

ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД ОТ КРАСИТЕЛЯ «МЕТИЛЕНОВЫЙ ГОЛУБОЙ» СОРБЕНТАМИ, ПОЛУЧЕННЫМИ ИЗ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА

Моисеенко Н.В., студент гр. М-ХТ-20-1, I курс
Научный руководитель: Красникова Е.М., к.х.н., доцент
ФГБОУ ВО Липецкий государственный технический университет,
г. Липецк

Проблема загрязнения объектов окружающей среды, в частности водных сред, различными поллютантами является весьма актуальной, как в нашей стране, так и за рубежом. Основными источниками загрязнений водных сред являются различные предприятия тяжелой и легкой промышленности [1]. Так, в результате производственного цикла образуется большое количество сточных вод, в состав которых в зависимости от отрасли и назначения промышленного предприятия может входить широкий спектр различных поллютантов, таких как тяжелые металлы, фенолы, красители и так далее.

Существует довольно много способов очистки сточных вод – фильтрация, отстаивание, осмос, различные экстракционные и биохимические методы и многие другие. Одним из самых распространенных является адсорбционный метод очистки. Наиболее часто в качестве адсорбентов используют активные угли и силикагели, однако в последнее время исследовательский интерес привлекает синтез дешевых и эффективных адсорбционных материалов из различных отходов агропромышленного комплекса, деревообрабатывающей промышленности и т.д [2,3].

Целью данной работы стало исследование возможности применения сорбентов, полученных из стеблей подсолнечника [4], для очистки водных сред от красителя «метиленовый голубой».

Для увеличения адсорбционной способности исходного сырья проводили его модифицирование (активацию) несколькими способами.

Первый способ: исходное сырье измельчали до размера фракции не более 1,5 мм, сушили до постоянной массы при температуре 100-105 °С, а затем подвергали термической обработке при доступе воздуха при температуре 200 °С в течение 20 минут. После чего проводили дополнительную химическую обработку раствором пероксида водорода. Для этого обработанное сырье смешивали с раствором пероксида водорода с концентрацией 11% масс. (соотношение сырье: H_2O_2 – 1:10). Полученную смесь оставляли на сутки при комнатной температуре, после чего промывали дистиллированной водой до значения рН среды 6–7 и сушили до постоянной массы при температуре 100–105 °С. В результате получали сорбент СП–200– H_2O_2 [4].

Второй способ активации: стебли подсолнечника измельчали до размера фракции не более 0,63 мм, высушивали до постоянной массы при температуре 100–105 °С, заливали дистиллированной водой и кипятили в течение 5 минут. После чего сырье высушивали до постоянной массы и подвергали термической обработке при 200 °С в течение 20 минут. Затем проводили дополнительную химическую обработку раствором H₂O₂, однако в отличие от первого способа полученную смесь выдерживали в течение 1 часа на водяной бане. В результате получали сорбент СП–0,63–к–200–H₂O₂.

Для определения степени очистки и эффективности полученных сорбентов готовили пять растворов метиленового голубого с концентрацией 10, 75, 150, 300, 375 и 500 мг/л соответственно [5]. В конические колбы объемом 100 мл помещали навеску сорбента по 0,1 г и приливали по 25 мл раствора метиленового голубого. Колбы выдерживали 1 час, периодически интенсивно встряхивая (1 раз в минуту). После чего раствор фильтровали через бумажный фильтр и определяли концентрацию метиленового голубого в растворе фотоколориметрическим методом на фотоколориметре КФК–2 МП (Россия). Эффективность очистки определяли по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{исх.}} - C_{\text{кон.}}}{C_{\text{исх.}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $C_{\text{исх.}}$ – исходная концентрация метиленового голубого в растворе;

$C_{\text{кон.}}$ – конечная концентрация метиленового голубого в растворе.

Также определяли эффективность очистки, используя в качестве сорбента необработанные измельченные стебли подсолнечника в нативной форме (СП).

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Таблица 1–Эффективность очистки в зависимости от исходной концентрации метиленового голубого в растворе

Сорбент	Исходная концентрация метиленового голубого в растворе, мг/л					
	10	75	150	300	375	500
	Эффективность очистки, %					
СП	51	52,6	71,8	84,3	82,1	85,5
СП–200–H ₂ O ₂	84	82,1	88,7	88,6	87,6	85,6
СП–0,63–к–200–H ₂ O ₂	87	86,1	87,5	90,1	87,8	85,1

Из результатов видно, что эффективность очистки при использовании модифицированных стеблей подсолнечника значительно увеличивается в интервале концентраций метиленового голубого от 10 до 150 мг/л по сравнению с необработанным сырьем (СП). При дальнейшем увеличении концентрации метиленового голубого степень очистки практически не изменяется и находится у всех трех образцов в одном диапазоне значений.

На следующем этапе работы была определена равновесная адсорбционная активность сорбентов (A , мг/г. адсорбента) и построены

изотермы адсорбции (рис. 1-3). Равновесную адсорбционную активность по метиленовому голубому рассчитывали по следующей формуле:

$$A = \frac{(C_{\text{исх.}} - C_{\text{кон.}}) \cdot 0,025}{0,1} \quad (2)$$

где 0,025– объемл раствора метиленового голубого, л,
0,1– масса навески сорбента, г

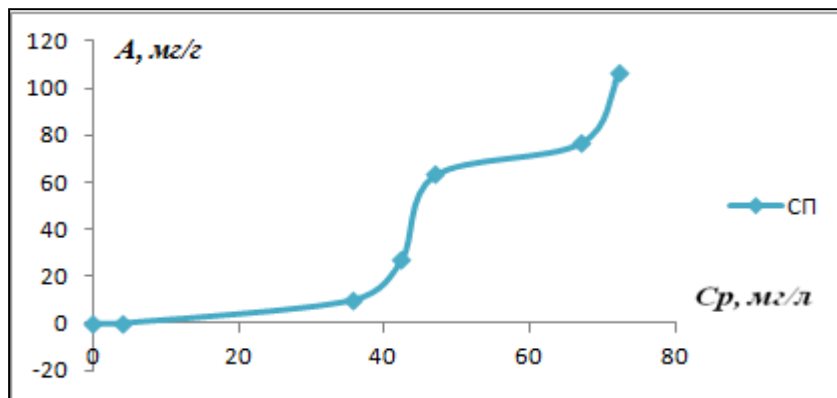


Рисунок 1– Изотерма адсорбции «метиленового голубого» на сорбенте СП

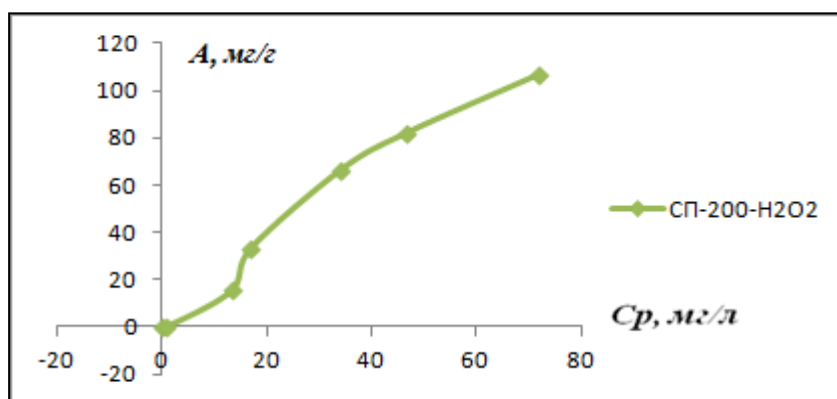


Рисунок 2– Изотерма адсорбции «метиленового голубого» на сорбенте СП-200–H₂O₂

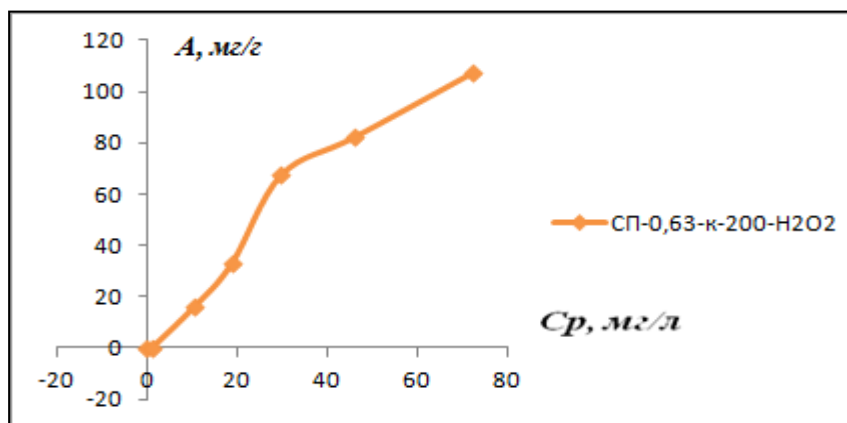


Рисунок 3– Изотерма адсорбции «метиленового голубого» на сорбенте СП-0,63–к–200–H₂O₂

Анализируя результаты, можно сделать вывод, что активация исходного сырья приводит к увеличению адсорбционной емкости по метиленовому голубому на начальном участке изотермы, при дальнейшем повышении исходной концентрации метиленового голубого это увеличение незначительно. Изотермы адсорбции метиленового голубого на сорбентах СП, СП–200–Н₂О₂ и СП–0,63–к–200–Н₂О₂ можно отнести к изотермам класса S по классификации Гилльса. Для таких изотерм характерен начальный вогнутый относительно оси равновесных концентраций участок, а затем точка перегиба или плато. Это может быть связано с тем, что наступает сильное взаимодействие между адсорбированными молекулами, при этом происходит ослабление взаимодействия молекул адсорбата с адсорбентом [6].

Полученные изотермы были также обработаны в рамках четырех адсорбционных моделей – Ленгмюра, БЭТ, Фрейндлиха и Темкина [7]. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2– Обработка изотерм адсорбции в рамках моделей Ленгмюра, БЭТ, Фрейндлиха и Темкина

СП		
Модель адсорбции	Уравнение	R ²
Ленгмюра	y=0,0416x+0,0189	0,998
БЭТ	y=-4·10 ^{-0,5} x+0,0025	0,278
Фрейндлиха	y=0,4425x+2,2503	0,9713
Темкина	y=0,0189x+2,6108	0,5415
СП–200–Н ₂ О ₂		
Модель адсорбции	Уравнение	R ²
Ленгмюра	y=0,1748x+0,0291	0,9963
БЭТ	y=-7·10 ^{-0,6} x+0,0005	0,131
Фрейндлиха	y=0,6976x+0,665	0,9495
Темкина	y=0,0373x+0,8186	0,7995
СП–0,63–к–200–Н ₂ О ₂		
Модель адсорбции	Уравнение	R ²
Ленгмюра	y=0,2424x+0,0311	0,9947
БЭТ	y=-4·10 ^{-0,6} x+0,0003	0,096
Фрейндлиха	y=0,7232x+0,5164	0,9597
Темкина	y=0,0374x+0,7574	0,8221

Из результатов видно, что адсорбция метиленового голубого согласуется с моделями Ленгмюра и Фрейндлиха, коэффициент аппроксимации R² в данном случае максимально приближается к 1. То есть протекает монослойная адсорбция, однако при недостатке свободных центров возможно взаимодействие между адсорбированными молекулами, что, по всей видимости, и объясняет S-образную форму изотерм.

Таким образом, можно сделать вывод, что полученные нами сорбенты из стеблей подсолнечника могут быть использованы для очистки водных сред от красителя «метиленовый голубой». Адсорбционная емкость полученных

сорбентов достигает 107 мг/г. адсорбента, а эффективность очистки 90,1 %. В ходе работы также были построены изотермы адсорбции и выполнено математическое описание процесса в рамках четырех адсорбционных моделей. Выявлено, что лучше всего полученные данные согласуются с моделями Ленгмюра и Фрейндлиха.

Использование отходов агропромышленного комплекса в качестве сорбционных материалов в природоохранных технологиях является перспективным и интересным направлением научных исследований.

Список литературы:

1. Давлетшина А. Д. Загрязнение водоемов. Промышленная экология //Символ науки. – 2016. – № 12-3.
2. Булавка Ю. А., Якубовский С. Ф., Майорова Е. И. Использование отходов агропромышленного комплекса для получения нефтяных сорбентов //XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – Т. 2. – № 4.
3. Андриянцева С. А., Красникова Е. М. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СОРБЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ АГРОПРОМЫШЛЕННОГО КОМПЛЕКСА //Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии-2018. – С. 201-203.
4. Моисеенко Н. В., Красникова Е. М. Исследование возможности получения сорбционных материалов путем термического и химического модифицирования стеблей подсолнечника //Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 70-2. – С. 15-19.
5. Свергузова С. В. и др. Извлечение красителя " Метиленовый голубой" из водного раствора сорбционными материалами из скорлупы арахиса //Вестник технологического университета. – 2020. – Т. 23. – № 1. – С. 79-83.
6. Бунькова Е. А., Евтюхина И. С. ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ ИЗОТЕРМЫ АДсорбции УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ НАНОПОРИСТЫМ СОРБЕНТОМ $Al_2O_3-Na_2SiO_3$ //Наука и образование: новое время. – 2019. – № 1. – С. 8-12.
7. Зеленцов В. И., Дацко Т. Я. Применение адсорбционных моделей для описания равновесия в системе оксигидроксид алюминия фтор //Электронная обработка материалов. – 2012. – Т. 48. – № 6.