

УДК 621.316

БАБАНИНА М.Н., студент гр. ХТ-116 (ЮЗГУ),
ЛЫСЕНКО Е.А., студент гр. ХТ-31м (ЮЗГУ),
ЛЫСЕНКО А.В., к.х.н., доцент (ЮЗГУ)
г. Курск

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЦИНКА (II) ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННЫМ ДЕФЕКАТОМ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Увеличивающиеся масштабы потребления питьевой и технологической воды на фоне постоянно возрастающих требований к ее качеству обуславливают необходимость разработки все более эффективных способов удаления загрязняющих веществ. Среди методов, успешно применяющихся для решения этой задачи, широкое распространение получила технология сорбционной очистки.

Сорбция представляет собой один из наиболее эффективных методов глубокой очистки сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной, химической, нефтехимической, текстильной и других отраслей промышленности от растворенных органических веществ. Сорбционная очистка может применяться как самостоятельно, так и совместно с биологической очисткой в качестве метода предварительной и глубокой очистки [1-3]. Среди преимуществ этой методики — возможность адсорбции веществ многокомпонентных смесей и высокая эффективность очистки (особенно это касается слабоконцентрированных сточных вод). Сорбционные методы весьма эффективны для извлечения из сточных вод ценных растворенных веществ с их последующей утилизацией, а также для использования очищенных сточных вод в системе оборотного водоснабжения промышленных предприятий [4-6].

Основным элементом для осуществления сорбции является материал-сорбент, который обладает достаточно развитой поверхностью и, как следствие, способен к поглощению загрязнений из воды. При сорбционной очистке сточных вод применяются различные сорбенты, в том числе и техногенные. Одним из техногенных сорбентов является отход сахарного производства — дефекат, образующийся на стадии очистки (сатурации) диффузионного сока сахарной свеклы, что происходит в результате фильтрации соков на пресс-фильтрах [7-9].

Исследование зависимости влияния на кинетику внешней диффузии в процессе извлечения ионов цинка (II) из водных растворов дефекатом проводили с помощью метода одноступенчатой статической сорбции. Сорбцию осуществляли из постоянного объема раствора ($V=20\text{ см}^3$), добавляя к водным растворам, содержащим ионы цинка (II) одинаковой концентрации ($C_0=0,1\text{ г/дм}^3$) навески различных видов дефеката ($m=1\text{ г}$). Затем полученную смесь (от 1 до 60 мин) перемешивали, фильтровали и определяли остаточную концентрацию ионов цинка (II) в фильтрате ($C_{\text{ост}},\text{ г/дм}^3$) спектрофотометрическим методом.

Для активации поверхности и получения термически модифицированного дефеката (ТД) проводили традиционную термическую обработку путем

прокаливания исходного дефеката в течение 30 минут в муфельной печи при 100-200°C.

Степень извлечения ионов цинка (II) дефекатом из водных растворов вычисляли по формуле:

$$S = \frac{(C_0 - C_{\text{ост}}) \cdot 100\%}{C_0}, \quad (1)$$

где C_0 и $C_{\text{ост}}$ — исходная и остаточная концентрации модельного водного раствора, содержащего ионы цинка (II) соответственно (г/дм³).

Кинетические кривые извлечения ионов цинка (II) дефекатом из водных растворов представлены на рисунке 1.

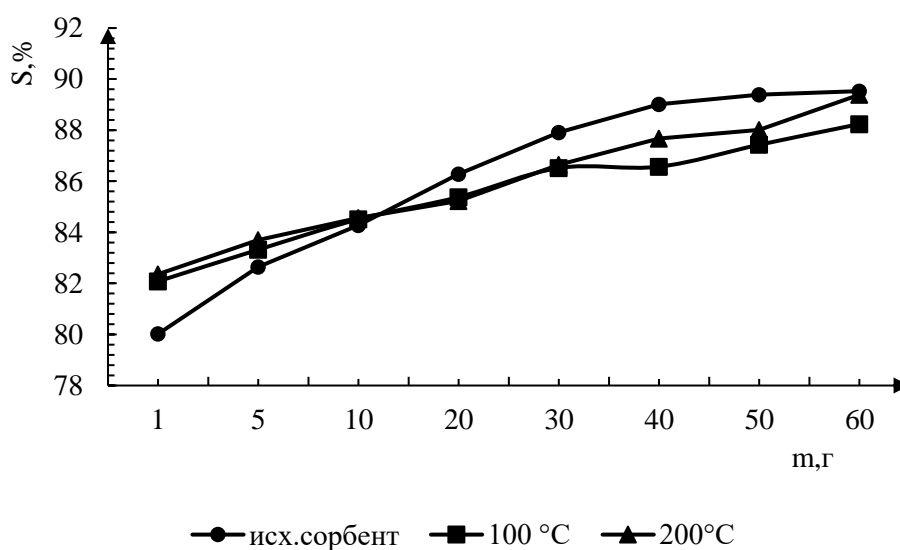


Рисунок 1. Кинетические кривые извлечения ионов цинка (II) дефекатом из водных растворов

Таким образом при $t=60$ мин степень извлечения исходного дефеката, промытого водой, достигла 91,88%; ТД (100°C) — 91,78%; ТД (200°C) — 92,50%. При $t=1$ мин минимальное значение степени извлечения исходным дефекатом было равно 80,02%. Можно отметить, что с увеличением времени степень извлечения постепенно возрастает.

Критерием определения стадии, лимитирующей скорость извлечения ионов цинка (II) дефекатом из водных растворов, служит соблюдение прямой зависимости $-\ln(1-F)$ от t .

Сделать вывод о течении извлечения, а также соотнести относительные скорости извлечения ионов цинка (II) из водных растворов позволило представление экспериментальных данных как зависимости степени достижения равновесия процесса сорбции (F) от времени (t):

$$F = \Gamma t / \Gamma_e, \quad (2)$$

Γ_e — количество сорбированного вещества в состоянии равновесия, ммоль/г.

Критерием определения лимитирующей стадии сорбции служит соблюдение прямой зависимости $-\ln(1-F)$ от t . По этой причине с целью подтверждения влияния внешней диффузии на скорость извлечения была проведена соответствующая обработка кинетических кривых.

Зависимости $-\ln(1-F) = f(t)$ процесса извлечения ионов цинка (II) дефектатом из водных растворов приведены на рисунке 2.

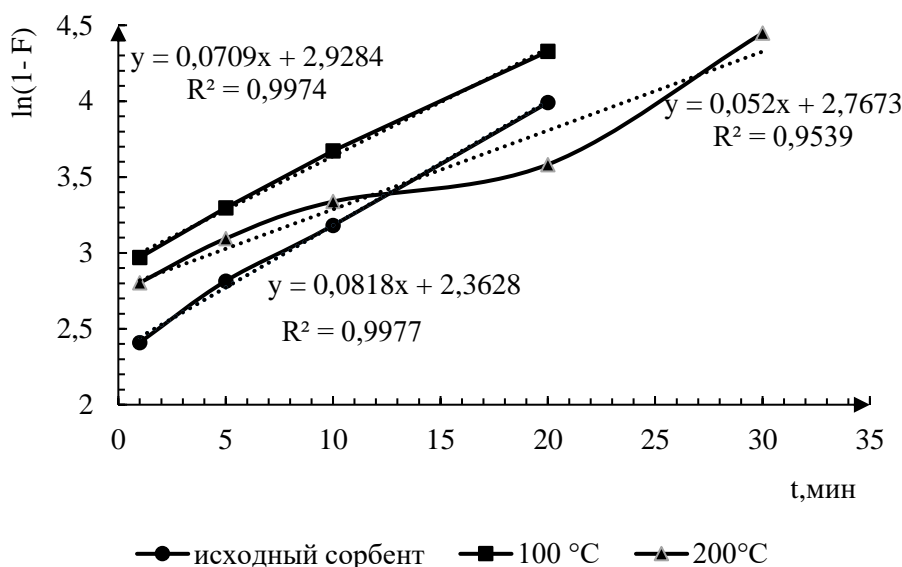


Рисунок 2. Зависимости $-\ln(1-F) = f(t)$ процесса извлечения ионов цинка (II) дефектом из водных растворов

Данные расчета внешней диффузии при сорбции ионов цинка (II) дефектатом из водных растворов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Данные расчета внешней диффузии при сорбции ионов цинка (II) дефектатом из водных растворов

Время	1	5	10	20	30	40	50	60
Исходный дефекат (ИД)								
F	0,9410	0,9401	0,9585	0,9815	1,0000	1,0125	1,0168	1,0184
-ln(1-F)	2,4101	2,8150	3,1820	3,9889	-	-	-	-
R ²	0,9977							
ТД 100°С								
F	0,9487	0,9630	0,9746	0,9868	1,0000	1,0050	1,0105	1,0198
-ln(1-F)	2,9700	3,2968	3,6730	4,3275	-	-	-	-
R ²	0,9974							

ТД 200°C								
F	0,9343	0,9547	0,9645	0,9722	0,9883	1,0000	1,0039	1,0196
$-\ln(1-F)$	2,8034	3,0944	3,3382	3,5827	4,4482	-	-	-
R^2	0,9539							

Как видно из всех предоставленных нами выше кинетических параметров внешней диффузии сорбентов, величина A для немодифицированного и модифицированного дефеката превышает 2. Следовательно, внешнедиффузионные процессы влияют на процесс сорбции.

Влияние внешней диффузии при сорбции модифицированным и немодифицированным дефекатом ионов цинка (II) из водных растворов увеличивается в ряду сорбентов следующим образом: ИД — ТД (100°C) — ТД (200°C) — промывые водой (ИД; ТД (100°C); ТД (200°C)).

Прямые зависимости $-\ln(1-F)$ от t имеют достаточно высокую величину доверительной аппроксимации $R^2=0,7949-0,9977$.

Установлено, что процесс извлечения ионов цинка (II) дефекатом из водных растворов идет в смешанно-диффузионном режиме. Поэтому для описания сорбции можно использовать традиционные методы кинетического анализа, которые учитывают в качестве лимитирующей стадии только внутреннюю или внешнюю диффузию. Вероятнее всего, наблюдается суммарный эффект действия этих двух стадий. Разделить вклад диффузионных процессов и химической стадии на основе формальной кинетики не представляется возможным.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что термическая модификация дефеката улучшает его качества как сорбента, а, следовательно, повышает эффективность процесса извлечения ионов цинка (II) дефекатом из водных растворов.

Дальнейшие исследования отходов сахарного производства в качестве сорбентов могут не только помочь в разработке эффективного способа очистки сточных вод от загрязнений, но и стать основой для экономически выгодного способа улучшения экологической обстановки окружающей среды [9].

Список литературы:

1. Шабалина К.И. Очистка сточных вод от прямых красителей отходами деревообрабатывающей промышленности / К.И. Шабалина, В.С. Мяснянкина, А.В. Лысенко, В.С. Мальцева // Страна живет, пока работают заводы: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции. - 2015. - С. 388-391.
2. Сомин В.А. Очистка воды от ионов Cu^{2+} и Ni^{2+} с использованием сорбентов на основе древесных отходов / В.А. Сомин, В.М. Осокин, Л.Ф. Комарова // ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». г. Барнаул - 2015.
3. Каткова С.А. Физико-химические методы очистки сточных вод / С.А. Каткова, О.А. Апанасенко, Н.Н. Жамская, Л.С. Бянкина, И.Г. Хальченко. // Научные труды Даль-рыбвтуза. - 2009.

4. Очистка производственных сточных вод: уч. пособие для вузов / С.В. Яковлева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, - 1985. - 335 с.
5. Панарин В.Ю. Появление первых теорий адсорбции 20 веке / В.Ю.Панарин, Е.А. Баум, С.Н. Ланин // Сорбционные и хроматографические процессы. - 2019. - Т. 19. - №3 - С. 367-375.
6. Мальцева В.С., Сазонова А.В., Роик Б.О. Кинетика сорбции ионов меди (II) из водных растворов нетрадиционными материалами / В.С. Мальцева, А.В Сазонова, Б.О. Роик // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Физика и химия. - 2012. - № 2. - С. 163-166.
7. Сазонова А.В. Перспективы использования отходов свеклосахарного производства в качестве сорбентов / А.В. Сазонова, В.С. Мальцева // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. - 2012. - № 1 (49). - С. 16-18.
8. Солуковцева Т.В. Влияние массы термически обработанного фильтрационного осадка на эффективность извлечения ионов меди (II) из сточных вод гальванических производств / Т.В. Солуковцева, А.В. Лысенко // Молодежь и XXI век – 2018: материалы VIII Международной молодежной научной конференции Курск, -2018. - С. 55-58.
9. Юшин В.В. Вторичное использование побочных продуктов свеклосахарного производства / В.В. Юшин, А.В. Лысенко, Т.В. Солуковцева // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. - 2018. Т. 8. - № 2 (27). - С. 109-117.