

## ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И АНАЛИЗ ОСАДОЧНЫХ ПОРОД

**Ниёзов Эркин Дилмуродович**

канд. техн. наук, проф.,  
Бухарский государственный университет,  
Узбекистан, г. Бухара

**Норов Илгор Илхомович**

независимый исследователь,  
Бухарский государственный университет,  
Узбекистан, г. Бухара  
E-mail: [i.i.norov@buxdu.uz](mailto:i.i.norov@buxdu.uz)

**Султонова Ситора Фахриддиновна**

аспирант,  
Бухарский государственный университет,  
Узбекистан, г. Бухара

**Халимова Нилуфар Хамза кизи**

магистрант,  
Бухарский государственный университет,  
Узбекистан, г. Бухара

## TEXTILE INDUSTRY WASTEWATER TREATMENT AND SEDIMENT ANALYSIS

**Erkin Niyozov**

Candidate of Technical Sciences, Professor  
Bukhara State University,  
Uzbekistan, Bukhara

**Ilgor Norov**

Independent researcher,  
Bukhara State University,  
Uzbekistan, Bukhara

**Sitora Sultonova**

Graduate student,  
Bukhara State University,  
Uzbekistan, Bukhara

**Nilufar Khalimova**

Master's student,  
Bukhara State University,  
Uzbekistan, Bukhara

### АННОТАЦИЯ

Современные методы очистки сточных вод текстильной промышленности играют важную роль в улучшении качества воды и эффективности производства. В статье представлено исследование эффективности различных методов очистки сточных вод текстильной промышленности и анализ образующихся осадочных пород. Изучены основные физико-химические методы очистки, включая коагуляцию, флокуляцию, адсорбцию и биологическое окисление. Проведен анализ состава и свойств осадков с использованием методов рентгенофлуоресцентного (XRF) анализа. Определены закономерности формирования осадков в зависимости от применяемых методов очистки и исходного состава сточных вод. Исследована эффективность удаления красителей, взвешенных веществ и снижения химического потребления кислорода для каждого метода очистки. Полученные результаты позволяют оценить эффективность существующих методов очистки сточных вод текстильной промышленности и их влияние на характеристики образующихся осадков.

## ABSTRACT

Modern methods of textile industry wastewater treatment play an important role in improving water quality and production efficiency. The article presents a study of the effectiveness of various textile industry wastewater treatment methods and analysis of the resulting sedimentary deposits. The main physicochemical treatment methods were studied, including coagulation, flocculation, adsorption, and biological oxidation. The composition and properties of sediments were analyzed using X-ray fluorescence (XRF) analysis. The patterns of sediment formation were determined depending on the applied treatment methods and the initial composition of wastewater. The efficiency of dye removal, suspended solids removal, and reduction of chemical oxygen demand was studied for each treatment method. The obtained results allow evaluating the effectiveness of existing textile industry wastewater treatment methods and their impact on the characteristics of the resulting sediments.

**Ключевые слова:** очистка сточных вод, текстильная промышленность, осадочные породы, коагуляция, флокуляция, анализ осадков

**Keywords:** wastewater treatment, textile industry, sedimentary deposits, coagulation, flocculation, sediment analysis

Сточные воды текстильной промышленности – это в основном сточные воды, содержащие природные примеси, жиры, крахмал и другие органические вещества, образующиеся при варке, полоскании, отбеливании, калибровке и других процессах сырья. Сточные воды типографии и крашения образуются в результате различных процессов, таких как стирка

и крашение, печать и калибровка. Они содержат большое количество органических веществ, таких как красители, крахмал, целлюлоза, лигнин и моющие средства, а также неорганические вещества, такие как щелочь, сульфид и различные соли[1].

Таблица 1.

Средние характеристики сточных вод текстильных предприятий

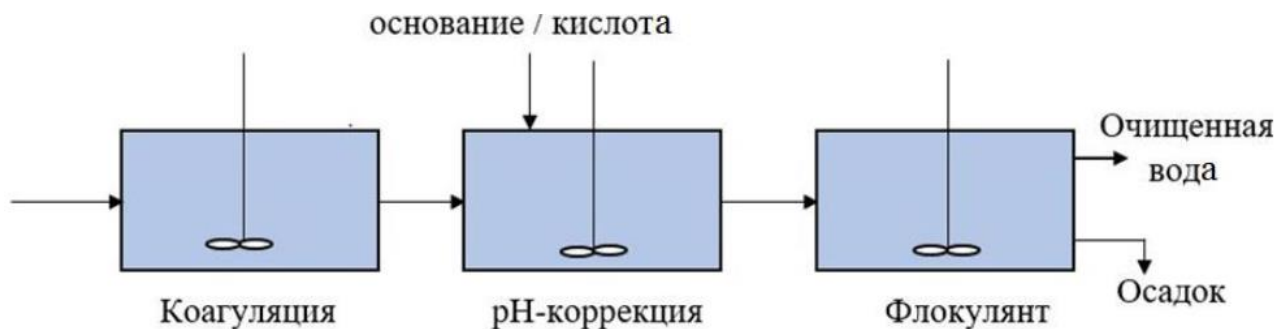
Параметр	Диапазон значений
pH	От 4,0 до 12,0
ХПК, мг/дм <sup>3</sup>	От 250 до 1500
БПК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	От 80 до 12000
ХПК/БПК <sub>5</sub>	От 2,2 до 5,0
Взвешенные вещества, мг/дм <sup>3</sup>	От 15 до 8000
Общее солесодержание, мг/дм <sup>3</sup>	До 3000
Хром шестивалентный, мг/дм <sup>3</sup>	От 1,0 до 4,0
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	От 1000 до 1600
Сульфиды, мг/дм <sup>3</sup>	До 50
Цветность, град	От 50 до 2500

В текстильной промышленности целесообразно устранять загрязнения с помощью физико-химических методов. Одной из ключевых проблем, связанных со сточными водами текстильных предприятий, является их токсичность и высокая окрашенность[2].

Многие красители не поддаются биологическому разложению, поэтому для снижения окрашенности сточных вод может потребоваться применение физико-химических методов очистки. Одним из методов который направлен на удаление красителей из сточных вод с использованием технологий осаждения и флотации.

Исследовали сточные воды после процесса крашения хлопчатобумажной ткани активными красителями текстильного производства «HAJTEX Group».

Известно, что коагуляционный способ очистки включает приготовление водных растворов коагулянтов и флокулянтов, их дозирование, смешение со сточной водой, хлопьеобразование и выделение хлопьев из нее. Для очистки сточных вод после крашения исследуемыми активными красителями установлено, что более эффективно применение коагулянта в комплексе с флокулянтom [3]. При этом наилучший результат достигается в случае использования коагулянтов  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{FeCl}_3$  и  $\text{FeSO}_4$  с флокулянтom - полиакриламидом. Элементы традиционной физико-химической обработки представлены на рис.1[4]



**Рисунок 1. Комбинированный физико-химический метод очистки сточных вод**

Коагулянты обеспечивают нейтрализацию поверхностного заряда частиц, что приводит к их слипанию. В результате образуются микрофлокулы – мелкие агрегаты, которые находятся во взвешенном состоянии. На этом этапе происходят два процесса. Первое – нейтрализация заряда – отрицательно заряженные частицы, такие как глины, органические вещества и остатки красителей, взаимодействуют с положительно заряженными ионами коагулянта. Это устраняет электростатическое отталкивание между частицами. Второе физико-химическое взаимодействие – образование химических связей между молекулами коагулянта и загрязнителями. В некоторых случаях происходит химическая реакция, например, гидролиз коагулянта с образованием гидроксидов металлов, которые служат центрами агрегации частиц.

На втором этапе в воду добавляют флокулянты – полимерные соединения, такие как полиакриламид. Эти вещества способствуют укрупнению микрофлокул в более крупные агрегаты (флокулы), которые можно легко удалить из воды методом седиментации, флотации или фильтрации. Полимерные молекулы флокулянта связывают несколько микрофлокул между собой, образуя крупные агрегаты. Укрупненные частицы становятся тяжелее воды и оседают на дно, где могут быть собраны и удалены. Легкие флокулы могут быть подняты на поверхность пузырьками воздуха и удалены скребками.

**Таблица 2.**

**Факторы, влияющие на эффективность процессов**

Фактор	Описание
Тип и доза коагулянтов и флокулянтов	Оптимальный выбор реагентов зависит от состава сточных вод. Например, для высокоокрашенных сточных вод эффективны железо- и алюминисодержащие коагулянты в сочетании с катионными или анионными флокулянтами.
pH среды	Коагулянты имеют определенный диапазон pH, при котором их эффективность максимальна. Например, сульфат алюминия лучше работает при pH 5–8, тогда как гидроксид кальция эффективен в щелочной среде.
Время смешивания и осаждения	Достаточное перемешивание обеспечивает равномерное распределение реагентов, а время осаждения позволяет агрегатам достичь дна резервуара.

Осадки содержат как органические вещества (остатки красителей, масла, жиры), так и неорганические соединения (гидроксиды металлов, соли). Их количество и состав зависят от типа использованных реагентов, условий обработки и состава исходных сточных вод. Анализ осадков позволяет определить их состав и свойства, что важно для выбора методов их утилизации или переработки. Например, осадки, содержащие ценные компоненты (металлы, пигменты), могут быть переработаны для вторичного использования, тогда как токсичные вещества требуют безопасного хранения или нейтрализации.

Для оценки состава образующихся осадков использовался метод рентгенофлуоресцентного (XRF)

анализа. Анализ проводился с использованием FP-метода, позволяющего определить массовую долю элементов в образце с высокой точностью. Были исследованы линии характерного излучения элементов, а также рассчитаны минимально обнаружимые пределы (LLD) для каждого элемента. Спектры интенсивности были получены для элементов с атомным номером от низкого до среднего диапазона (Low-Z и Mid-Z). Исследование проводилось на предприятии "HAJTEX GROUP", специализирующемся на текстильном производстве. В таблице 3 представлены основные количественные результаты анализа. Элементы Na, Mg, P и K не были обнаружены в пределах чувствительности метода.

Таблица 3.

## Химический состав осадков

Элемент	Массовая доля (%)	Погрешность (%)	Минимально обнаружимый предел (LLD, %)	Линия элемента	Интенсивность (cps/μA)
Al	1.59	0.043	0.0875	Al-Kα	0.27489
Si	1.71	0.0165	0.0182	Si-Kα	1.36461
S	1.75	0.0053	0.0036	S-Kα	13.58595
Cl	0.42	0.0021	0.0032	Cl-Kα	6.44803
Ca	50.1	0.0724	0.0101	Ca-Kα	23.19397
Fe	43.8	0.0223	0.0018	Fe-Kα	89.90859
Cu	0.125	0.0014	0.0013	Cu-Kα	0.41794
Zn	0.518	0.0023	0.0008	Zn-Kα	2.50463
Br	0.0013	0.0001	0.0003	Br-Kα	0.02205

По данным анализа наибольшую массовую долю в составе образца занимают кальций (50.1%) и железо (43.8%). Эти данные указывают на возможное присутствие соединений, таких как карбонаты кальция или железосодержащие минералы (гематит, магнетит и т.д.). Сера (1.75%) и кремний (1.71%) также присутствуют в заметных количествах, что может быть связано с присутствием сульфатных минералов или силикатов. Микроэлементы, такие как медь (0.125%) и цинк (0.518%), свидетельствуют о возможных примесях или загрязнениях природного либо техногенного происхождения. Хлор (0.42%) может быть связан с остатками солей, а бром (0.0013%) указывает на крайне низкое содержание галогенов. Эти результаты согласуются со спектральным анализом, где линии элементов Fe, Ca и S демонстрируют наибольшую интенсивность, что подтверждает их доминирующее присутствие в материале.

Анализ образца показал, что основными компонентами материала являются кальций и железо,

с меньшими долями алюминия, кремния, серы и других элементов. Эти данные дают понятие о возможности применения полученных осадков обладающих рядом свойств, которые делают их перспективным сырьём для применения в строительной индустрии. Высокое содержание кальция и железа указывает на возможность их использования для производства цемента, бетона и строительных блоков. Осадки могут служить как наполнителем, так и активной добавкой, повышающей механические свойства строительных материалов.

Применение осадков в строительстве также способствует снижению нагрузки на окружающую среду за счёт их утилизации и уменьшения объёмов отходов, требующих захоронения. Для внедрения таких решений необходимы дополнительные исследования по безопасности использования осадков и их долговечности в составе строительных материалов.

## Список литературы:

1. Юсупов А.А., Алибекова М.А. Характеристики и методы очистки сточных вод текстильной полиграфической и красильной промышленности в городе андижан // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* 2024. 6(123).
2. В. Штепа, В. Дунай, С. Киреев, А. Шикунец, and А. Козырь, “Схема комбинированной очистки сточных вод текстильных производств с использованием AOPS-технологий,” *Вестник Витебского государственного технологического университета*, vol. 44, no. 1, pp. 114–124, 2023
3. Нестерова Л.А., Кондратюк Л.Н., Сарибеков Г.С. Разработка технологии очистки сточных вод после процесса крашения текстильных материалов активными красителями // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. – 2010. – Т. 5. – №. 6 (47). – С. 35-37.
4. Кадер Д.М. и др. Методы удаления пигментов из сточных вод // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2021. – Т. 332. – №. 7. – С. 54-64.
5. Амонова М.М., Равшанов К.А., Амонов М.Р. Изучение доз коагулянтов при очистки сточных вод текстильного производства // *Universum: химия и биология : электрон. научн. журн.* 2019. № 6 (60).
6. Любарский В.М. и др. Способ обработки осадков сточных вод текстильной промышленности. – 1983.
7. Избуллаева М.С., Амонова М.М., Амонов М.Р. Изучение эффективности флокулянтов для очистки сточных вод газоперерабатывающих производств // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* 2024. 3(120)
8. Ниёзов Э.Д., Ортиков Ш.Ш., Норов И.И. Особенности применения в текстильной промышленности синтетических полимерных композиций растворимых в природной воде // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* 2022. 4(97).