



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

**DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A MODULAR
TECHNOLOGICAL LINE FOR THE PRODUCTION OF COMPOSITE
SORBENTS BASED ON LIGNOCELLULOSIC RAW MATERIALS**

Nurnazarova Gulkhayo Uktamovna¹

¹Navoi Branch of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

Tukhtaev Feruz Sadulloevich²

Jurakulov Mirjalol Nodirovich⁴

Toshtemirova Shakhzoda Mukhammad qizi⁵

^{2,4,5}Navoi State University

Negmatova Komila Soyibzhanovna³

³State Institution “Fan va Taraqqiyot” under Tashkent State Technical University
named after Islam Karimov

Abstract. This study developed a modular technological line for producing composite sorbents based on lignocellulosic raw materials intended to intensify the treatment of oil-contaminated wastewater from industrial enterprises. The physicochemical characteristics of wastewater from thermal power plants were investigated, and the technological parameters of mechanical separation, sorption, and desorption processes were substantiated. A comprehensive treatment scheme based on the sequential application of an oil trap and a sorption column was proposed, ensuring a high degree of petroleum product removal from the aquatic environment. It was established that the use of composite sorbents synthesized from local lignocellulosic raw materials makes it possible to reduce the residual concentration of petroleum products to the regulatory level of ≤ 2 mg/L. The developed modular technological line was shown to possess ecological efficiency, the possibility of sorbent regeneration, reduced operational costs, and strong prospects for industrial implementation in wastewater treatment systems.



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

Keywords: lignocellulosic raw materials, composite, sorbent, wastewater, petroleum products, sorption, desorption, mechanical treatment, sorption column, modular technological line, oil trap, sorbent regeneration.

**РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МОДУЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ
ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЕНТОВ НА
ОСНОВЕ ЛИГНОЦЕЛЛЮЛОЗНОГО СЫРЬЯ**

**Нурназарова Гулхаё Уктамовна¹, Тухтаев Феруз Садуллоевич²,
Негматова Комила Сойибжановна³, Журакулов Миржалол
Нодирович⁴,
Тоштемирова Шахзода Мухаммад кизи⁵**

¹Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан;

^{2,4,5}Навоийский государственный университет;

*³Государственное учреждение «Фан ва тараққийёт» при Ташкентском
государственном техническом университете имени Ислама Каримова*

Аннотация. В работе разработана модульная технологическая линия получения композиционных сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья, предназначенных для интенсификации процессов очистки нефтесодержащих сточных вод промышленных предприятий. Исследованы физико-химические характеристики сточных вод тепловых электростанций, а также обоснованы технологические параметры процессов механического разделения, сорбции и десорбции. Предложена комплексная схема очистки, основанная на последовательном применении нефтеловушки и сорбционной колонны, обеспечивающая высокую степень удаления нефтепродуктов из водной среды. Установлено, что применение композиционных сорбентов, синтезированных на основе местного лигноцеллюлозного сырья, позволяет снизить остаточную



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

концентрацию нефтепродуктов до нормативного значения ≤ 2 мг/л. Показано, что разработанная модульная технологическая линия характеризуется экологической эффективностью, возможностью регенерации сорбентов, снижением эксплуатационных затрат и перспективностью промышленного внедрения в системах очистки сточных вод.

Ключевые слова: лигноцеллюлозное сырьё, композиция, сорбент, сточные воды, нефтепродукты, сорбция, десорбция, механическая очистка, сорбционная колонна, модульная технологическая линия, нефтеловушка, регенерация сорбентов.

Введение. Наличие нефтепродуктов в составе сточных вод промышленных предприятий является одним из основных факторов, вызывающих экологические проблемы. Особенно высокое содержание нефтепродуктов в сточных водах тепловых электростанций и нефтегазовой промышленности ограничивает кислородный обмен в водоёмах и отрицательно влияет на экологическое равновесие. В связи с этим разработка сорбционных материалов с высокими адсорбционными свойствами, экологической безопасностью и экономической эффективностью является одной из актуальных научно-практических задач. Перспективным направлением в данной области является получение композиционных сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья, характеризующихся высокой пористостью, развитой поверхностью и способностью эффективно адсорбировать нефтепродукты.

В данной работе рассмотрены вопросы разработки модульной технологической линии для производства композиционных сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья, а также внедрения комплексной технологии очистки сточных вод. Предложенная технология основана на последовательном применении процессов механического разделения и сорбции для высокоэффективного удаления нефтепродуктов. В основной части подробно



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

проанализированы физико-химический состав сточных вод, принцип работы технологической схемы, параметры сорбционной колонны и эффективность модульной технологической линии.

Основная часть. В сточных водах, образующихся в результате технологических процессов на тепловых электростанциях, содержится определённое количество нефтепродуктов, концентрация которых обычно составляет 10–25 мг/л. Эти нефтепродукты в основном распространяются по поверхности воды в виде тонкой плёнки, ограничивая кислородный обмен в водоёмах и оказывая негативное влияние на экологическое равновесие. Согласно требованиям охраны окружающей среды, содержание нефтепродуктов в сточных водах должно быть снижено до уровня ≤ 2 мг/л. Это требует применения высокоэффективных технологий очистки. В практических условиях при расходе сточных вод 100 м³/сутки общее количество нефтепродуктов составляет примерно 2 кг/сутки. Для эффективного удаления данного количества нефтепродуктов одних только механических методов недостаточно, поэтому необходим комплексный подход. В связи с этим в данной работе предложена комплексная технология очистки сточных вод, основанная на механическом разделении (60–80%) и последующем процессе сорбции (85–95%). Данный подход позволяет эффективно снижать содержание нефтепродуктов в сточных водах и доводить его до уровня, соответствующего экологическим нормативам. В работе предложена комплексная технология очистки сточных вод, основанная на процессах механического разделения и сорбции.

Оценка состава очищаемых сточных вод

Состав сточных вод тепловых электростанций был оценён на основе данных аналогичных промышленных объектов следующим образом:



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

нефтепродукты: $C_0 = 20$ мг/л;

взвешенные частицы: 50–150 мг/л;

pH: 6,5–8,0;

температура: 25–35°C.

Расход сточных вод:

$$Q = 100 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

Суточное количество нефтепродуктов:

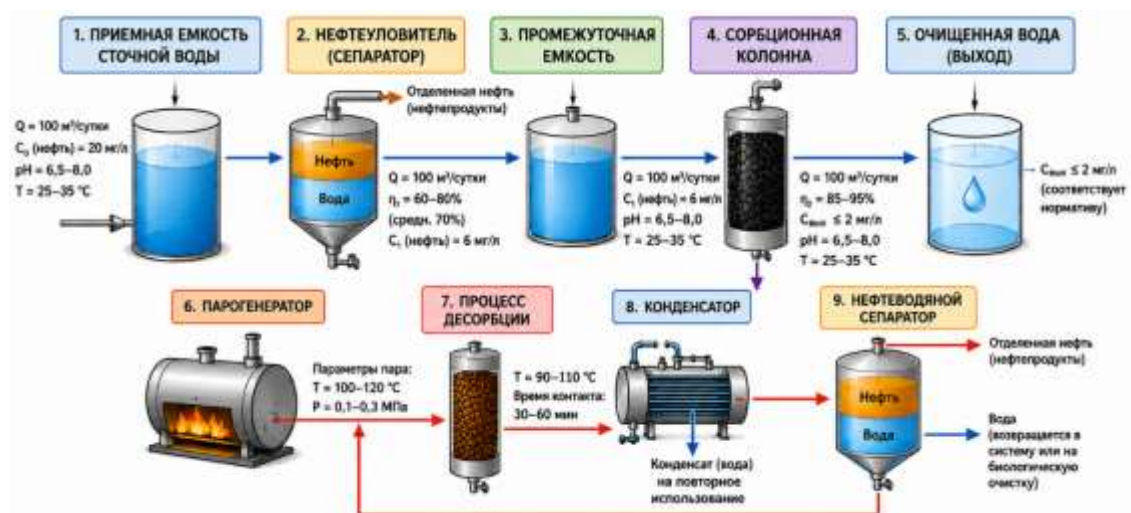
$$M = Q \cdot C_0 = 100 \cdot 1000 \cdot 20 = 2000000 \text{ мг} = 2 \text{ кг/сутки}$$

Следовательно, технология должна быть рассчитана на удаление 2 кг нефтепродуктов в сутки.

Нефтепродукты в основном находятся в свободной фазе и образуют на поверхности воды тонкую плёнку. Поэтому было признано целесообразным сначала применять механическое разделение, а затем процесс сорбции.

Описание технологической схемы

Предлагаемая технологическая схема представлена на рисунке 1 и включает следующие основные стадии:





1. Приёмная ёмкость очищаемых сточных вод; 2. Нефтеловушка (сепаратор);
3. Промежуточный резервуар; 4. Сорбционная колонна; 5. Выход очищенной воды;
6. Парогенератор; 7. Процесс десорбции; 8. Конденсатор; 9. Нефтеводяной сепаратор.

**Рисунок 1. Технологическая схема комплексной очистки сточных вод
(механическая очистка + сорбция + десорбция)**

Технологический процесс основан на предварительной очистке сточных вод методом механического разделения с последующей глубокой очисткой посредством сорбции.

Предлагаемая технология состоит из двух основных этапов.

1-й этап: Механическое разделение (нефтеловушка)

Эффективность процесса:

$$\eta_1 = 60\text{--}80\% \text{ (в среднем } 70\%)$$

Количество отделённых нефтепродуктов:

$$M_1 = 2 \cdot 0,7 = 1,4 \text{ кг/сутки}$$

Оставшееся количество нефтепродуктов:

$$M_2 = 2 - 1,4 = 0,6 \text{ кг/сутки}$$

2-й этап: Сорбционная очистка

Эффективность сорбции:

$$\eta_2 = 85\text{--}95\%$$

Выходная концентрация:

$$C_{\text{вых}} \leq 2 \text{ мг/л}$$



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

Заключение. В данной исследовательской работе была разработана модульная технологическая линия для производства композиционных сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья, а также предложена комплексная технология очистки сточных вод от нефтепродуктов. Результаты исследования показали, что сорбенты, полученные на основе лигноцеллюлозного сырья, обладают высокой сорбционной активностью и обеспечивают эффективную адсорбцию нефтепродуктов из состава сточных вод. Последовательное применение процессов механического разделения и сорбции в предложенной технологической схеме обеспечило возможность глубокой очистки сточных вод. На стадии механического разделения была удалена основная часть нефтепродуктов, а на последующем этапе сорбции удалось снизить выходную концентрацию загрязняющих веществ до уровня, соответствующего экологическим нормативам.

Кроме того, применение модульной технологической линии имеет важное значение с точки зрения обеспечения непрерывности производственного процесса, снижения энергозатрат и создания возможности регенерации сорбентов.

Список использованной литературы

1. Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С. Получение композиционных сорбентов на основе лигноцеллюлозного сырья и исследование их сорбционных свойств // Химия и химическая технология. – Ташкент, 2025. – №3. – С. 45–52.
2. Турабджанов С.М., Юсупов Ф.Н., Ибодуллаев А.С. Современные технологии сорбционной очистки сточных вод. – Ташкент: Фан, 2021. – 256 с.



**“ZAMONAVIY ILMIY YONDASHUVLAR VA TEXNOLOGIK
TARAQQIYOTNING USTUVOR YO‘NALISHLARI” nomli Respublika
ilmiy-amaliy masofaviy konferensiyasi
VOLUME-1, ISSUE-2, 2026**

3. Rashidova S.Sh., Negmatov S.S., Yusupbekov A.X. Composite sorbents based on local raw materials for wastewater treatment // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. – 2022. – Vol. 10, №4. – P. 107–115.

4. Komarova L.F., Oleynik E.F., Lipatov Yu.S. Sorption materials and technologies for oil-containing wastewater treatment // *Chemical and Petroleum Engineering*. – 2020. – Vol. 56, №7. – P. 412–418.

5. Аскарлов М.А., Бабаев Т.М., Ашуров Н.Р. Физико-химические свойства сорбентов, полученных на основе природной биомассы // *Химический журнал Узбекистана*. – 2023. – №2. – С. 61–68.

6. Salem M.H., Ehrampoush M.H., Sheikhalishahi S. Adsorption of petroleum pollutants using lignocellulosic biosorbents // *Environmental Technology & Innovation*. – 2021. – Vol. 24. – P. 101–109.

7. Тухтаев Ф.С., Нурназарова Г.У. Разработка композиционных сорбентов для очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами // *Материалы республиканской научно-практической конференции*. – Навои, 2026. – С. 118–123.

8. Kumar A.A., Perlman M.M., Geracaris S. Development of modular adsorption systems for industrial wastewater purification // *Journal of Water Process Engineering*. – 2023. – Vol. 51. – P. 103–112.