УДК 677.11.08

Уваров Максим Михайлович, аспирант
(РГУ им. А.Н. Косыгина, г. Москва)
Uvarov Maxim Mikhailovich, postgraduate student
(A.N. Kosygin Russian State University, Moscow)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЛЬНА КАК МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

STUDY OF FLAX WASTE RECOVERY AS MATERIALS FOR PROTECTING NATURAL WATER RESOURCES

Аннотация. В статье рассматривается возможность использования отходов первичной переработки льна: льняной костры, льняной пакли и короткого льняного волокна №2 для очистки сточных вод от органических загрязнителей. Показана эффективность данных сорбционных материалов для улавливания некоторых групп красителей и нефтепродуктов.

Annotation. The article examines the possibility of using waste from the primary processing of flax: flax stubble, flax tow, and short flax fiber No. 2 for the purification of wastewater from organic pollutants. The effectiveness of these sorption materials for capturing certain groups of dyes and petroleum products is demonstrated.

В настоящее время происходит процесс активного промышленного развития, который затрагивает, в том числе, текстильную промышленность, что в свою очередь приводит к нагрузке на экосистемы, расположенные на прилегающих к заводам территориях, особенно на природные водоемы.

Текстильные фабрики являются источниками попадания различных групп красителей, среди которых кислотные, прямые, основные, активные и антрахиноновые в сточные воды [1, 2].

Попадая в водоемы, стоки, содержащие красители, негативно влияют на кислородный баланс водоемов, процессы самоочищения и фотосинтеза в них, а также приводят к гибели гидробионтов [3].

С целью снижения негативного воздействия органических загрязняющих веществ, содержащихся в сточных водах текстильных предприятий применяются и развиваются различные способы их обезвреживания, среди которых флокуляция, мембранная фильтрация, электрокоагуляция, ионный обмен, применение мембранных биореакторов, озонирование, воздействие ультрафиолета и ультразвука, биологические методы очистки с использованием растений и микроорганизмов, а также

активного ила водно-болотных угодий, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки [4, 5].

Широкое распространение находят сорбционные методы очистки сточных вод от красителей, в том числе органических. Это обусловлено высокой эффектностью и простотой способа обезвреживания сточных вод и разнообразием сорбционно-активных материалов [6].

В качестве сорбентов могут быть использованы отходы первичной переработки льна: пакля, костра и короткое льняное волокно №2 [7].

Установлено, что эффективность очистки сточных вод от кислотного красного красителя при использовании в качестве сорбента короткого льняного волокна №2, достигает 86% [8].

Максимальное значение сорбции красителя кислотно-красного достигается при массе сорбента равной 0,2 г, составляет 0,43 г/г и наблюдается при концентрации красителя 0,1 г/л [8].

На рисунке 1 представлено изображение кинетической кривой сорбции красителя кислотного красного из воды при использовании в качестве сорбционного материала короткого льняного волокна №2 [8].

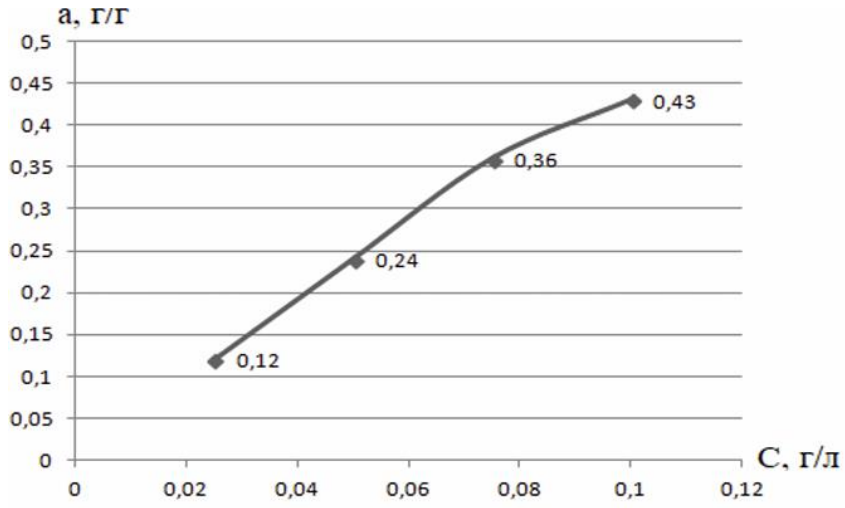

Рисунок 1 – Кинетическая кривая сорбции активных красителей на льняном волокне №2 [8].

С целью повышения эффективности обезвреживания сточных вод текстильных предприятий, сорбционные материалы, получаемые из отходов льнопереработки подвергаются различным способам модифицирования, наиболее распространенными из которых являются импрегнирование, воздействие на структуру сорбентов физических полей, разрядов ВЧ-плазмы, растворов кислот и щелочей, а также специальных растворов [9].

Известен способ модифицирования льняной костры, который заключается в многократных ее промывке проточной водой и сушке, измельчении в высокоскоростной шлифовальной машине с получением

порошка. Данный порошок обрабатывают дистиллированной водой для удаления водорастворимых частей, раствором хитозана и глицерином [10].

Данный способ модифицирования приводит к значительному росту сорбционной ёмкости льняной костры с 0,45 мг/г до 8,87 мг/г по отношению к активному красителю красному 228 [10].

Льняная пакля показывает высокую эффективность улавливания нефтепродуктов, в том числе масел различных марок и непосредственно нефти с поверхности воды [11].

На рисунке 2 представлены кинетические кривые сорбции нефтепродуктов льняной кострой и льняной паклей при температуре воды -2°С и+22°С и массе сорбционных материалов 1 г и 5 г [11].

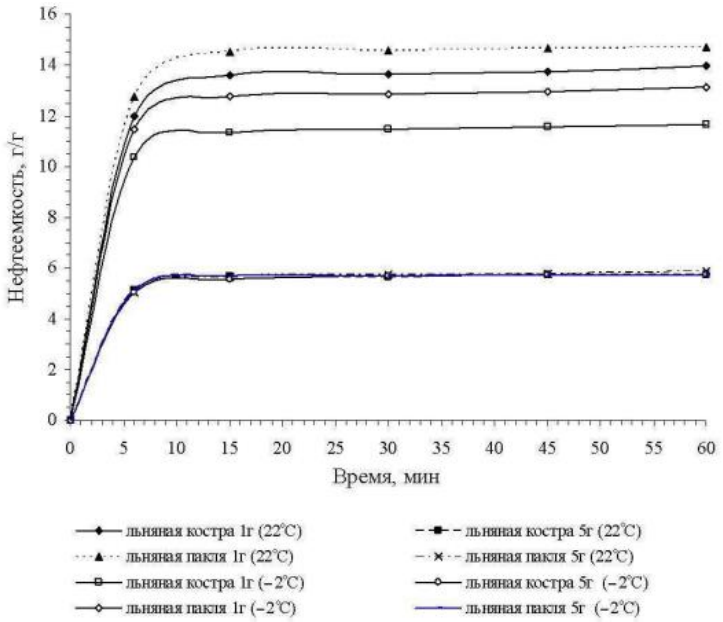

Рисунок 2 – Кинетические кривые сорбции нефтепродуктов льняной кострой и льняной паклей при массе материалов 1 г и 5 г и температуре очищаемой воды -2°С и +22°С [11].

Анализ экспериментальных данных в изученных работах показывает, что эффективность улавливания органических загрязняющих веществ из сточных вод при использовании в качестве сорбентов отходов первичной переработки льна зависит от массы сорбционно-активных материалов, температуры очищаемой воды и концентрации улавливаемого загрязняющего вещества.

Чем ниже концентрация загрязняющих веществ в сточных водах, тем эффективнее их улавливание при применении в качестве сорбентов отходов льнопереработки.

Чем ниже температура сточных вод, тем эффективнее производится процесс их очистки, в том числе от нефтепродуктов, сорбентами на основе отходов первичной переработки льна.

Чем меньше масса сорбционных материалов, в том числе льняной пакли и льняной костры, тем выше их сорбционная емкость по отношению к загрязняющим веществам.

Таким образом, отходы первичной переработки льна могут быть использованы в качестве основы для материалов, используемых для очистки сточных вод от различных загрязнителей, в том числе органических, что в свою очередь открывает новые возможности в защите водных ресурсов планеты.

Список литературы

1. Dutta S. Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbents: a critical review / S. Dutta, B. Gupta, S.K. Srivastava, A.K. Gupta. // Material Advances. – 2021. – № 2. – pp. 4497-4531. – DOI 10.1039/D1MA00354B.
2. Anjaneyulu Y. Decolorization of industrial effluents – available methods and emerging technologies – a review / Y. Anjaneyulu, N. Chary, D. Raj // Reviews in Environmental Science and Bio/Technology. – 2005. – № 4 – pp. 245-273. – DOI 10.1007/s11157-005-1246-z.
3. Локтионова Е.В. Химически модифицированный растительный сорбент для очистки сточных вод от красителя «метиленовый голубой» / Е.В. Локтионова, О.К. Сыса, И.Ю. Морева // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2024. – № 3. – С. 44-54.
4. Dawood S. Review on Dye Removal from Its Aqueous Solution into Alternative Cost Effective and Non-Conventional Adsorbents / S. Dawood, T. Sen // Journal of Chemical and Process Engineering. – 2014. – Vol. 1. – № 104.– 11 p. – DOI 10.17303/jce.2014.105.
5. Vaighegi K. Treatment of Dye Waste Water Using Moving Bed Biofilm Reactor & Granular Activated Carbon [MBBR-GAC] / K. Vaighegi, S. Selvam, A. Kumar // Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems. – 2018. – Vol. 10. – № 8. – pp. 979-985.
6. Patadia N. Removal of waste dyes from water by organic wastes / N. Patadia // International Journal Of Advance Research. Ideas And Innovations In Technology. – 2022. – V. 8. – № 4. – pp. 96-104.
7. Уваров М.М. Изучение возможности использования отходов льнопереработки для сорбционной очистки сточных вод / М.М. Уваров // Сборник материалов Всероссийской научной конференции с международным участием «Инновационное развитие техники и технологий в промышленности». – Москва : Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина, 2025. – Часть 6. – С. 203-207. – ISBN 978-5-00181-746-8.

8. Васина А.Е. Обесцвечивание сточных вод промышленных предприятий с использованием отходов льнопереработки / А.Е. Васина, И.Д. Тетюшин, Д.Г. Тутукин // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 11. – С. 126-129.
9. Исследование способов повышения характеристик сорбентов из отходов льнопереработки для эффективной очистки сточных вод от красителей / М.М. Уваров // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные науки. – 2026. – № 08. – С. 39-41. DOI 10.37882/2223-2966.2026.08.39.
10. Feng H. The Removal of reactive red 228 dye from aqueous solutions be chitosan-modified flax shive / H. Feng, J. Li, L. Wang // BioResources. – 2023. – № 7 (1). – pp. 624-639. DOI 10.15376/biores.7.1.624-639.
11. Шайхиев И.Г. Отходы переработки льна в качестве сорбентов нефтепродуктов. 1. Определение нефтеемкости / И.Г. Шайхиев, Р.Х. Низамов, С.В. Степанова, С.В. Фридланд // Вестник Башкирского университета. – 2010. – Т. 15. – № 2. – с. 304-306. ISSN 1998-4812.