

УДК 628.33 + 661.183

БАБАНИНА М.Н., студент гр. ХТ-51-м (ЮЗГУ)
ЛЫСЕНКО А.В., к.х.н., доцент (ЮЗГУ)
г. Курск

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАССЫ ДЕФЕКТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ СОРБЦИИ ОБЩЕГО ЖЕЛЕЗА ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Проблема очистки промышленных и хозяйственно-бытовых сточных вод от соединений железа остаётся одной из наиболее остро стоящих экологических задач для многих регионов Российской Федерации [1]. Железо, присутствующее в сточных водах в виде двух- и трёхвалентных ионов, а также в составе коллоидных и взвешенных частиц, способно накапливаться в водных экосистемах, вызывать изменение органолептических свойств воды, угнетать жизнедеятельность гидробионтов и создавать дополнительные нагрузки на системы централизованного водоотведения. Особенно опасно присутствие ионов железа в сточных водах предприятий металлургического, машиностроительного, химического и горнодобывающего комплексов, где его концентрации могут многократно превышать установленные нормативы предельно допустимого сброса.

Традиционные методы удаления соединений железа из водных сред — реагентное осаждение, фильтрование через механические загрузки, аэрация с последующим отстаиванием, — несмотря на широкую распространённость, характеризуются значительными эксплуатационными затратами, образованием больших объёмов труднообезвоживаемых осадков и необходимостью использования дефицитных химических реагентов. В связи с этим в последние десятилетия активно развивается направление, связанное с применением сорбционных технологий, позволяющих достигать высокой степени очистки при относительно низких капитальных и операционных вложениях [2].

Одним из наиболее перспективных и экономически оправданных подходов является использование в качестве сорбентов вторичных материальных ресурсов — отходов различных отраслей промышленности, которые ранее не находили квалифицированного применения и подлежали захоронению. Введение таких материалов в практику водоочистки позволяет решать одновременно две важнейшие задачи: повышение эффективности удаления загрязняющих веществ и снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду за счёт вовлечения отходов в хозяйственный оборот [3].

В этой связи особый интерес представляет дефекат — крупнотоннажный отход сахарного производства, образующийся на стадии сатурации диффузионного сока при очистке сахарной свёклы. Дефекат представляет собой фильтрационный осадок, основным компонентом которого является карбонат кальция (CaCO_3), содержание которого на сухое вещество достигает 60-85%. Помимо карбонатной основы, в состав дефеката входят органические вещества (до 15%), соединения азота, фосфора, калия, а также микроэлементы, что в совокупности

формирует сложную поликомпонентную систему, потенциально активную в отношении широкого круга загрязнителей водной среды [4].

Несмотря на достаточно высокие объёмы образования дефеката (до 10-11% от массы перерабатываемого сырья), в настоящее время лишь незначительная его часть используется в сельском хозяйстве в качестве известкового удобрения. Основная масса отходов вывозится на специальные поля фильтрации и длительное время хранится в отвалах, занимая значительные земельные площади и создавая угрозу вторичного загрязнения атмосферного воздуха (выделение сероводорода, аммиака, меркаптанов) и подземных вод [5].

Таким образом, исследование закономерностей сорбции соединений железа модифицированными формами дефеката, оптимизация параметров процесса и разработка технологических решений по его применению в системах очистки сточных вод являются актуальной научно-практической задачей, имеющей значение для развития ресурсосберегающих и природоохранных технологий [6].

Цель данной работы – изучить влияние массы дефеката на эффективность сорбции общего железа из водных растворов.

В рамках проведённого исследования в качестве основного объекта изучения был выбран дефекат, полученный на производственной площадке ООО «Сахар» в посёлке Лопандино (Брянская область).

Концентрации ионов железа в растворах варьировались в двух диапазонах: 10 мг/дм³ и 100 мг/дм³.

Такой выбор концентраций позволил оценить эффективность сорбции в условиях, приближённых к слабозагрязнённым водам, и исследовать поведение сорбента при повышенных уровнях загрязнения, характерных для некоторых промышленных стоков [7]. Первый диапазон соответствует уровню загрязнения, характерному для условно чистых или слабозагрязнённых природных вод, а также для доочистки хозяйственно-бытовых сточных вод. Второй диапазон моделирует реальные условия производственных стоков предприятий металлургического, гальванического и химического профиля, где содержание железа может достигать десятков и сотен миллиграммов на кубический дециметр.

По зависимости оптической плотности (A) от концентрации ионов железа общего (Fe^{2+} , Fe^{3+}) в водном растворе (C , мг/дм³) построен калибровочный график для определения остаточной концентрации железа общего после сорбции, представленный на рисунке 1.

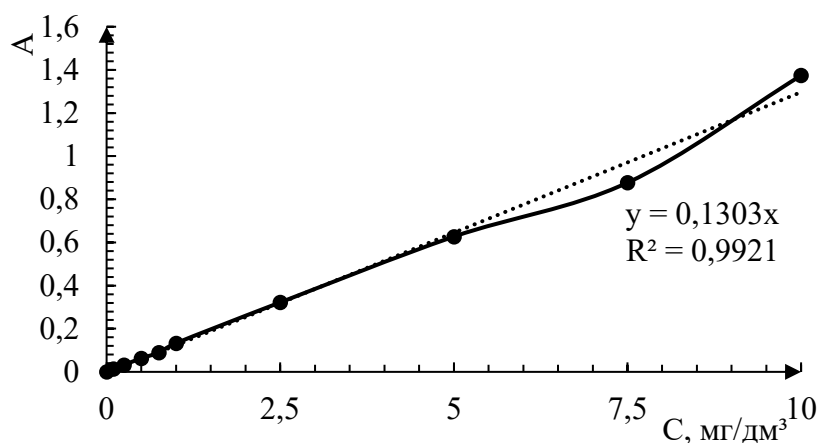


Рисунок 1. Калибровочный график спектрофотометрического определения концентрации железа общего из водных растворов

Для выявления оптимальных параметров процесса сорбции было проведено исследование, направленное на оценку влияния массы дефеката на эффективность удаления общего железа из водных растворов.

Данный этап работы являлся ключевым, поскольку именно масса сорбента в значительной степени определяет как полноту извлечения загрязняющих компонентов, так и экономическую целесообразность применения разрабатываемой технологии в условиях реального производства.

К раствору объемом 20 см^3 добавляли различные массы дефеката в интервале от 0,1 до 2,0 г.

Продолжительность перемешивания была равна 30 мин. После перемешивания суспензию фильтровали через фильтровальную бумагу «синяя лента». Зная исходные концентрации в растворах и определив остаточные концентрации, рассчитывали эффективность очистки по формуле:

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

где C_0 – исходная концентрация модельного раствора, г/дм^3 ;

$C_{\text{ост}}$ – остаточная концентрация модельного раствора, г/дм^3 .

Зависимости эффективности очистки общего железа из водных растворов от массы дефеката представлены на рисунке 2.

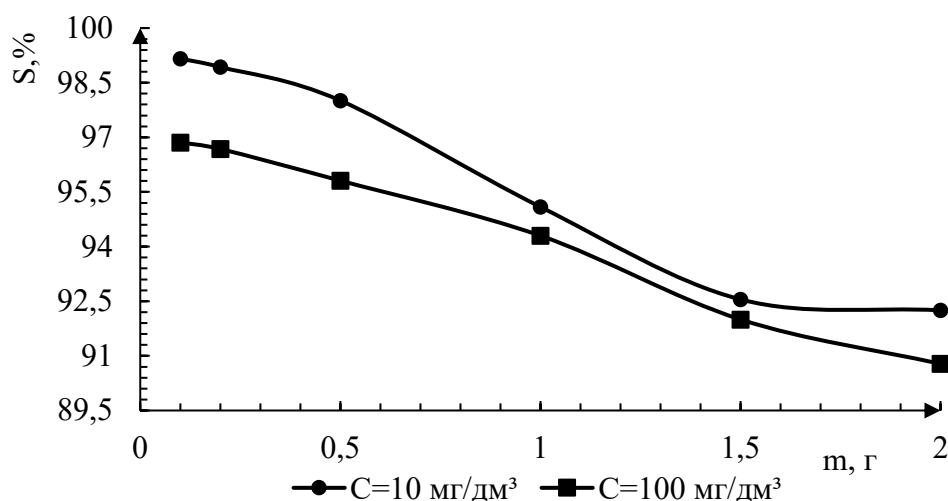


Рисунок 2. Зависимости эффективности очистки общего железа от массы дефеката

Анализ полученных данных демонстрирует следующую закономерность: максимальная эффективность очистки (приближающаяся к 100%) достигается при использовании минимальных количеств сорбента – порядка 0,1 г. Однако при увеличении массы дефеката в диапазоне от 0,5 г до 2,0 г наблюдается снижение степени сорбции.

Данный эффект обусловлен физико-химическими особенностями процесса. При повышенных дозах сорбента и недостаточной интенсивности перемешивания частицы дефеката склонны к слипанию. В результате формируются агрегаты, внутренняя поверхность которых оказывается недоступной для ионов железа – диффузия загрязняющих веществ вглубь агрегатов существенно затруднена.

С ростом массы сорбента его активная поверхность увеличивается не пропорционально и даже снижается из-за агрегации частиц. Это приводит к уменьшению количества доступных адсорбционных центров и, как следствие, к падению эффективности процесса.

Дефекат сахарного производства продемонстрировал высокий потенциал в качестве низкозатратного и эффективного сорбента для очистки вод от железа, что позволяет решать одновременно две экологические задачи — утилизации отходов и водоочистки.

Использование данного отхода в технологиях водоочистки позволяет не только избежать затрат на его размещение, но и трансформировать ранее «проблемный» отход в ценный вторичный ресурс.

Список литературы:

1. Сазонова А.В., Голощапова С.Э. Адсорбция ионов металлов отходами деревообрабатывающей промышленности // APRIORI. Серия: Естественные и технические науки. 2014. №2. С. 17.

2. Мальцева В.С., Сазонова А.В., Роик Б.О. Кинетика сорбции ионов меди (II) из водных растворов нетрадиционными материалами // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Физика и химия. 2012. № 2. С. 163-166.
3. Ниязи Ф.Ф., Мальцева В.С., Сазонова А.В. Кинетические закономерности сорбции ионов железа (II, III) модифицированными карбонатными породами // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Физика и химия. 2012. №1. С. 40-47.
4. Юшин В.В., Лысенко А.В., Солуковцева Т.В. Вторичное использование побочных продуктов свеклосахарного производства // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. Курск, 2018. – Т. 8. – № 2 (27). – С. 109-117.
5. Лупандина Н.С. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов отходами производства дисахаридов: дис: ... канд. техн. наук: 03.02.08 / Лупандина Наталья Сергеевна. Пенза, 2012. – с.21.
6. Лысенко А.В., Ветчинова Д.В., Фрундина Д.А. Изучение адсорбции ионов железа (III) отходами растительного происхождения в зависимости от температуры // Будущее науки – 2017: сборник научных статей 5-й Международной молодежной научной конференции: в 4-х томах. 2017. С. 319-322.
7. Полещук И.Н., Пинигина И.А., Созыкина Е.С. Извлечение ионов железа (III) из водных растворов природными сорбентами [Текст] // Современные наукоемкие технологии. 2019. №3-1.С.65-69.
8. Бабанина М.Н., Лысенко А.В. Изотермы адсорбции ионов цинка (II) термически модифицированным дефекатом из водных растворов // Технологии, машины и оборудование для проектирования, строительства объектов АПК. сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов, магистров и бакалавров. Курск, 2024. С. 379-382.
9. Сазонова А.В., Мальцева В.С. Перспективы использования отходов свеклосахарного производства в качестве сорбентов // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2012. № 1 (49). С. 16-18.