

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРЯДКА РЕАКЦИИ ПИРОКАТЕХИНА НЕТРАДИЦИОННЫМИ СОРБЕНТАМИ

Одной из актуальных проблем для современного общества является обеспечение доступа к чистой воде. Природные водоемы часто подвержены загрязнению различными органическими соединениями, наиболее распространенным из которых является фенол [1-2].

Загрязнение сточных вод промышленными отходами – это процесс, при котором в воду попадают вредные вещества, образовавшиеся в результате производственных процессов на предприятиях. Это ухудшает качество воды, делает её непригодной для использования в различных целях (питьё, орошение, отдых) и опасной для водных обитателей. В качестве перспективного метода очистки природных вод от органических и неорганических загрязнителей рассматривается сорбция [3-4]. Этот метод отличается высокой эффективностью, технологической простотой и экономической целесообразностью [5-6].

В качестве сорбентов использовали непищевые отходы переработки пшеницы, кожевенную стружку и гранулы полиэтилена. 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 дистиллированной водой. Полученные окрашенные растворы комплексного соединения пирокатехина фотометрировали при 425 нм [8].

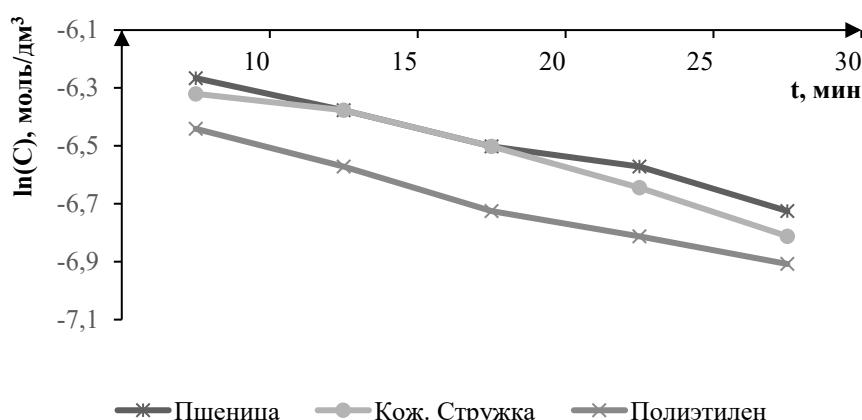
По градуировочному графику, построенному на основании результатов калибровки прибора, определяли концентрацию пирокатехина в образцах [9]. Далее определяли порядок реакции сорбции графическим и интегральным методами [10].

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

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

Сорбент	t , мин	Γ , %	C , моль/дм ³	$\ln(C)$	$1/C$, дм ³ /моль
Непищевые отходы переработки пшеницы	10	98,1	0,0019	-6,266	526,3
	15	98,3	0,0017	-6,377	588,3
	20	98,5	0,0015	-6,502	666,6
	25	98,6	0,0014	-6,571	714,3
	30	99	0,001	-6,725	833,3
Кожевенная стружка	10	98,2	0,0018	-6,320	555,6
	15	98,3	0,0017	-6,377	588,2
	20	98,4	0,0016	-6,502	666,7
	25	98,7	0,0013	-6,645	769,2
	30	98,9	0,0011	-6,812	909,1
Полиэтилен	10	98,4	0,0016	-6,441	625
	15	98,6	0,0014	-6,572	714,3
	20	98,8	0,0012	-6,725	833,3
	25	98,9	0,0011	-6,812	909,1
	30	99	0,001	-6,908	1000

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 пирокатехина

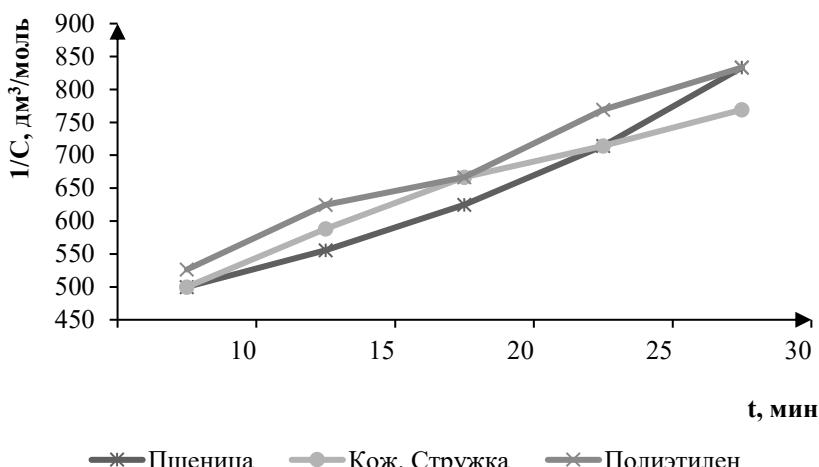


Рисунок 2. График зависимости $1/C$ от времени для пирокатехина

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	-0,99517	0,98997
Кожевенная стружка	-0,98661	0,97503
Полиэтилен	-0,99382	0,99787

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	0,2	51,6
	15		38,6
	20		32,8
	25		28,2
	30		27,4
Кожевенная стружка	10	0,19	49,0
	15		36,4
	20		30,8
	25		28,2
	30		27,4
Полиэтилен	10	0,18	65,0
	15		50,0
	20		37,9
	25		32,9
	30		30,0

Таким образом, сорбция пирокатехина всеми исследуемыми нетрадиционными сорбентами имеет первый порядок реакции, что было доказано графическим и интегральным методами. Сравнительный анализ констант скорости сорбции показал, что наименьшей скоростью поглощения характеризуются кожевенная стружка и полиэтилен. В то же время отходы пшеницы демонстрируют наибольшую скорость сорбции. Следовательно, непищевые отходы переработки пшеницы обладают не только более высокой эффективностью, но и более быстрым поглощением двухатомного фенола по сравнению с другими исследованными сорбентами.

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. Коновальцева, З.С. Изучение сорбции пирокатехина кожевенной стружкой / З.С. Коновальцева, 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 С1, 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. Коновальцева, З.С. Изучение сорбции пирокатехина отходами переработки пшеницы / З.С. Коновальцева, 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. Коновальцева // 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. Коновальцева // Юность и знания – гарантia 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. Коновальцева, 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. Коновальцева, 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.