ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ХИТОЗАНА

Умаров Бобурбек Носир угли
Бухарский государственный технический университет, д-р филос. техн. наук (PhD), доц,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: boburbekumarov1993@gmail.com
Dr. Nazmi Bin Mat Nawi
Assoc. Prof. Head, Department of Biological & Agricultural Engineering, Faculty of Engineering,
Universiti Putra Malaysia, Serdang
E-mail: nazmimat@upm.edu.my
Ахмедов Вохид Низомович
Бухарский государственный технический университет, д-р техн. наук. проф.,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: voxid7@mail.ru

Аннотация: Такие важные свойства вермикулита, имеющегося в большом количестве в нашей республике, как химическая инертность, термостойкость, прочность, безвредность, высокая адсорбционная способность и ионообменная способность, позволяют использовать его в качестве неорганической матрицы для применения в качестве сорбента. Однако для комплексной технологии очистки текстильных сточных вод от пигментных красителей индиго и поверхностно-активных веществ в красильно-отделочном производстве эффективные и недорогие сорбенты на основе местного сырья не получены. В статье представлен метод модификации вермикулита соляной кислотой и хитозаном из подмора пчёл, а также был ИК спектры полученного сорбента и результаты фильтрации сточных воды на текстильном предприятии.

Ключевые слова: сточные воды, экология, красители, загрязнение очистка, сорбент, вермикулит, хитозан, модификация, ИК-спектр.

Abstract: Such important properties of vermiculite, which is available in large quantities in our republic, as chemical inertia, heat resistance, strength, harmlessness, high adsorption capacity and ion exchange ability, allow it to be used as an inorganic matrix for use as a sorbent. However, effective and inexpensive sorbents based on local raw materials have not been obtained for the complex technology of cleaning textile wastewater from indigo pigment dyes and surfactants in the dyeing and finishing industry. The article presents a method for modifying vermiculite with hydrochloric acid and chitosan from bee pollination,

ISSN 3030-3907

as well as the IR spectra of the sorbent obtained and the results of wastewater filtration at a textile enterprise.

Keywords: wastewater, ecology, dyes, pollution, purification, sorbent, vermiculite, chitosan, modification, IR spectrum.

Annotatsiya: respublikamizda ko'p miqdorda mavjud bo'lgan vermikulitning kimyoviy inertligi, issiqlikka chidamliligi, mustahkamligi, zararsizligi, yuqori adsorbsiya qobiliyati va ion almashinuvi qobiliyati kabi muhim xususiyatlari uni sorbent sifatida qo'llash uchun noorganik matritsa sifatida ishlatishga imkon beradi. Shu bilan birga, to'qimachilik chiqindi suvlarini indigo pigment bo'yoqlari va sirt faol moddalardan tozalash va bo'yash ishlab chiqarishda mahalliy xom ashyoga asoslangan samarali va arzon sorbentlar olinmadi. Maqolada vermikulitni xlorid kislota va xitosan bilan asalarilar podmoridan o'zgartirish usuli, shuningdek, olingan sorbentning ir spektrlari va to'qimachilik korxonasida oqava suvlarni filtrlash natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: kanalizatsiya, ekologiya, bo'yoqlar, ifloslanish tozalash, sorbent, vermikulit, xitosan, modifikatsiya, IQ spektri.

Введение.

Промышленные сточные воды представляют собой сложные, многокомпонентные системы, состав которых существенно изменяется в процессе обесцвечивания, что затрудняет оценку их безопасности для объектов окружающей среды. Поэтому в последние годы в практике экологического контроля все чаще применяются токсикологические методы, дополняющие традиционный комплекс методов физико-химического анализа сточных вод. Для повышения эффективности и удешевления процесса очистки сточных вод от красителей в красильно-отделочном производстве целесообразно, во-первых, использовать локальную очистку для уменьшения объема очищаемых вод, во-вторых, использовать фотохимический метод для частичного разложения красителей и метод микробиологической очистки для последующего глубокого разложения образующихся промежуточных продуктов их фотодеструкции [1.186-с.]. Эффективным и относительно недорогим методом очистки сточных вод от различных органических соединений является микробиологическая очистка. Однако она также не обеспечивает полного обесцвечивания сточных вод, поскольку красители обладают способностью биосорбироваться и биоаккумулироваться в микроорганизмах активного ила и весьма устойчивы к биохимическому окислению. Однако их глубокая деградация и полная нейтрализация — довольно дорогостоящая задача.

После процесса крашения, в зависимости от класса красителя, типа окрашиваемого материала и других параметров, определённая доля

ISSN 3030-3907

красителей остаётся в обработанных технологических растворах и попадает в сточные воды. Для разных классов красителей эта доля может составлять от 5 до 50% от исходного количества красителя в красильной ванне.

В нашей республике проводится ряд научных исследований по созданию технологий активации и модифицирования природных глин или синтетического сырья с целью получения эффективных адсорбентов, в частности: изучение химического и минералогического состава минералов, определение оптимальных условий их обогащения, активации и модифицирования в зависимости от сорбционных свойств гидрослюд, подбор эффективных модифицирующих реагентов, определение механизма адсорбции различных веществ на поверхности адсорбентов имеет большое теоретическое и практическое значение. В процессе набухания вермикулита происходит испарение кристаллизованной между шариками слюды воды, что приводит к образованию макро- и микропор в частице вермикулита и увеличению ее удельной поверхности примерно в 5 раз. Сам вспученный вермикулит гидрофильн. Именно благодаря этим свойствам вермикулит может быть использован в качестве сорбента, позволяющего нейтрализовать сточные воды лакокрасочной промышленности, максимально выделить из них полезные продукты для утилизации или повторного использования (например, кислот и щелочей), а также перенаправить очищенную из них воду в систему промышленного водоснабжения.

Литературный обзор. Существует способ получения многофункционального бионанокомпозита из активированного хитозана и битуминозного угля (AC-BC) для очистки промышленных сточных вод с использованием метода адсорбции в неподвижном слое с нисходящим потоком. Крайне важно очищать промышленные сточные воды, разрабатывая экологичные и экономичные технологии, прежде чем сбрасывать их в окружающую среду, поскольку они обычно содержат несколько токсичных веществ. В противном случае они могут легко попасть в нашу пищевую цепочку, что приведёт к серьёзному ущербу для экологии, а также для общественной безопасности и/или здоровья. Чтобы решить эту серьёзную экологическую проблему, учёные пытаются разработать более эффективную, экономичную и экологичную технологию очистки промышленных сточных вод в режиме реального времени. Метод непрерывной колоночной адсорбции может быть очень инновационным и полезным благодаря своим выдающимся характеристикам. Однако бионанокомпозит на основе AC-BC может стать подходящим кандидатом благодаря своей доступности, биоразлагаемости, низкой стоимости, высокой

ISSN 3030-3907

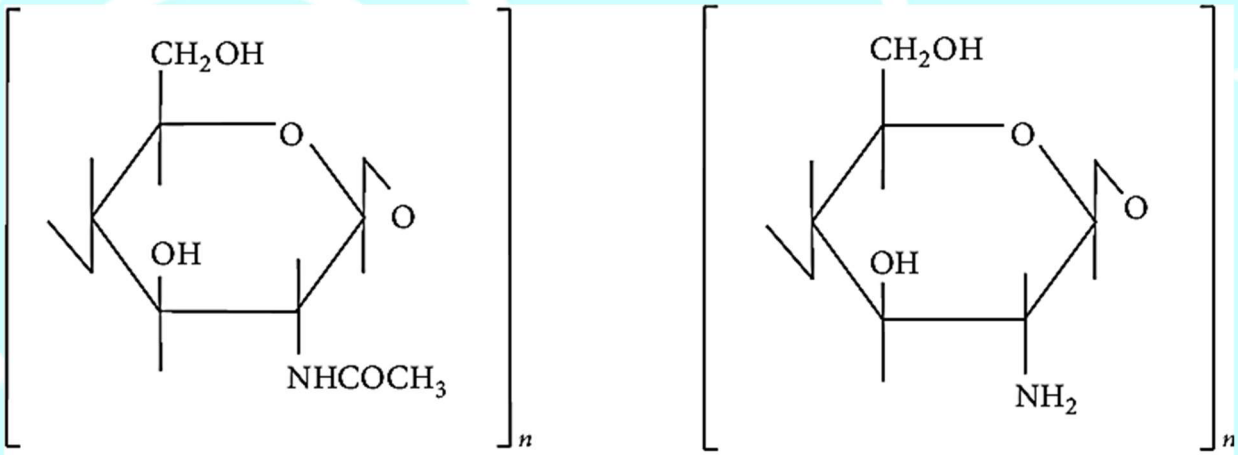
эффективности и выдающимся физико-химическим, термомеханическим и морфологическим свойствам, а также впечатляющим адсорбционным характеристикам. Тем не менее существуют некоторые трудности, связанные с фактической обработкой прекурсора, технологией производства и способом применения для очистки неочищенных сточных вод [2].

В другом исследовании изучается разложение и удаление красителя «желтый закат» из имитированных сточных вод с использованием методов окисления и адсорбции. Композит вермикулита/оксида железа был синтезирован методом соосаждения и использован для активации пероксимоносульфата (PMO) для разложения и удаления красителя «желтый закат». Метод поверхности отклика (RSM), основанный на центральном композитном дизайне (CCD), был использован для оптимизации влияния независимых факторов и их взаимодействия на удаление красителя «желтый закат». Максимальная эффективность удаления, превышающая 78,69%, была достигнута при pH 4, концентрации красителя «желтый закат» 30 мг/л, дозе окислителя персульфата 75 мМ, дозе композита вермикулита/оксида железа 3 г/л и времени реакции 20 минут. Процесс удаления красителя «желтый закат» усиливался с повышением температуры. Присутствие хлорида, нитрата и карбоната снижало эффективность разложения красителя «желтый закат» за счет реакции с основными радикалами. Предложенный механизм активации PMO показал, что SO4 •- играет ключевую роль в устранении деградации. Тесты на токсичность, проведенные с использованием Daphnia pulex, показали, что очищенные сточные воды требуют дальнейшей каталитической очистки и улучшения стабилизации благодаря присутствию ионов железа и промежуточных продуктов [3].

Существует исследование где, синтезирован ряд композитов хитозан-g-поли(акриловая кислота)/вермикулит на основе гидрогеля, которые использовались в качестве адсорбентов для изучения влияния таких параметров процесса, как содержание вермикулита, pH раствора красителя, время контакта, начальная концентрация раствора красителя, температура, ионная сила и концентрация поверхностно-активного вещества додецилсульфата натрия, на удаление метиленового синего (MC) из водного раствора. Результаты показали, что адсорбционная способность по отношению к красителю увеличивается с ростом pH, времени контакта и начальной концентрации красителя, но снижается с ростом температуры, ионной силы и концентрации додецилсульфата натрия в присутствии поверхностно-активного вещества. Кинетика адсорбции метиленового синего на гидрогелевом композите подчиняется псевдовторому порядку, а данные об адсорбционном равновесии соответствуют изотерме Ленгмюра.

ISSN 3030-3907

При добавлении 10 % вермикулита в хитозан-g-поли(акриловую кислоту) полимерную сетку полученный гидрогелевый композит продемонстрировал самую высокую адсорбционную способность в отношении метиленового синего и может рассматриваться как потенциальный адсорбент для удаления катионных красителей в процессе очистки сточных вод[4].



Chitin Chitosan

Методология исследования.

Хитозан – природный полимер XXI века. Уникальные свойства хитина и хитозана привлекают внимание большого числа специалистов самых разных специальностей. Роль полимеров в нашей жизни является общепризнанной, и все области их применения в быту, промышленном производстве, науке, медицине, культуре трудно даже просто перечислить. Если до XX века человеком использовались полимеры природного происхождения – крахмал, целлюлоза (дерево, хлопок, лен), природные полиамиды (шелк), природные полимерные смолы на основе изопрена – каучук, гуттаперча, то развитие химии органического синтеза в XX веке привело к появлению в различных областях деятельности человека огромного разнообразия полимеров синтетического происхождения – пластмасс, синтетических волокон и т.п.

Происшедший технологический прорыв не только кардинально изменил нашу жизнь, но и породил массу проблем, связанных с охраной здоровья человека и защитой окружающей среды.

Вышеуказанные задачи глубокой очистки сточных вод, их кондиционирования, а также извлечения из них ценных продуктов решаются с использованием различных методов физико-химической адсорбционной очистки текстильных сточных вод.

В нашем исследовании изучены модификация вспученного вермикулита хлоридом и серной кислотой, их физико-химические свойства, а также сорбционные показатели органоминеральных веществ по отношению

ISSN 3030-3907

к красителям и поверхностно-активным веществам в сточных водах текстильной промышленности [5.323-с.].

Извлечение хитина из пчелиного подмора и синтез хитозана осуществлялись химическим методом [6.29-32-с.].

Для сорбции красителя индиго использовался сорбент на основе вермикулита, модифицированного соляной кислотой и хитозаном на Бухарском хлопчатобумажном текстильном комбинате, где вырабатывается джинсовая ткань.

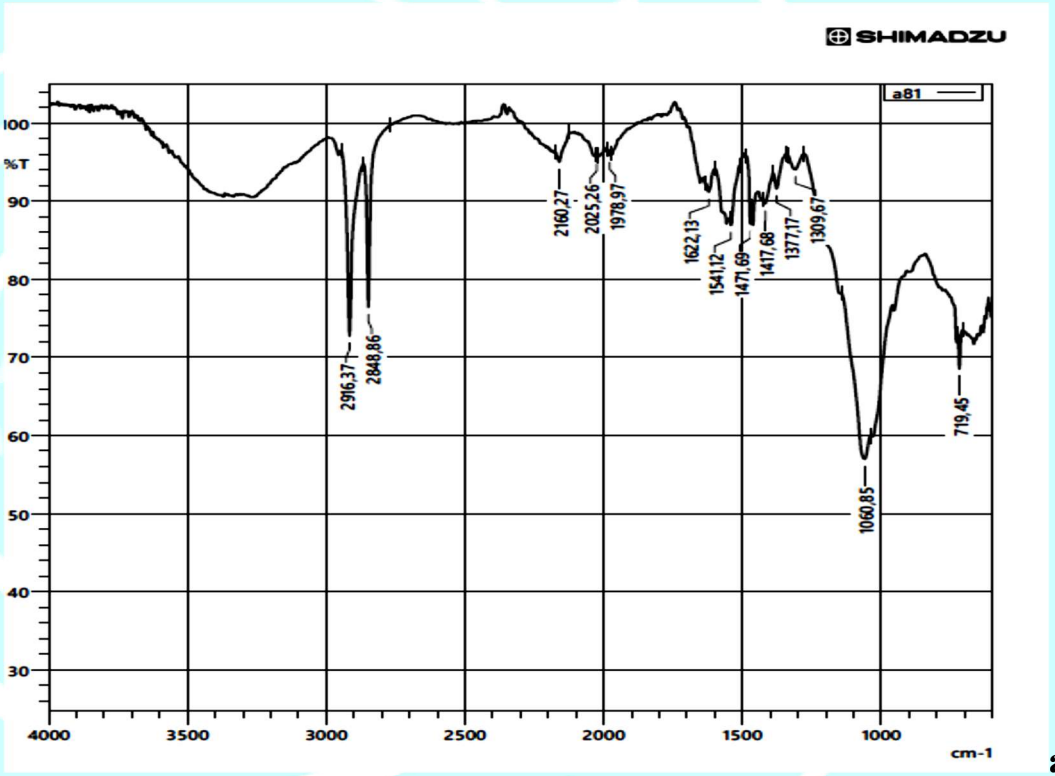


Рисунок 1. Хитозан, извлеченный из вспученного вермикулита и подмора пчел.

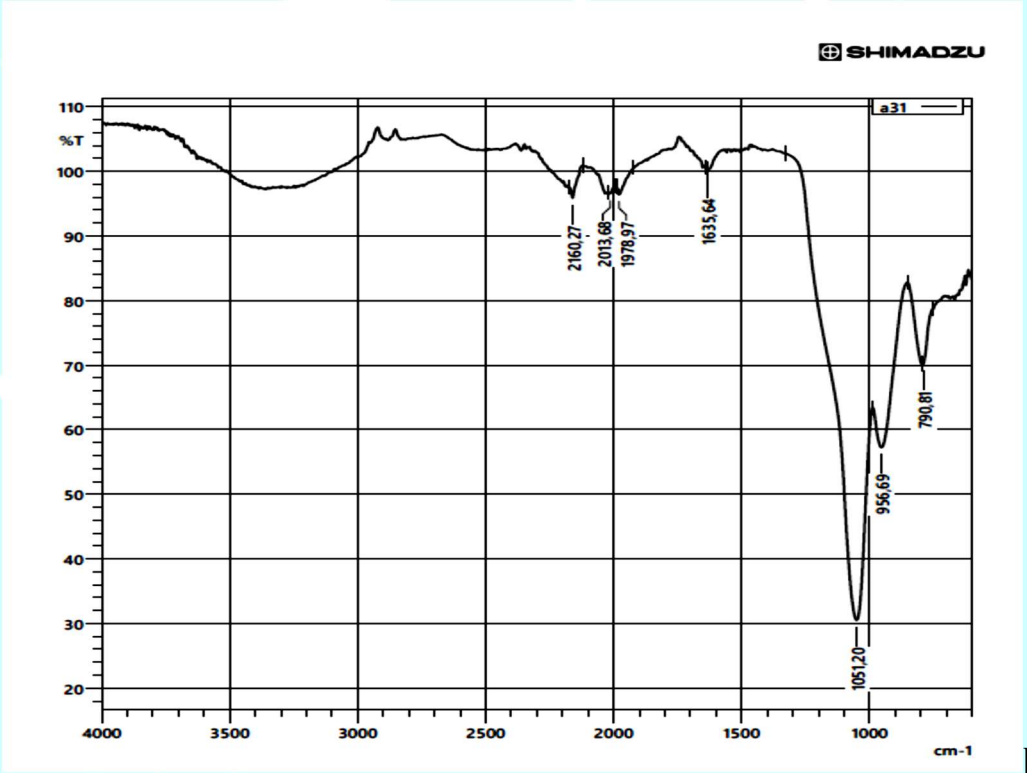
Модификацию проводили следующим образом: к 100 г высушенного до 120-150 °С вермикулита с размером частиц 0,10-0,05 мм добавляли 200 мл 7%-ной соляной кислоты и перемешивали в течение 24 часов с помощью магнитной мешалки. Затем полученную суспензию перемешивали в течение 24 часов при комнатной температуре, фильтровали до нейтральной среды и промывали дистиллированной водой. Полученный кислотно-модифицированный вермикулит высушивали до постоянного веса и анализировали физико-химическими методами. Затем такую же модификацию проводили 10, 12 и 24%-ными растворами соляной кислоты.

Обсуждение и результаты. Были получены ИК-спектры сорбентов на основе вермикулита, модифицированного двумя типами растворов соляной кислоты: 7 и 12% (рис. 2).

ISSN 3030-3907



a)



b)

ISSN 3030-3907

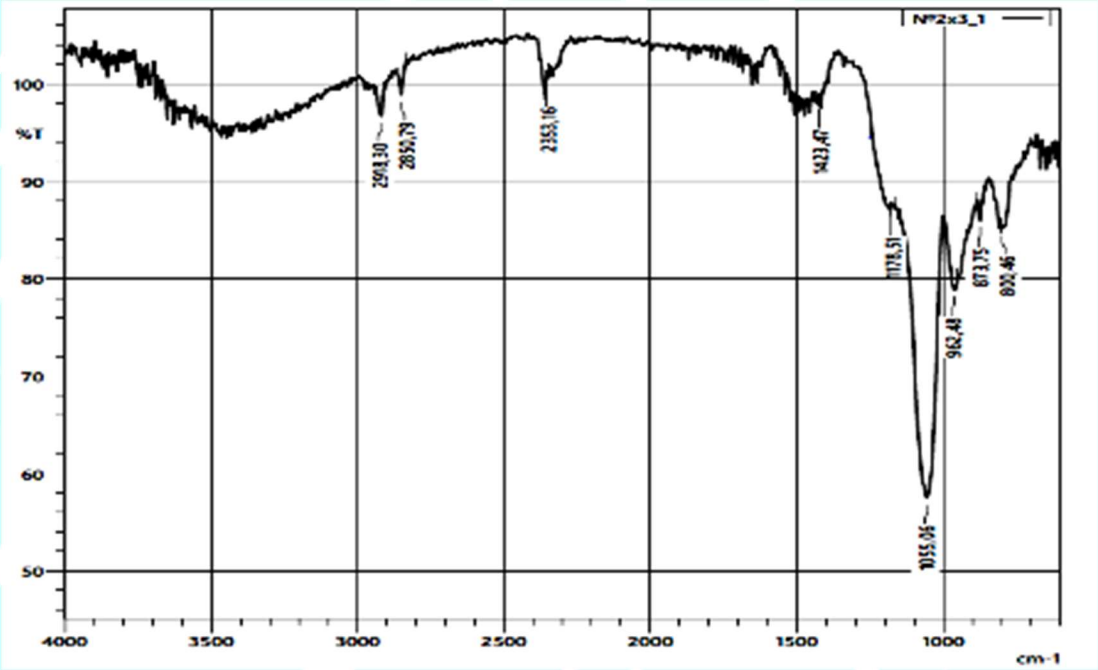


Рисунок 2. ИК-Фур-спектры а) вермикулита; б) вермикулита, модифицированного 7% HCl; в) органовермикулита

Как видно из рисунка 2, линия поглощения при 1643 $см^{-1}$ обусловлена деформационными колебаниями адсорбированных молекул воды, тогда как линия поглощения при 3459 $см^{-1}$ определяется валентными колебаниями её гидроксильных групп, а также значительным количеством воды, связанной со структурой с меньшей прочностью. Кроме того, в ИК-спектре исходного вермикулита обнаружены полосы поглощения при 1656 OH, 1429,72 иона Fe, 949,70 Si-O, 665,10 Me-O-Si (Fe, Al, Mg), 421,44 Si-O-Mg^{2+}, 417,59 Si-O-Ca-OH, а линии поглощения при 674 см-1 и 998 см-1 определяются валентными колебаниями связи Si-O. Расщепление частот валентных и деформационных колебаний связано с OH-группой воды и определяется наличием H_2O с различной степенью связи. Появление аморфной фазы после кислотной обработки легко обнаружить по появлению линии при 1200 $см^{-1}$, соответствующей валентным колебаниям Si–O силикатов (рис. 2, а, v).

Таблица-1

Результаты очистки сточных вод красильного цеха текстильной промышленности

Ko'rsatkich	Adsorbentlar				
	BAU*	VK+7%HCl+XZ	VK+12%HCl+XZ	VK+20%HCl+XZ	VK+28%HCl+XZ
	Kontsentratsiya, mg/l				
pH	6-11	6-8	6-9	6-9	8,5-9,5
Suv harorati, °C	30-50	20-40	30-40	20-40	25-50

ISSN 3030-3907

Muallaq moddalar, mg/l	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<0,1
Organik azot, mg/l	1,8-2,9	<1	<1,0	<0,1	1,5-2,5
Fosfatlar, PO_4^{-3}, mg/l	1-5	<1,1	<1,0	<1,0	1-5
Xloridlar Cl^-, mg/l	100	<100	<100	<100	<100
Bo'yoqlar, mg/l	<1	<1	<1	<3	≤1
KKI, mg O_2/l	20-25	9-15	15-20	<15-20	20-25≤
BPK, mg O_2/l	2-5	10-20	10-20	<5-10	2-5

Разработанные адсорбенты (ВК+HCl+ХЗ, ВК+ХЗ), предназначенные для очистки сточных вод от остатков краски, были экспериментально исследованы в лабораторных условиях компании «Дельта Румино» в процессе очистки сточных вод красильного цеха. Эксперименты проводились с 02.10.2021 по 05.05.2022. Исследовались различные пробы сточных вод с моечных машин и красильного оборудования. Концентрация красителей определялась спектрофотометрическими методами анализа в видимой области света.

В результате промышленных исследований определена эффективность адсорбционной очистки сточных вод красильного цеха с использованием разработанных органосорбентов, которая составила 94,5; 93,0; 95,6; 93,6 соответственно по красителям. Средний уровень очистки по показателям Xz-КВ и Xz-НаБ соответствует требованиям предприятий по промывке оборудования, что позволяет повторно использовать очищенные сточные воды в производственных циклах ООО «Дельта Румино».

Выводы и предложения: Известно, что промышленные предприятия во всем мире загрязняют сточные воды красителями, поверхностно-активными веществами, тяжелыми металлами, органическими реагентами. Так, удельный объем сточных вод, образующихся в красильно-отделочной промышленности, составляет 200-350 м на 1 тонну произведенной ткани. Разнообразие загрязняющих веществ и их природа требуют применения многофункциональных и селективных адсорбентов, способных удалять полярные и неполярные вещества. Такими свойствами могут обладать

ISSN 3030-3907

композитные сорбенты на основе вермикулита, модифицированного органическими молекулами.

Вермикулит был модифицирован соляной кислотой и хитозаном, изучено влияние изменения температуры, концентрации, времени и pH окружающей среды. Органосорбенты были использованы при очистке сточных вод текстильного предприятия «Бухарский хлопчатобумажный текстиль» и красильного цеха «Дельто Румино», выпускающего джинсовую ткань. Одновременно изучалось влияние значений pH окружающей среды на сорбционные параметры образцов органобентонита.

После очистки данные сточные воды по всем параметрам соответствуют требованиям МРЭК для сброса в канализацию. Такие воды не допускаются к сбросу в естественные водоемы, поэтому их необходимо очищать.

Результаты исследования показали, что сорбент влияет на прозрачность растворов красителей. Вероятно, проникновение крупных молекул красителей индиго ограничено из-за связывания активных ионов поверхностно-активных веществ с адсорбционными центрами и блокирования поверхности модифицированного вермикулита.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попова С.В. Обезвреживание сточных вод красильно-отделочных производств фотохимическим методом и микробиологической обработкой. Дисс…. канд.тех.наук. 2000 г. 186 с.

2. Md. Mahmudur Rahman, Md. Ismail Hossain, Bijoy Chandra Ghos, Md. Jasim Uddin, Salah Knani, Md. Waliullah, A state-of-the-art review focusing on the fabrication technique of activated chitosan-bitumin coal based multifunctional bionanocomposites for industrial wastewater treatment: Production, characterization, and fixed bed column adsorption study, Journal of Environmental Chemical Engineering, Volume 13, Issue 2, 2025, 115908, ISSN 2213-3437, https://doi.org/10.1016/j.jece.2025.115908.

3. Habib Abbasi, Esmail Mohseni, Zeinab Habibi, Removal and degradation of sunset yellow by Fe (II)-modified vermiculite, Results in Chemistry, Volume 16, 2025, 102408, ISSN 2211-7156, https://doi.org/10.1016/j.rechem.2025.102408.

4. Yi Liu, Yian Zheng, Aiqin Wang, Enhanced adsorption of Methylene Blue from aqueous solution by chitosan-g-poly (acrylic acid)/vermiculite hydrogel composites, Journal of Environmental Sciences, Volume 22, Issue 4, 2010, Pages 486-493, ISSN 1001-0742, https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60134-0.

5. Камская В.Е. Хитозан: структура, свойства и использование // Научное обозрение. Биологические науки. 2016. № 6. С. 36-42; URL: https://science-biology.ru/ru/article/view?id=1020

ISSN 3030-3907

6. ПНД Ф 14.1:2.159–2000 Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-иона в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом. – М.:Изд-во стандартов, 2000.– 6 с.
7. 85.ПНД Ф 14.1:2:3:4.123–97 Методика выполнения измерений биохимического потребления кислорода после n-дней инкубации ($БПК_{полн.}$) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 17 с.

ISSN 3030-3907