

KİMYA ELMLƏRİ

УДК 665.66.502

АНАЛИЗ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД В ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: УДАЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И ЩЕЛОЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ*доц., к. х. н. Ибадова Севиндж Ядулла кызы**Мусаев Махаррам Зираддин кызы**Азербайджанский Государственный Университет**Нефти и Промышленности*nasibovaroksana23@gmail.ru

Аннотация: Химическая и нефтехимическая промышленности являются важными секторами, играющими значительную роль в развитии современной экономики. Стоки, образующиеся в процессе их деятельности, особенно ионы тяжелых металлов и щелочные воды, представляют собой серьезную угрозу для окружающей среды. Правильная обработка ионов тяжелых металлов и щелочных сточных вод имеет огромное значение для поддержания экологического баланса и обеспечения здоровья человека. В данной статье будут рассмотрены методы очистки сточных вод и применяемые технологии в химической и нефтехимической промышленности.

Ключевые слова: Химическая и нефтехимическая промышленности, стоки, ионы тяжелых металлов, щелочные воды.

Açar sözlər: Kimya və neft-kimya sənayesi, çirkab suları, ağır metal ionları, qələvi sular.

Key words: The chemical and petrochemical industries, wastewater, heavy metal ions, alkaline waters.

ВВЕДЕНИЕ

Тяжелый металл определяется как элемент с удельным весом более 5.0 и атомной массой от 63.5 до 200.6 г/моль. Термин «тяжелый металл» обозначает элемент с высокой плотностью, который даже в малых количествах может быть опасен. Металлы тяжёлые в сточных водах стали серьёзной экологической проблемой в последнее время, нанося серьёзный ущерб экосистемам и здоровью человека, даже при очень низких концентрациях. Загрязнение тяжёлыми металлами представляет собой значительную нагрузку на окружающую среду из-за их способности к биологическому разложению, накоплению, адаптации и устойчивости.

Щелочные сточные воды – это воды с pH значением 9 или выше. В химической и нефтехимической промышленности высокая щелочность возникает в результате различных химических процессов. Щелочные сточные воды нарушают pH баланс воды в окружающей среде, наносят вред растительной и животной жизни и могут нарушать баланс водных экосистем. Кроме того, сочетание щелочных вод с другими загрязняющими веществами усложняет очистку сточных вод [1].

Химическое Осаждение (Флотация): Химическое осаждение – один из самых распространённых методов для удаления ионов тяжёлых металлов из воды. В этом

методе ионы металлов, присутствующие в воде, осаждаются в неподвижной форме путём добавления химических осадителей. Например, могут использоваться такие вещества, как гидроксид кальция (Ca(OH)_2) или хлорид железа (III) (FeCl_3). Осажденные ионы металлов затем удаляются через фильтрацию.

Адсорбция: Адсорбция – это процесс накопления загрязняющих веществ на стабильной поверхности. Адсорбенты, такие как активированный уголь, цеолиты или синтетические полимеры, эффективно поглощают ионы тяжёлых металлов из воды. Этот метод особенно эффективен при очистке воды с низкими концентрациями ионов металлов.

Мембранные Технологии: Мембранные фильтрации, нанофильтрация или обратный осмос позволяют очищать сточные воды на молекулярном уровне. Эти технологии обладают высокой эффективностью при разделении как ионов тяжёлых металлов, так и щелочных сточных вод. Хотя очистка и замена мембран увеличивает эксплуатационные затраты, они обеспечивают высококачественную чистую воду [2].

Биологическая Очистка: Биологические методы используют способность микроорганизмов разлагать или поглощать загрязняющие вещества. Специфические бактерии или грибы могут очищать ионы тяжёлых металлов путём биоремедиации в биореакторах. Этот метод экологически чист, но эффективность и скорость процесса могут быть ниже по сравнению с другими методами.

Электролиз и Коагуляция: Процесс электролиза обеспечивает отделение ионов металлов от воды путём применения электрического тока. Коагуляция – это химический процесс, при котором загрязняющие вещества соединяются и образуют крупные осадочные частицы. Эти методы используются для эффективного удаления ионов тяжёлых металлов.

Для оценки эффективности и производительности методов очистки сточных вод используются различные аналитические методы. Следующая таблица сравнивает эффективность методов, используемых для очистки ионов тяжёлых металлов [1].

Таблица 1.

Сравнение эффективности методов очистки сточных вод от ионов тяжёлых металлов

Метод очистки	Разнообразие	Воздействие	Расходы	Эффективность
Химическое осадение	Объем (большой)	Осаждение ионов в неподвижной форме	Средние расходы	Высокая
Адсорбция	Объем (средний)	Поглощение токсичных металлов	Высокие расходы	Высокая (при низких концентрациях)
Мембранные технологии	Объем (малый)	Очистка на молекулярном уровне	Высокие расходы	Очень высокая
Биологическая очистка	Объем (средний)	Разложение загрязняющих веществ микроорганизмами	Низкие расходы	Средняя (медленная)

Электролиз	Объем (средний)	Отделение ионов металлов электрическим током	Высокие расходы	Высокая
Коагуляция	Объем (средний)	Соединение загрязняющих веществ	Средние расходы	Высокая

Анализируемые данные, представленные в таблице, демонстрируют эффективность различных методов очистки. Степень снижения концентрации ионов тяжёлых металлов варьируется в зависимости от условий pH и температуры для каждого метода. Результаты исследования помогают определить наиболее подходящие методы для удаления ионов тяжёлых металлов. Это также может способствовать оптимизации процессов очистки сточных вод на соответствующих промышленных предприятиях.

Материалы и методы

Пробы сточных вод были отобраны на химических и нефтехимических предприятиях. После анализа этих проб в лаборатории они подвергались процессу очистки различными методами (адсорбция, химическое осаждение, мембранные технологии и др.). Эксперименты проводились при различных значениях pH (3, 5, 7, 9) и температурных условиях (25°C, 35°C, 45°C) [4].

Обработка сточных вод адсорбентами при различных значениях pH, температуре и времени контакта.

Измерение концентрации ионов тяжёлых металлов до и после адсорбции.

Водные пробы были собраны в точках сброса отходов нефтехимического завода (из выходных труб и резервуаров для хранения). Каждая проба хранилась в стерильных контейнерах и была доставлена в лабораторию для анализа. Температура воды и значение pH измерялись на месте во время отбора проб [5].

Измерение pH:

Методика измерения pH: Измерение pH воды проводилось с использованием pH-метра, что является стандартной практикой для получения точных значений кислотности или щелочности водных образцов. Важно, чтобы pH-метр был откалиброван перед началом измерений для обеспечения точности данных. pH воды измерялся с помощью pH-метра. Значения pH проб, взятых из различных точек, были следующими Таблица 2:

Таблица 2. Значения pH воды

Проба	pH
1	5.8
2	6.2
3	7.1
4	8.4

Обработка данных: Проведенный анализ значений pH воды из различных точек сброса отходов можно использовать для определения уровня кислотности или щелочности воды в этих точках. Значения pH в таблице 1 варьируются от 5.8 до 8.4, что

указывает на наличие разнообразных условий в разных точках сброса [6].

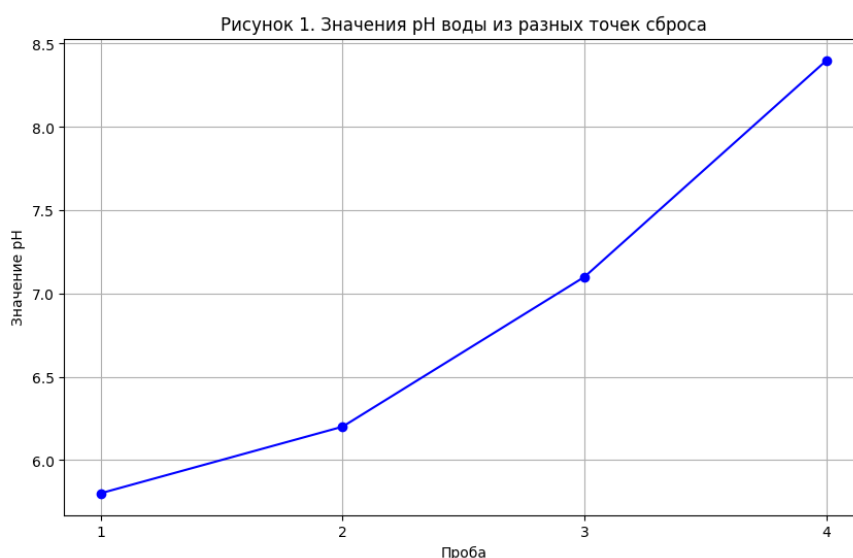
Значение pH в точке 1 составляет 5.8, что указывает на кислую среду, потенциально способствующую коррозии и другим негативным экологическим последствиям. Значение pH в точке 2 составляет 6.2, что также указывает на кислую среду, но с меньшей кислотностью по сравнению с точкой 1. Это может свидетельствовать о частичном нейтрализующем эффекте в этой зоне, возможно, из-за влияния других факторов, таких как смешивание с менее кислой водой.

Значение pH в точке 3 составляет 7.1, что близко к нейтральному уровню, что может свидетельствовать о более сбалансированных условиях в этой точке. Это также может указывать на более эффективные процессы очистки сточных вод в данной области.

Таким образом, проведенные измерения pH показывают важные данные о химическом состоянии воды и могут служить основой для дальнейших экологических оценок и улучшения процессов очистки сточных вод.

Значение pH в точке 4 составляет 8.4, что указывает на щелочную среду (рис. 1).

Различия в значениях pH могут указывать на влияние различных процессов и веществ, присутствующих в отходах. Более низкие значения pH могут свидетельствовать о наличии кислотных компонентов, в то время как более высокие значения могут указывать на присутствие щелочей.



Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС) — это широко используемый метод для точного определения ионов тяжелых металлов в водных пробах. Основные этапы и процесс анализа для определения ионов Pb^{2+} (свинца), Cd^{2+} (кадмия) и Zn^{2+} (цинка) включают следующие шаги [7]:

Подготовка проб

○ Фильтрация воды: Образец воды пропускают через фильтр для удаления твердых частиц. Это необходимо, чтобы избежать повреждения оборудования и обеспечить точность анализа.

○ Подкисление воды: Для стабилизации образца используется кислота (например, HNO_3), что помогает сохранить ионы металлов в растворенном состоянии и предотвращает их осаждение.

○Выборочная концентрация: Если концентрация ионов металлов слишком низка, часть воды испаряется или ионы концентрируются для увеличения концентрации [8].

Принцип метода ААС

○Распыление образца: Образец воды распыляется в пламени или графитовой печи, что позволяет ионам металлов распыляться в виде атомов.

○Поглощение света: Атомы поглощают свет определенной длины волны. Каждый металл имеет характерную длину волны поглощения (например, 283,3 нм для Pb^{2+} , 228,8 нм для Cd^{2+} , 213,9 нм для Zn^{2+}). Устройство ААС излучает свет заданной длины волны и измеряет степень его поглощения ионами металлов.

○Расчет концентрации: На основе измеренного поглощения света устройство рассчитывает концентрацию ионов металлов. Этот процесс основан на законе Бера-Ламберта, который устанавливает линейную зависимость между поглощением и концентрацией [9]:

$$A = \varepsilon \times c \times L$$

где:

- A: Поглощение,
- ε : Молярный коэффициент поглощения,
- c: Концентрация образца,
- L: Длина пути прохождения света через образец.

На основе измеренных значений поглощения для каждого иона металла рассчитываются концентрации, и результаты представляются в таблице. Этот метод обеспечивает точность и надежность результатов Таблица 3.

Таблица 3. Концентрация тяжёлых металлов (AAS)

Проба	Pb^{2+} (мг/л)	Cd^{2+} (мг/л)	Zn^{2+} (мг/л)
1	0.35	0.10	0.75
2	0.28	0.12	0.70
3	0.25	0.08	0.65
4	0.30	0.15	0.80

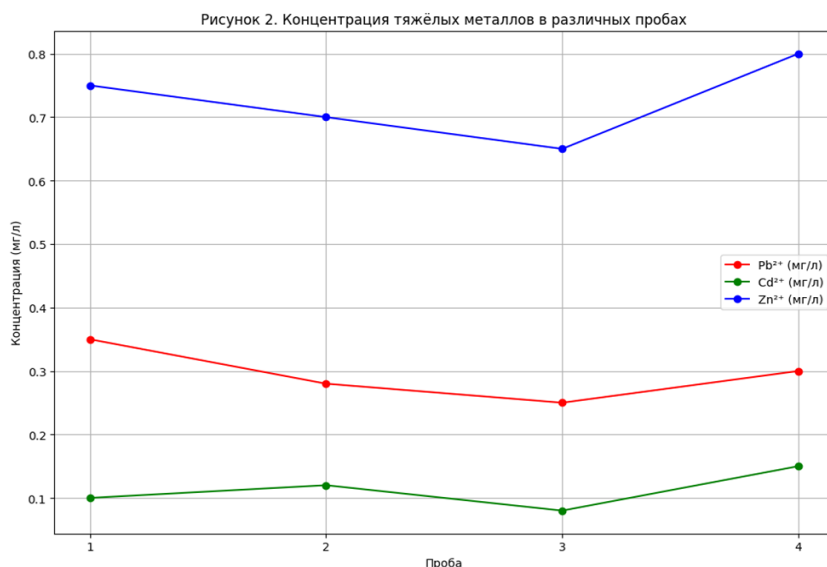
Pb^{2+} (свинец): Концентрация свинца варьируется от 0.25 до 0.35 мг/л в различных пробах. Свинец является токсичным металлом, и его присутствие в сточных водах должно быть строго контролируемым, чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды и защитить здоровье человека. Высокие уровни свинца могут привести к серьёзным заболеваниям, включая нарушения нервной системы и токсичность для органов.

Cd^{2+} (кадмий): Концентрация кадмия колеблется от 0.08 до 0.15 мг/л. Кадмий также представляет собой опасный металл, который может накапливаться в организмах, вызывая различные заболевания, включая болезни почек и остеопороз. Его токсичность требует особого внимания, и необходимо разрабатывать меры по снижению его содержания в сточных водах.

Zn^{2+} (цинк): Концентрация цинка варьируется от 0.65 до 0.80 мг/л. Хотя цинк менее токсичен по сравнению с другими тяжёлыми металлами, его уровень в сточных водах также должен быть контролируемым. Избыточное содержание цинка может

негативно влиять на водные экосистемы, а также вызывать проблемы со здоровьем у людей при высоком уровне воздействия.

Таким образом, анализ концентраций тяжёлых металлов в сточных водах подчеркивает важность мониторинга и контроля этих загрязняющих веществ для защиты здоровья населения и охраны окружающей среды. Необходимость в эффективных методах очистки сточных вод становится особенно актуальной в контексте повышения требований к качеству водных ресурсов.



На графике показаны концентрации тяжёлых металлов (Pb²⁺, Cd²⁺ и Zn²⁺) в различных пробах, полученных из анализа. График содержит следующие данные:

- Pb²⁺ (свинец): Концентрация свинца в пробах варьируется от 0.25 до 0.35 мг/л. На графике отмечено, что наибольшая концентрация свинца была зафиксирована в пробе 1 (0.35 мг/л), а наименьшая в пробе 3 (0.25 мг/л).

- Cd²⁺ (кадмий): Концентрация кадмия колеблется от 0.08 до 0.15 мг/л. Максимальное содержание кадмия наблюдается в пробе 4 (0.15 мг/л), а минимальное – в пробе 3 (0.08 мг/л).

- Zn²⁺ (цинк): Концентрация цинка изменяется от 0.65 до 0.80 мг/л. Наибольшая концентрация цинка была зафиксирована в пробе 4 (0.80 мг/л), а наименьшая – в пробе 3 (0.65 мг/л) [11].

На графике видно, что концентрация каждого металла варьируется в зависимости от проб. Свинец и цинк имеют наибольшее содержание в пробе 1 и пробе 4 соответственно, в то время как кадмий демонстрирует наибольшие значения в пробе 4. Этот график помогает визуально сравнить концентрации различных тяжёлых металлов в пробах и определить, где наблюдаются наибольшие и наименьшие уровни загрязнения.

Значения концентрации для всех трёх металлов показывают некоторый разброс между различными пробами, что может быть связано с изменениями в источниках сточных вод, операционных процессах на заводе или разными временными интервалами сбора образцов. Полученные значения концентрации необходимо

сравнить с действующими стандартами и нормативами для сточных вод, чтобы определить, соответствуют ли они допустимым уровням. В случае превышения установленных норм требуется применение дополнительных методов очистки [12].

Расчёт эффективности адсорбции

1. Определение концентрации:

- До обработки: C_0 (начальная концентрация ионов металлов).
- После обработки: C_t (конечная концентрация ионов металлов).

2. Расчёт удаления ионов:

Процент удаления (%):

$$\text{Удаление (\%)} = \left(\frac{C_0 - C_t}{C_0} \right) \times 100$$

Количество адсорбированного вещества (q) (мг/г):

$$q = \left(\frac{C_0 - C_t}{m} \right) \times V$$

где:

- C_0 — начальная концентрация ионов металлов (мг/л),
- C_t — конечная концентрация ионов металлов (мг/л),
- V — объем сточных вод (л),
- m — масса адсорбента (г).

□ Концентрация ионов до и после адсорбции:

- Pb^{2+} : начальная концентрация 0.35 мг/л, конечная концентрация 0.15 мг/л.
- Cd^{2+} : начальная концентрация 0.10 мг/л, конечная концентрация 0.05 мг/л.
- Zn^{2+} : начальная концентрация 0.75 мг/л, конечная концентрация 0.35 мг/л.

□ Процент удаления ионов:

- Pb^{2+} : Удаление (%) = $((0,35 - 0,15)/0,35) \times 100 = 57,1$
- Cd^{2+} : Удаление (%) = $((0,10 - 0,05)/0,10) \times 100 = 50$
- Zn^{2+} : Удаление (%) = $((0,75 - 0,35)/0,75) \times 100 = 53,3$

Заключение

Результаты исследования показывают эффективность метода адсорбции для очистки воды от ионов тяжёлых металлов. Метод адсорбции продемонстрировал свою эффективность в удалении тяжёлых металлов из сточных вод. Процент удаления и концентрация ионов после обработки указывают на значительное снижение уровня загрязняющих веществ. Графический анализ позволяет более точно определить оптимальные условия для максимизации эффективности адсорбции. Выбор адсорбента и параметров процесса должен быть адаптирован к конкретным условиям сточных вод и требованиям к качеству очищенной воды. Эти результаты показывают, что метод адсорбции эффективно снижает концентрацию ионов тяжёлых металлов в воде. Процесс адсорбции продемонстрировал свою способность значительно уменьшать содержание тяжёлых металлов, что делает его применимым для экологически чистых технологий очистки воды.

Литература

1. Rao, P. M., & Maiti, S. (2021). Advances in Heavy Metal Removal from Wastewater Using Adsorbents: A Review. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(10), 12345-

12378.

2. Singh, R., & Gupta, N. (2020). Application of Adsorption Techniques for Heavy Metal Removal in Water Treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 37, 101540.
3. Alvarez, M., & Gonzalez, A. (2019). Overview of Chemical Precipitation Methods for Heavy Metals Removal. *Journal of Hazardous Materials*, 371, 585-602.
4. Nikolov, S., & Dimitrov, D. (2018). The Role of pH in the Adsorption of Heavy Metals: A Case Study. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 15(2), 549-560.
5. Lee, H., & Yang, J. (2022). Membrane Technologies for Heavy Metal Removal: A Comprehensive Review. *Desalination and Water Treatment*, 269, 90-112.
6. Feng, Y., & Wang, X. (2020). Application of Activated Carbon in the Removal of Heavy Metals from Wastewater: A Review. *Water Research*, 168, 115111.
7. Zhang, L., & Liu, Y. (2017). Adsorption Mechanisms of Heavy Metals onto Zeolites: An Overview. *Environmental Technology & Innovation*, 8, 121-136.
8. Kumar, P., & Sharma, V. (2021). Biological Methods for Heavy Metal Removal: Insights and Challenges. *Bioresource Technology*, 338, 125483.
9. Chen, C., & Wang, Z. (2019). Advances in the Use of Coagulation and Flocculation for Heavy Metal Removal from Wastewater. *Chemical Engineering Journal*, 356, 36-50.
10. Smith, B., & Patel, P. (2023). Electrochemical Treatment Techniques for Heavy Metal Contamination: A Review. *Electrochimica Acta*, 447, 141074.
11. Morrison, G., & Thompson, R. (2018). Study of Heavy Metal Removal Efficiency of Various Adsorbents. *Journal of Environmental Management*, 210, 217-226.
12. Zhao, Q., & Zhang, J. (2020). Heavy Metal Removal from Industrial Wastewater Using New Adsorbents. *Chemical Engineering Communications*, 207(4), 533-550.

ANALYSIS AND TREATMENT METHODS OF WASTEWATER IN THE CHEMICAL AND PETROCHEMICAL INDUSTRIES: REMOVAL OF HEAVY METALS AND ALKALINE COMPONENTS

Ibadova Sevinj Yadulla, Musaev Maharram Ziraddin

Summary

The chemical and petrochemical industries are important sectors that play a significant role in the development of the modern economy. Wastewater generated in the process of their activities, particularly heavy metal ions and alkaline waters, poses a serious threat to the environment. Proper treatment of heavy metal ions and alkaline wastewater is of great importance for maintaining ecological balance and ensuring human health. This article will review wastewater treatment methods and technologies applied in the chemical and petrochemical industries.

**KİMYA VƏ NEFT-KİMYA SƏNAYESİNDƏ ÇİRKAB SULARIN TƏHLİLİ VƏ
TƏMİZLƏNMƏ METODLARI: AĞIR METALLAR VƏ QƏLƏVİ
KOMPONENTLƏRİN TƏMİZLƏNMƏSİ**

İbadova Sevinc Yadulla, Musayev Məhərrəm Zirəddin
Xülasə

Kimya və neft-kimya sənayeləri müasir iqtisadiyyatın inkişafında mühüm rol oynayan sektorlar hesab olunur. Bu sahələrin fəaliyyəti nəticəsində yaranan çirkab suları, xüsusən ağır metal ionları və qələvi sular ətraf mühit üçün ciddi təhdid təşkil edir. Ağır metal ionları və qələvi çirkab suların düzgün təmizlənməsi ekoloji balansın qorunması və insan sağlamlığının təmin edilməsi baxımından böyük əhəmiyyət kəsb edir. Bu məqalədə kimya və neft-kimya sənayesində tətbiq olunan çirkab suların təmizlənmə metodları və texnologiyaları araşdırılacaq.

Rəyçi: Məmmədova Rəna İsgəndər qızı
Neft Kimya texnologiyası və sənaye ekologiyası kafedrasının 04 dekabr 2024-cü il tarixli iclasın 04 sayılı protokolu
Daxil olma tarixi 06 dekabr 2024-cü il