, электрохимические, реагентные и мембранные. Каждый из них имеет свои преимущества и недостатки, а выбор оптимального варианта зависит от конкретных характеристик стоков и требований к качеству очищенной воды.

Сорбционные методы очистки основаны на принципе поглощения загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах, твердыми материалами - сорбентами. В процессе сорбции происходит "прилипание" загрязнителей к поверхности сорбента, что позволяет извлечь их из воды." Скорость очистки стоков сорбционным методом зависит от нескольких факторов:

- 1) температуры жидкости;
- 2) структуры используемого сорбента;
- 3) концентрации и типа посторонних примесей в воде.

В качестве сырья для сорбционного извлечения ионов тяжелых металлов из водных растворов применяется широкий спектр материалов, имеющих природное, в основном растительное, происхождение. Перечень используемых

сорбентов включает в себя: шишки, опилки, листву, семена, плоды и стебли разнообразных растений. Кроме того, в качестве сорбционных материалов находят применение кора деревьев, жмыхи, ореховая скорлупа, шелуха различных культур, кожура фруктов, солома, травянистые и водные растения, а также торф. Также сорбентами являются материалы биологического происхождения, такие как ил, морские водоросли, биомасса бактерий, дрожжей и грибов. Использование подобных биоматериалов, помимо очевидной экологической выгоды, обусловлено их доступностью и относительной дешевизной. Для улучшения сорбционных свойств вторичное сырье подвергают обработке.

Основными преимуществами сорбционной очистки воды являются:

- 1) простая конструкция фильтров, надежность, долговечность;
- 2) простая замена используемых сорбентов;
- 3) возможность использования различных веществ для очистки воды;
- 4) высокая эффективность фильтрации.

Основными недостатками сорбционной очистки воды являются:

- 1) оборудование для очистки занимает большое количество свободного пространства;
- 2) перед сорбционной очисткой жидкость должна быть очищена от крупных механических примесей.

Суть коагуляции заключается в слипании мелких частиц, находящихся в коллоидном состоянии, при их взаимодействии в процессе хаотичного теплового движения, механического перемешивания или под воздействием внешних сил. Иными словами, происходит укрупнение частиц, что облегчает их дальнейшее удаление из воды. В качестве коагулянтов наиболее часто используют соли алюминия и железа, такие как сульфат алюминия, оксихлорид алюминия, гидроксохлорид алюминия, хлорид железа, дигидросульфат алюминия, коагулянты на основе титана и другие.

Флотация представляет собой многоступенчатый физико-химический процесс, основанный на формировании комплексов "частица-пузырек газа", их всплывании на поверхность и последующем удалении образовавшегося пенного слоя. Современные разработки предлагают широкий выбор различных флотореагентов. В частности, в качестве флотореагентов могут использоваться спирты, жирные кислоты и фенолы, способствующие образованию устойчивых комплексов "частица-пузырек" и эффективному извлечению загрязнений.

Основными преимуществами коагуляционно-флотационных методов очистки сточных вод являются: высокая эффективность и широкий спектр применения. Они используются для очистки сточных вод различных типов: промышленных, коммунальных, а также вод с высокой концентрацией загрязняющих веществ;

- 1) простота эксплуатации;

Основными недостатками коагуляционно-флотационных методов очистки сточных вод являются:

- 1) высокие затраты на реагенты;
- 2) отходы и необходимость утилизации;
- 3) необходимость в предварительной подготовке воды;

Электрохимический метод очистки сточных вод от тяжелых металлов является одним из эффективных способов удаления загрязняющих веществ. Этот метод основан на использовании электрохимических реакций для осаждения, восстановления или удаления ионов тяжелых металлов из растворов. Электрохимические установки воздействуют на воду в двойном электрическом слое двух электродов – катода и анода.

Основными достоинствами электрохимических методов очистки сточных вод от тяжелых металлов являются:

- 1) эффективность;
- 2) несложное обслуживание;
- 3) отсутствие токсичных, опасных реагентов.
- 4) компактные установки.

Недостатком при использовании электрохимических методов очистки сточных вод является, их энергоемкость. Значительное потребление электроэнергии делает процесс более затратным.

В качестве альтернативного подхода к решению проблемы очистки сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, выступает мембранный метод. Суть этого метода заключается в использовании специальных полупроницаемых мембран, которые позволяют эффективно отделять загрязняющие вещества от воды. Благодаря своей высокой производительности и способности задерживать большое количество загрязнителей, включая опасные тяжелые металлы, мембранный метод все чаще применяется в современных системах водоподготовки и очистки промышленных стоков.

Мембраны представляют собой барьеры, которые пропускают молекулы воды и некоторые другие вещества, но задерживают более крупные частицы, такие как ионы тяжелых металлов. Процесс очистки осуществляется под давлением, при котором сточные воды проходят через мембрану. Преимуществами мембранного метода являются высокая эффективность; компактность; гибкость. Недостатками мембранного метода являются засорение мембран; высокие капитальные затраты; энергетические затраты; утилизация концентрата.

Каждый из современных способов очистки сточных вод гальванического производства имеет свои преимущества и недостатки. Выбор подходящего метода зависит от конкретных условий, таких как состав сточных вод, требования к качеству очищенной воды, экономические факторы и доступные технологии. Комбинирование различных методов может привести к более

эффективным результатам, обеспечивая максимальную очистку и минимизируя негативное воздействие на окружающую среду.

УДК 621.355.5

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СОРБЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗА И ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

**Поплавская О.Е., бакалавр**

*Научный руководитель Габдрахманова Г.Н.*

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, Казань*

*В статье исследованы цеолиты и активированный уголь из рисовой шелухи для очистки сточных вод от тяжелых металлов ( $Cd^{2+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Ni^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ). Показана высокая эффективность цеолитов как молекулярного "сит" и преимущества угля из шелухи. Разработана трехслойная фильтрационная система. Метод экономичен, экологичен и допускает регенерацию сорбентов.*

*Ключевые слова: адсорбция, сточные воды, тяжелые металлы, цеолиты, природные сорбенты, модифицированные материалы*

В статье [1] был протестирован природный цеолит как эффективный адсорбент для удаления ионов  $Cd^{+2}$ ,  $Fe^{+3}$  и  $Ni^{+2}$  из водных растворов и сточных вод. Также была определена максимальная адсорбционная емкость природного цеолита, который используется для удаления исследуемых ионов металлов посредством равновесных реакций. Во всех экспериментах использовались реагенты аналитического класса:  $Cd(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ ,  $FeCl_3 \cdot 6H_2O$  и  $Ni(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ . Химический состав природных (клиноптилолитовых) цеолитов представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Химический состав природных (клиноптилолитовых) цеолитов.

| Cations (Катионы), % | Major elements (oxides), (Основные элементы (оксиды)), % | Other elements, (другие элементы) |
|----------------------|--|-----------------------------------|
| $K_2O$ , % – 3.266   | $SiO_2$ – 62.22  | Cl – 0.025                        |
| $CaO$ , % – 3.583    | $Al_2O_3$ – 11.096                                       | BaO – 0.085                       |
| $Na_2O$ , % – 0.780  | $Na_2O$ – 0.78   | $P_2O_5$ – 0.033                  |
|                      | $MgO$ – 0.599  | $ZnO$ – 0.025                     |
|                      | $CaO$ – 3.583  | $SrO$ – 0.047                     |
|                      | $Fe_2O_3$ – 4.033  | $PbO$ – 0.002                     |
|                      | $K_2O$ – 3.266   | $MnO$ – 0.120                     |
|                      | $TiO_2$ – 0.339  | $SO_3$ – 0.035                    |
|                      | $ZrO_2$ – 0.112  |                                   |