

СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Ухудшение качества воды в природных источниках вызывает необходимость реализации комплекса природоохранных мероприятий, направленных на снижение поступления загрязняющих веществ в водные экосистемы. Учитывая сложную взаимосвязь процессов распространения химических веществ в компонентах окружающей среды, указанные мероприятия затрагивают различные аспекты хозяйственной деятельности человека и направлены на снижение количества выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, объемов сброса недостаточно очищенных сточных вод в водоемы, массы отходов, подлежащих захоронению. В Республике Беларусь совокупные расходы на охрану окружающей среды в 2022 году составили 1183,5 млн. рублей. При этом затраты, связанные с совершенствованием системы обращения со сточными водами, составили 546,0 млн. рублей, с отходами – 346,4 млн. рублей, а затраты, направленные на охрану атмосферного воздуха и предотвращение изменения климата, – 212,6 млн. рублей [1].

Одним из направлений, позволяющих снизить поступление загрязняющих веществ в водные объекты, является совершенствование системы очистки сточных вод. Это вызывает необходимость поиска новых методов очистки или повышение эффективности существующих систем очистки сточных вод за счет совершенствования конструкций очистного оборудования, применения новых реагентов или материалов, используемых в процессе очистки (коагулянтов, флокулянтов, катализаторов, сорбентов и т.п.). В зависимости от вида загрязняющих веществ и степени загрязнения вод применяют различные способы очистки. Для удаления ионов тяжелых металлов из сточных вод применяют химические, электрохимические, сорбционные и иные методы очистки стоков.

В работе проведены исследования, направленные на изучение возможности применения в процессах очистки сточных вод от ионов меди в качестве сорбента частиц древесной золы, образующейся при сжигании отходов древесины на одном из теплоэнергетических объектов Республики Беларусь и уловленной на газоочистной установке.

В соответствии с ОКРБ 021-2019 «Классификатор отходов, образующихся в Республике Беларусь» [2] используемый в работе отход име-

ет код 3130100 и называется «зола и пыль (летучие) топочных установок». Указанный отход имеет 3 класс опасности.

Целью работы является изучение сорбционных свойств древесной золы в динамических условиях.

Исследования проводили на модельных сточных водах, содержащих ионы меди в концентрации $0,5 \text{ г/дм}^3$. Взвешенную на аналитических весах навеску древесной золы помещали в колонну. Слой сорбционного материала смачивали дистиллированной водой. Через слой сорбента пропускали сточные воды, содержащие ионы меди. В растворе (фильтрате), прошедшем сорбционный слой, проводили определение содержания ионов меди титриметрическим методом [3]. Расчет сорбционной емкости проводили, используя концентрации ионов меди до и после прохождения порции сточных вод через колонну.

Результаты исследования сорбционных свойств древесной золы представлены в таблице.

Таблица – Сорбционная емкость древесной золы в динамических условиях

Объем раствора, прошедший через колонну, см^3	Концентрация ионов меди в фильтрате, мг/дм^3	Сорбционная емкость древесной золы, мг/г
5	0	1,000
10	0	1,000
15	0	1,000
20	0	1,000
25	6,0	0,988
30	7,0	0,986
35	7,4	0,985
40	8,4	0,983

Из представленных результатов видно, что только в пятой порции фильтрата обнаруживаются ионы меди, что свидетельствует о «проскоке» ионов металла через слой сорбента. Дальнейшее пропускание раствора, содержащего ионы меди, приводит к повышению концентрации ионов металла в фильтрате.

Наблюдаемые в опыте процессы соответствуют известным представлениям о сорбции загрязняющих веществ в динамических условиях. Так, по мере пропускания раствора через колонну в ней образуется сорбционный слой. В верхней части колонны фиксируется насыщение сорбента. Затем фронт сорбции передвигается вниз по колонне. Когда сорбционный фронт достигает нижней границы слоя сорбента, наступает

«проскок» по сорбируемому веществу. В этот момент сорбируемый ион появляется в фильтрате.

Дальнейшее пропускание сточных вод через колонну приводит к тому, что по всей высоте слоя сорбента достигается полное насыщение сорбируемым веществом. С этого времени концентрации сорбируемого иона в фильтрате и в исходном растворе будут равны [4].

На основании результатов исследований был произведен расчет динамической емкости исследуемого сорбента. Установлено, что динамическая емкость древесной золы в указанных выше условиях составляет 1 мг/г. Результаты исследований свидетельствуют о том, что древесная зола может использоваться в качестве сорбционного материала, который может найти применение в процессах очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов. Данный сорбент в процессах сорбционной очистки сточных вод может использоваться однократно, поскольку регенерация его часто применяемыми химическими (путем обработки отработанного сорбционного материала растворами специально подобранных химических веществ, селективно извлекающих сорбированные ионы) или термическими методами (путем сжигания органических веществ, присутствующих в составе сорбента) затруднительна. Это является недостатком древесной золы по сравнению с другими сорбционными материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Охрана окружающей среды в Республике Беларусь. Статистический сборник // Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belstat.gov.by/upload/iblock/38b/0zivld0r04aj7eajlmczbajh3me35tfj.pdf> – Дата доступа: 15.01.2025.
2. Об утверждении, введении в действие общегосударственного классификатора Республики Беларусь: постановление Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, 9 сент. 2019 г., № 3-Т [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21934631p&p1=1>. – Дата доступа: 14.01.2025.
3. Лихачева, А.В. Химия окружающей среды. Лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие для студ. / А.В. Лихачева, Л.А. Шибeka. – Минск: БГТУ, 2011. – 204 с.
4. Комиссаренков, А.А. Сорбционные технологии. определение свойств сорбентов: учеб.-метод. пособие / А.А. Комиссаренков, О.В. Федорова. – Санкт-Петербург: СПбГТУРП, 2015. – 44 с.