

УДК 544.723

УМАРОВА К.В., студент гр. ХО-51М (ЮЗГУ)
ЛЫСЕНКО А.В., к.х.н., доцент (ЮЗГУ)
г. Курск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА РЕАКЦИИ ГИДРОХИНОНА НЕТРАДИЦИОННЫМИ СОРБЕНТАМИ

Российские ученые совместно с иностранными коллегами синтезировали искусственный фермент, который позволяет обнаружить даже следовые количества гидрохинона — вещества, которое в больших количествах может быть токсично и вызывать поражения глаз и кожи, а также наносить вред окружающей среде. Рекордную точность определения обеспечила слоистая структура материала в сочетании с ионами меди [1-2].

В поверхностные воды гидрохинон попадает со сточными водами производства пластмасс, кинофотоматериалов, красителей, предприятий нефтеперерабатывающей промышленности [3-4]. Сброс фенольных вод в водоемы и водотоки резко ухудшает их общее санитарное состояние, оказывая влияние на живые организмы не только своей токсичностью, но и значительным изменением режима биогенных элементов и растворенных газов (кислорода, углекислого газа) [5-6]. Наиболее безопасным, эффективным и недорогим способом очищения сточных вод является сорбция.

В качестве сорбентов использовали непищевые отходы переработки пшеницы, кожевенную стружку и гранулы полипропилена. Для изучения кинетических характеристик проводили одноступенчатую статическую сорбцию. К 1 г каждого из сорбентов приливали 50 см³ водного раствора фенола с концентрацией 0,1 моль/дм³. Время сорбции составило 10, 15, 20, 25 и 30 минут. После истечения времени сорбции растворы отфильтровывали [7].

Для определения пирокатехина в растворах после сорбции взаимодействием с хлоридом железа (III) получали его окрашенное комплексное соединение. Для этого отбирали 5 см³ растворов после сорбции, помещали их в мерные колбы на 50 см³, добавляли 5 см³ хлорида железа (III) и доводили объемы растворов до метки дистиллиированной водой. Полученные окрашенные растворы комплексного соединения гидрохинона фотометрировали при 425 нм [8].

По градуировочному графику, построенному на основании результатов калибровки прибора, определяли концентрацию гидрохинона в образцах [9]. Далее определяли порядок реакции сорбции графическим и интегральным методами [10].

Предварительно для определения порядка реакции были построены кинетические кривые сорбции гидрохинона с нетрадиционными сорбентами по полученным концентрациям. В таблице 1 представлены получившиеся значения.

Таблица 1. Экспериментальные данные процесса сорбции гидрохинона из водных растворов нетрадиционными сорбентами

Сорбент	t, мин	$\Gamma, \%$	C, моль/дм ³	ln(C)	1/C, дм ³ /моль
Непищевые отходы переработки пшеницы	10	98	0,002	-6,214	500,0
	15	98,2	0,0018	-6,319	555,5
	20	98,4	0,0016	-6,438	625,0
	25	98,6	0,0014	-6,571	714,3
	30	98,8	0,0012	-6,725	833,3
Кожевенная стружка	10	98	0,002	-6,214	500,0
	15	98,3	0,0017	-6,377	588,2
	20	98,5	0,0015	-6,502	666,7
	25	98,6	0,0014	-6,571	714,3
	30	98,7	0,0013	-6,645	769,2
Полиэтилен	10	98,1	0,0019	-6,266	526,3
	15	98,4	0,0016	-6,437	625,0
	20	98,5	0,0015	-6,502	666,7
	25	98,7	0,0013	-6,645	769,2
	30	98,8	0,0012	-6,725	833,3

Для первого порядка реакции построили графики в координатах $\ln(C) = f(t)$, а для второго порядка $1/C = f(t)$, представленные на рисунках 1-2.

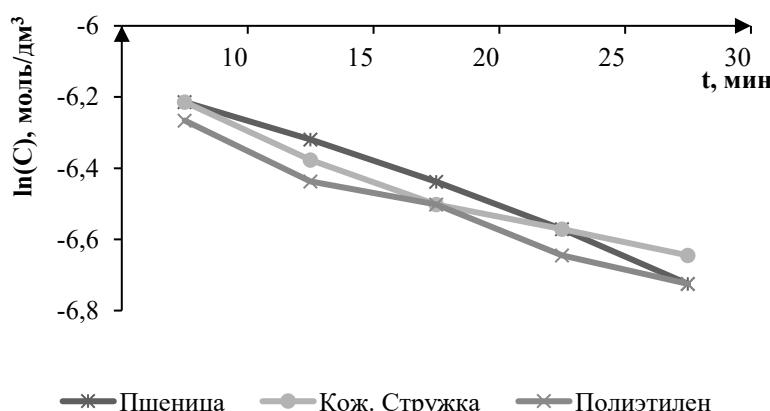
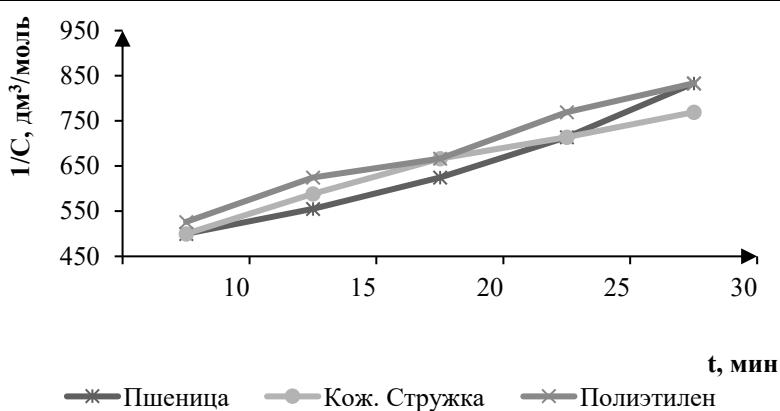


Рисунок 1. График зависимости ln(C) от времени для гидрохинона

Рисунок 2. График зависимости $1/C$ от времени для гидрохинона

Для определения порядка реакции сравнивали коэффициенты корреляции (R^2_1 , R^2_2) из графиков для каждого сорбента. Если график линейный (коэффициент корреляции близок к 1 по модулю), то он соответствует предварительному порядку реакции. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции для кинетических графиков

Сорбент	R^2_1	R^2_2
Непищевые отходы переработки пшеницы	-0,99723	0,98871
Кожевенная стружка	-0,98175	0,99152
Полиэтилен	-0,99041	0,99383

Для более точного определения порядка реакций был использован интегральный метод. Для этого рассчитали константы скорости сорбентов для первого и второго порядка реакций (k_1 , k_2) по формулам 1-2.

Для 1-го порядка реакции использовали формулу 1:

$$k_1 = \frac{\ln \frac{C_0}{C}}{t}, \quad (1)$$

Для 2-го порядка реакции использовали формулу 2:

$$k_2 = \frac{\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0}}{t}, \quad (2)$$

где C – концентрация адсорбата в момент времени t , моль/дм³;
 C_0 – исходная концентрация адсорбата, 0,1 моль/дм³;
 t – время, мин.

Если рассчитанные константы скорости совпадают, значит, порядок реакции определен верно. Нулевой порядок реакции не использовали в расчетах,

потому что при этом порядке скорость реакции постоянна во времени и не зависит от концентрации реагирующих веществ.

Полученные данные представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение констант скорости сорбентов

Сорбент	t, мин	k ₁	k ₂
Непищевые отходы переработки пшеницы	10	0,17	57,6
	15		45,6
	20		34,8
	25		28,2
	30		19,4
Кожевенная стружка	10	0,14	49,0
	15		36,4
	20		33,8
	25		22,2
	30		20,4
Полиэтилен	10	0,14	67,0
	15		55,0
	20		44,9
	25		32,9
	30		27,0

Таким образом, сорбция гидрохинона всеми исследуемыми нетрадиционными сорбентами имеет первый порядок реакции, что было доказано графическим и интегральным методом.

При сравнении констант скорости видно, что наименьшую скорость сорбции имеют кожевенная стружка и полиэтилен. А вот самое высокое значение имеет пшеница. Благодаря этому можно сделать вывод о том, что непищевые отходы переработки пшеницы поглощают двухатомные фенолы не только количественно больше, но и немного быстрее.

Таким образом, непищевые отходы переработки пшеницы превосходят другие исследуемые сорбенты по ряду показателей. При этом полиэтилен и кожевенная стружка также поглощают двухатомные фенолы и могут быть использованы для очищения от вредных и токсичных веществ.

Список литературы:

1. Сазонова, А.В. Перспективы использования природных сорбентов для очистки сточных вод от техногенных загрязнений / А.В. Сазонова, С.Е. Лямцев // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии, 2015. № 3 (16). С. 80-85.
2. Волвенкина, К.В. Изучение сорбции фенола полиэтиленом / К.В. Волвенкина, З.С. Коновалцева // Молодежь и наука: шаг к успеху: сборник научных статей 7-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых

ученых, Курск, 21-22 марта 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 68-71.

3. Коновалцева, З.С. Изучение сорбции пирокатехина кожевенной стружкой / З.С. Коновалцева, К.В. Волвенкина, О.В. Бурыкина // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2023: Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09-10 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 21-24.

4. Патент на изобретение RU 2424193 C1, 20.07.2011. Способ сорбционной очистки сточных вод от фенолов. В.С. Мальцева, Т.А. Будыкина, А.В. Сазонова. Заявка № 2009143280/05 от 23.11.2009.

5. Коновалцева, З.С. Изучение сорбции пирокатехина отходами переработки пшеницы / З.С. Коновалцева, К.В. Волвенкина, О.В. Бурыкина // Фундаментальные и прикладные исследования в области химии и экологии – 2023: Сборник научных статей Международной научно-практической конференции, Курск, 11 октября 2023 года. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2023. – С. 31-34.

6. Мальцева, В.С. Исследование механизма сорбции фенола из сточных вод природными сорбентами / В.С. Мальцева, А.В. Сазонова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Физика и химия, 2013. №1. С. 065-074.

7. Волвенкина, К.В. Изучение сорбции гидрохинона кожевенной стружкой / К.В. Волвенкина, З.С. Коновалцева // Молодежь и наука: шаг к успеху: сборник научных статей 7-й Всероссийской научной конференции перспективных разработок молодых ученых, Курск, 21-22 марта 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 65-68.

8. Волвенкина, К.В. Анализ изотермы сорбции раствора фенола отходами переработки зерновых культур / К.В. Волвенкина, З.С. Коновалцева // Юность и знания – гарантия успеха – 2022: сборник научных статей 9-й Международной молодежной научной конференции: в 3 т., Курск, 15-16 сентября 2022 года. Том 3. – Курск: Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 58-60.

9. Бурыкина, О.В. Изучение сорбции фенола непищевыми отходами переработки пшеницы / О.В. Бурыкина, З.С. Коновалцева, К.В. Волвенкина // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. – 2023. – Т. 13, № 2. – С. 222-234.

10. Волвенкина, К.В. Изучение сорбции фенола кожевенной стружкой / К.В. Волвенкина, З.С. Коновалцева, О.В. Бурыкина // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых – 2023: Сборник научных статей 12-й Международной молодежной научной конференции. В 4-х томах, Курск, 09-10 ноября 2023 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2023. – С. 13-15.