

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОРБЦИОННОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ, В ТОМ ЧИСЛЕ КРАСИТЕЛЕЙ, СОРБЕНТАМИ, ПОЛУЧАЕМЫМИ ИЗ ОТХОДОВ ЛЬНОПЕРЕРАБОТКИ

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF SORPTION WASTEWATER TREATMENT FROM ORGANIC POLLUTANTS, INCLUDING DYES, WITH SORBENTS OBTAINED FROM FLAX PROCESSING WASTE

M. Uvarov

Summary. With increasing production capacity, the impact of human activities on ecosystems increases. Water resources are becoming one of the vulnerable components of the environment. Pollution of water bodies leads to the death of aquatic organisms. Natural resources are used as the basis of sorption materials used for wastewater treatment. The research topic related to wastewater treatment is relevant. The purpose of this work is to analyze foreign and domestic publications on the sorption of pollutants, including dyes from wastewater, from primary flax processing waste. Flax processing waste includes tow, bonfire and short fiber. The performed analytical review allows us to conclude that sorption materials, including fibrous ones, which are waste from the primary processing of flax, can be used in wastewater treatment from such dyes as Alazarin Red S, C.I. Direct Red 81 and Reactive Red 228.

Keywords: wastewater, pollutant, dye, sorption, sorbent, flax fiber.

Уваров Максим Михайлович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва
uvarov_maxim@rambler.ru

Аннотация. С увеличением производственных мощностей усиливается воздействие человеческой деятельности на экосистемы. Одним из уязвимых компонентов окружающей среды становятся водные ресурсы. Загрязнение водоёмов приводит к гибели гидробионтов. В качестве основы сорбционных материалов, используемых для очистки сточных вод, применяются природные ресурсы. Тема исследования, связанная с очисткой сточных вод, является актуальной. Целью данной работы является анализ зарубежных и отечественных публикаций, посвящённых сорбции загрязняющих веществ, в том числе красителей из сточных вод, отходами первичной переработки льна. К отходам льнопереработки относятся пакля, костра и короткое волокно. Выполненный аналитический обзор позволяет сделать вывод о том, что сорбционные материалы, в том числе волокнистые, являющиеся отходами первичной переработки льна могут применяться в очистке сточных вод от таких красителей как Alazarin Red S, C.I. Direct Red 81 и Reactive Red 228.

Ключевые слова: сточные воды, загрязнитель, краситель, сорбция, сорбент, льноволокно.

Введение

В настоящее время в мире, в том числе в Российской Федерации, происходит процесс активного промышленного развития во всех отраслях. Такие производства как лакокрасочное, химическое, текстильное, пищевое, кожевенное, фармацевтическое, целлюлозно-бумажное, отделочно-красильное и нефтепереработка тесно связаны с внедрением новых технологических линий, циклов, применением различного рода новых поверхностно-активных веществ, красителей, в том числе органических, вспомогательных агентов и реагентов.

В результате хозяйственной деятельности человека происходит воздействие на экосистемы, не только прилегающие непосредственно к предприятиям, но и

в больших масштабах биосферы. Особенно уязвимым звеном окружающей среды становятся водные ресурсы, куда вместе со сточными водами попадают различные загрязняющие вещества, в том числе масла, нефть, мазут, химические соединения, красители, включая органические, поверхностно-активные вещества. Загрязнение природных водных экосистем приводит к гибели гидробионтов, нарушению экологического равновесия, негативно влияет на человека, в том числе на сельскохозяйственную деятельность, рыболовство.

Снижение негативного воздействия стоков на водные ресурсы является актуальной проблемой.

Особое внимание уделяется очистке сточных вод от красителей, которые устойчивы к температуре, свету,

способные оказывать канцерогенное, аллергическое, мутагенное воздействие. Большую угрозу красители, в том числе органические, представляют собой благодаря отсутствию возможности их биологического разложения [1, 2].

Выделяются такие виды красителей как кислотные, основные, прямые, дисперсные, протравные, реактивные, сернистые, азокрасители и нитрокрасители. Чаще всего в сточных водах содержатся метиленовый синий, кристаллический фиолетовый, метиловый красный, дисперсионный фиолетовый, метиленовый оранжевый, активный красный, бриллиантовый зелёный красители, а также Родамин Б и конго красный [2].

Среди методов очистки сточных вод от различного рода загрязнителей, в том числе органических красителей распространены физико-химические, включая флотацию, флокуляцию, коагуляцию, окисление, электрокоагуляцию, ионный обмен, адсорбцию. Благодаря возможности направленного изменения характеристик сорбционных материалов, в том числе волокнистых, применяемых для улавливания красителей из технологических сбросов, разнообразию сорбентов, их эффективности и относительно низких затрат, наибольшее распространение получили сорбционные методы очистки стоков [2,3].

В лабораториях создаются новые сорбционные материалы, среди которых благодаря уникальным свойствам, обеспечивающим высокую эффективность извлечения загрязняющих веществ, например, фенола, в том числе красителей, такого как Родамин Б, известность получили углеродные [4–7].

Известно исследование, в котором изучается возможность очистки сточных вод от красителя Brilliant Red HE-3B углеродным порошкообразным сорбентом PAC-53C. Установлено, что на сорбцию оказывает воздействие температура очищаемых стоков. Чем она выше, тем эффективнее улавливание загрязняющего вещества [7].

В целях энергоресурсосбережения ряд исследователей проводят эксперименты, посвящённые применению для очистки сточных вод от органических загрязнителей сорбционных материалов, в том числе волокнистых, получаемых из отходов промышленности и потребления.

Цели и задачи исследования

Целью работы является исследование возможности сорбционной очистки сточных вод от красителей, в том числе органических, с помощью различного рода сорбентов, в том числе получаемых из отходов первичной переработки льна.

Задачами исследования являются анализ публикаций, связанных с применением углеродных, природных сорбционных материалов, в том числе отходов льнопереработки для очистки сточных вод от органических загрязнений, а также анализ эффективности использования данных материалов для очистки стоков от красителей.

Материалы исследования

Волокнистые сорбционные материалы, получаемые на основе отходов первичной переработки льна, обладают характеристиками, которые близки к некоторым искусственным волокнам. Льняные волокнистые сорбенты обладают специфическими свойствами, среди которых выделяется слоистость. Другими свойствами изученных сорбционных материалов являются воздухопроницаемость, гидрофильность, а также кристалличность и шероховатость [8].

Гидрофильность сорбционных материалов, получаемых из отходов первичной переработки льна, затрудняет улавливание загрязняющих веществ, в том числе органических красителей, из сточных вод, что приводит к низким показателям эффективности данных сорбентов. С целью снижения гидрофильности и увеличения площади взаимодействия с загрязнениями, отходы льнопереработки подвергаются различным модификациям. Среди способов направленного воздействия на структуру изученных сорбционных материалов распространение получили обработка кислотами, щелочами и специальными реагентами, разрядами ВЧ плазмы, ультразвуковая модификация и применение физических полей.

Одним из важнейших свойств любого сорбента является его пористость, от которой зависит характер протекания процесса сорбции и площадь взаимодействия с загрязняющим веществом. У льна-долгунца существует орган, который обеспечивает растение питательными веществами, так называемая ксилема [8].

Ксилема льна состоит преимущественно из макропор. С целью повышения сорбционных характеристик её подвергают биологической обработке с получением мезопор [8].

Среди отечественных исследований, связанных с проблемой очистки сточных вод с использованием отходов льняной промышленности, известна работа И.Г. Шейхиева, посвящённая изучению сорбционной очистки сточных вод от масел марок «И-20А», «ТЭП-15В», «М8Г-2К», «АУ», а также нефтепродуктов с помощью таких отходов первичной переработки льна как костра и пакля [9].

Анализ экспериментальных данных показывает, что льняная костра обладает лучшими показателями эффективности улавливания данных загрязняющих веществ из сточных вод, чем льняная пакля.

Волокнистые сорбционные материалы находят применение в очистке сточных вод от красителя Alazarin Red S [10].

Льняное волокно обрабатывают специальным раствором, который имеет в своём составе гидроксилламин, дистиллированную воду, индикатор метиловый оранжевый и гидроксид натрия, помещённые в покрытую алюминием колбу. Соотношение раствора к сорбенту, полученному из отходов переработки льна, составляет 25 мл раствора на 0,1 грамм сорбционного материала [10].

Поверхность отхода льнопереработки претерпевает изменения, характеризующиеся увеличением площади взаимодействия модифицированного сорбента с загрязняющими веществами, в том числе с красителем Alazarin Red S. Это обеспечивается образованием множества пор различного размера в структуре сорбента.

Экспериментальные данные указывают на то, что степень извлечения красителя Alazarin Red S из сточных вод текстильных предприятий достигает 96,0 % при использовании модифицированного волокнистого сорбента, полученного из отходов первичной переработки льна [10].

Существует ряд исследований, посвящённых сорбционной очистке сточных вод отделочно-красильных производств от реактивного красителя Reactive Red 228 с использованием модифицированной льняной костры, образующейся при переработке льна-долгунца [11, 12].

Модифицирование льняного волокнистого сорбционного материала производится по следующей методике. Костра, отделённая от исходного сырья, подвергается пятикратной промывке с целью удаления различного рода загрязнений и примесей, комбинируя процесс с пятикратной сушкой на открытом воздухе под солнечным светом. С помощью мельничного аппарата будущий сорбент перемалывают в порошок. Размер частиц составляет от 80 до 100 мкг. Полученный в результате перемолки порошок подвергается в промывке с целью удаления растворимых соединений, а оставшийся обрабатывают 1 % раствором хитозана и глицерином в течение часа. По окончании модифицирования данным способом, полученный сорбционный материал высушивается [11].

За счёт образования множества пор различного размера на поверхности модифицируемой льняной костры, являющейся отходом первичной переработки льна, увеличивается площадь взаимодействия полученного сорбционно-активного материала, что увеличивает его сорбционную ёмкость по отношению к красителю Reactive Red 228.

Волокнистые сорбенты, получаемые из отходов первичной переработки льна, могут быть использованы для извлечения красителя C.I. Direct Red 81 из сточных вод. Данный вопрос освещается в работе [13].

Анализ экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что сорбция красителя C.I. Direct Red 81 сорбционным волокнистым материалом, получаемым из отходов первичной переработки льна, напрямую зависит от начальной концентрации красителя в воде. Чем ниже процентное содержание C.I. Direct Red 81 в сточных водах, тем больше сорбционная активность полученного сорбента.

Выводы

Таким образом, в работе проведён анализ публикаций, патентов и авторефератов отечественных и зарубежных публикаций, который показывает, что в настоящее время среди всех методов и способов очистки сточных вод от органических загрязнителей, в том числе красителей, наиболее широкое применение находят сорбционные.

Это обусловлено многообразием эффективных материалов, которые могут применяться для извлечения загрязняющих веществ из стоков.

Установлено, что среди природных сорбентов, которые способны улавливать реактивные красители такие как C.I. Direct Red 81 и Reactive Red 228, а также краситель Alazarin Red S, различные масла и нефть, высокую эффективность благодаря своим свойствам показывают сорбционные волокнистые материалы, получаемые из отходов первичной переработки льна, обладающие специфическими характеристиками.

Отходы льноперерабатывающей промышленности могут быть рекомендованы в качестве сорбентов для извлечения красителей из сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Bilba D., Suteu D., Molutan T. Removal of reactive dye brilliant red HE-3B from aqueous solutions by hydrolyzed polyacrylonitrile fibres: equilibrium and kinetics modelling // Central European Journal of Chemistry. 2008. №6. P. 258–266. DOI: 10.2478/s11532-008-0019-2.
2. Dutta S., Gupta B., Srivastava K., Gupta K. Recent advances on the removal of dyes from wastewater using various adsorbents: a critical review // Material Advances. 2021. №2. P. 4497–4531. DOI: 10.1039/d1ma00354b.
3. Кузнецова Т.С. Композитные материалы на основе наночуглеродных структур и полианилина для сорбционной очистки сточных вод: автореф. дис... кан. хим. наук, 2022, 19 с.
4. Pat. 11345615B2, US, Int. Cl. C 02 F 1/28; B 01 J 20/06. Activated carbon-iron/cerium oxide nanocomposite suitable for dye removal / Awadh Saleh Abdo Tawfik; assignee KING FAHD UNIVERSITY OF PETROLEUM AND MINERALS. — №16/682672; 13.11.2019; 31.05.2022. — 33 с.
5. Коростелева А.В. Способ очистки сточных вод от фенолов // Известия Пензенского государственного педагогического университета имени В.Г. Белинского. Естественные науки. 2011. №25. С.585–589.
6. Патент RU2659285C1. Сорбент на основе модифицированного оксида графена и способ его получения. МПК В01J20/20 В01J20/26 В01J20/32. Ткачев А.Г., Бураков А.Е., Буракова И.В., Малешник А.В., Бабкин А.В., Курносков Д.А., Мкртчян Э.С. Опубл. 29.06.2018, БИ №19.
7. Suteu D., Bilba D. Equilibrium and Kinetic Study of Reactive Dye Brilliant Red HE-3B Adsorption by Activated Charcoal // Acta Chim. 2005. №52. P. 73–69.
8. Алеева С.В., Лепилова О.В., Кокшаров О.В. Возможности биохимической модификации льняной костры для получения нефтесорбентов // Технология текстильной промышленности, 2019. №6. С.39–46.
9. Шейхиев И.Г., Назимов Р.Х., Степанова С.В., Фридланд С.В. Отходы переработки льна в качестве сорбентов нефтепродуктов. 1. Определение нефтеемкости // Вестник Башкирского университета, 2010. №2. С.304–306.
10. Akl A., El-Zeny S., Hashem A., El-Gharkawy H., Mostafa G. Flax fiber based semicarbazide biosorbent for removal of Cr(VI) and Alizarin Red S dye from wastewater // Scientific Reports. 2023. №13. P. 1–25. DOI: 10.1038/s41598-023-34523-y.
11. Feng H., Wang L. The removal of Reactive Red 228 dye from aqueous solutions by chitosan-modified flax shive // BioRes. 2012. №7. P. 624–639.
12. Wang L., Jian L. Adsorption of C.I. Reactive Red 228 dye from aqueous solutions by modified cellulose from flax shive: Kinetics, equilibrium, and thermodynamics // Industrial Crops and Products. 2013. №42. P.153–158.
13. Vuckovic N., Nikodijevic M., Djordjevic D. The study of direct dye sorption on flax fibers during dyeing // Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly. 2021. №27. P. 255–263.

© Уваров Максим Михайлович (uvarov_maxim@rambler.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»