

требует сложной процедуры содержания тест-объектов, повышает чувствительность и оперативность анализа, снижает его стоимость. Одноклеточные тест-культуры микроорганизмов можно также использовать для оценки эффективности и регуляции процессов на всех стадиях водоочистки, в то время как многоклеточные организмы (рыбы, дафнии) применяются чаще на заключительном этапе очистки, поскольку они не выживают в загрязненных водах.

Практика биотестирования показала, что нет биологических объектов или их тестируемых функций одинаково чувствительных ко всем токсичным веществам, поэтому для достоверности контроля безопасности многокомпонентных сред с переменным химическим составом рекомендуется использовать несколько тест систем. Для сред с известным составом и природой загрязнителей достаточно и одной подобранной тест-системы.

Биотестирование позволяет одновременно контролировать все присутствующие загрязнители в сточных водах и оценить их общую токсичность. Оно является хорошей альтернативной сложным и дорогостоящим физико-химическим методам анализа, осуществляемым сторонними организациями, и может быть реализовано на предприятии для внутреннего контроля безопасности и регулирования производства, а также может быть использовано для экономического и административного управления.

За рубежом биотестирование сточных вод носит обязательный характер [3], и его результаты имеют приоритетное значение при контроле безопасности сточных вод и при выдаче разрешительных документов на их сброс в окружающую среду.

Список использованных источников

1 Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие: в 2 т. / А. Е. Кузнецов [и др.]. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. Т. 1. 629 с. Т. 2. 485 с.

2 http://belzakon.net/Законы/Закон_РБ_Об_охране_окружающей_среды, ст. 94-96.

3 Пономарева Л.С. Организация аналитического контроля состава и свойств сточных вод // Методы соответствия, 2008. №2. С. 26-31.

4 Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Егоровой. М.: Изд. центр «Академия». 3-е изд. 2010. 288 с.

УДК 628.316.12

И.Ю. Козловская, ст. преп., канд. техн. наук

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь

СОРБЕНТЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ИЗ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

Использованию цеолитов и цеолитсодержащих материалов в различных сорбционных процессах посвящено множество работ. Это объясняется свойствами цеолитов, алюмо- и кремнийкислородный каркас которых имеет избыточный отрицательный заряд, скомпенсированный катионами щелочных и редкоземельных металлов, что объясняет их высокую ионно-обменную и сорбционную емкость. Известно, что цеолиты обладают селективностью по отношению к ионам металлов. Показана возможность использования цеолитсодержащих материалов для извлечения тяжелых металлов из многокомпонентных полиметаллических растворов в процессах концентрирования металлов, для очистки сточных вод от ионов аммония, фторид- и сульфат-ионов, органических соединений (метанол, нафталин). Цеолитсодержащие материалы используются для связывания и ограничения подвижности ионов тяжелых металлов в почве и осадках сточных вод, очистки почв от нефтепродуктов.

Перед использованием в качестве сорбента цеолиты и цеолитсодержащие материалы могут быть подвергнуты активации или модификации для улучшения сорбционных свойств. Для этого проводят их химическую или физическую обработку. Химическая ак-

тивация заключается в обработке материала растворами неорганических и органических кислот, щелочей, солей. Физические способы активации сводятся к обработке образцов в мельницах, воздействию вакуума, давления, температуры и др. [1, 2].

В качестве сорбентов чаще используют природные и синтетические цеолиты, которые являются ценным сырьем, в то время как на предприятиях накапливаются отработанные цеолитсодержащие катализаторы, утратившие свои каталитические свойства, в частности, отработанный цеолитсодержащий катализатор крекинга нефти (ОКК). ОКК является алюмосиликатным порошком светло-серого цвета с насыпной плотностью 0,65–0,95 г/см³, удельным объемом пор 0,7–0,9 см³/г, удельной поверхностью 100–140 м²/г, содержание цеолита типа NaY в нем достигает 30 % [3].

Целью работы являлось изучение условий кислотной активации отработанного цеолитсодержащего катализатора крекинга нефти с получением эффективного сорбента для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и ионов аммония.

Высококремнистые цеолиты, к которым относится NaY, который преимущественно используется при синтезе катализаторов крекинга, являются устойчивыми к действию водных растворов кислот, поэтому для повышения сорбционной емкости по ионам металлов проводят их активацию растворами соляной и серной кислот различных концентраций. Это приводит к последовательному замещению катионов в цеолите ионами гидроксония H₃O⁺ или протоном H⁺, и, соответственно, к увеличению ионнообменной емкости [4].

При выполнении исследований проводили химическую активацию ОКК 10 %-ми растворами соляной и серной кислот, время обработки – 7 суток. Для полученных сорбентов были определены элементный состав, удельная поверхность и удельный объем пор, дисперсный состав. После активации проводили сорбцию ионов железа и никеля (диапазон концентраций растворов Fe³⁺ и Ni²⁺ составил 5–100 мг/дм³, время сорбции – 1,5 ч), а также ионов аммония из модельных и реальных сточных вод. Содержание Fe³⁺ определяли фотоколориметрическим методом с сульфосалициловой кислотой, Ni²⁺ – титриметрическим методом с мурексидом. Контроль содержания азота аммонийного в сточных водах до и после очистки проводили фотометрическим методом с реактивом Несслера.

Установлено, что кислотная активация ОКК сопровождается повышением удельной поверхности и удельного объема и пор на 32–37 %. По дисперсному составу в полученных сорбентах преобладают частицы с размером 50–100 мкм (55–65 %). При этом также происходит dealюминирование исследуемого материала – содержание Al₂O₃ в сорбенте после обработки 10 %-м растворами HCl и H₂SO₄ составляет 32,1 и 32,3 % соответственно, в исходном ОКК – 51,4 %.

Обработка ОКК 10 %-м раствором H₂SO₄ приводит к повышению сорбционной емкости по ионам никеля на 31 %, по ионам железа на 37,5 % (с 0,87 мг-экв/г до 1,12 и 1,19 мг-экв/г соответственно). После солянокислой обработки сорбционная емкость по Ni²⁺ и Fe³⁺ возрастает на 28–29 % (с 0,61 мг-экв/г до 0,78 и 0,80 мг-экв/г соответственно).

При выполнении исследований цеолитсодержащий сорбент, полученный обработкой раствором серной кислоты, использовали для очистки сточных вод от ионов аммония. Проблема таких вод характерна для предприятий деревообрабатывающей отрасли, где аммонийсодержащие сточные воды образуются при промывке реакторов производства карбамидоформальдегидных смол.

Сорбционная очистка сточных вод от ионов аммония включала следующие стадии: дозирование и внесение сорбента, сорбцию в статических условиях из модельных и реальных сточных вод при периодическом перемешивании при дозе сорбента 0,6 г/дм³, отделение сорбента отстаиванием. Общий объем очищаемых сточных вод производства составил 1,0 м³, общий расход сорбента – 0,6 кг, время сорбции – 1 ч.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что полная статическая обменная емкость сорбента из отработанного катализатора крекинга по ионам аммония составляет 3,25±0,05 ммоль-экв/г – при сорбции из модельных растворов и 2,75±0,05 ммоль-экв/г – при сорбции из реальных сточных вод. Снижение сорбционной емкости при использовании сточных вод объясняется тем, что одновременно с ионами аммония из промывной во-

ды частично удаляются ионы кальция и магния. Максимальная эффективность очистки сточных вод достигает 78,8 %, при этом концентрация ионов аммония после очистки не превышает допустимую концентрацию, устанавливаемую для сточных вод, сбрасываемых в систему городской канализации.

При проведении кислотной активации наиболее сложный вопрос возникает в связи с необходимостью использования растворов активации, содержащих соединения алюминия, кремния, редкоземельных элементов, присутствующих в ОКК. Была исследована возможность использования отработанных раствора активации ОКК и для получения из соединений редкоземельных элементов и алюминия. Для этого проводили их осаждение раствором аммиака до pH 8,2 [5]. Полученный осадок представляет собой смесь гидроксидов алюминия и редкоземельных элементов (в нашем случае лантана), в соотношении $Al_2O_3: La_2O_3$ равном 7:1.

Таким образом, химическая активация отработанного катализатора является эффективной при использовании в качестве активирующих агентов растворов кислот. Полученный сорбент может использоваться для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, ионов аммония.

Список использованных источников

1 Лыгина Т.З. Технологии химической активации неорганических природных минеральных сорбентов: монография / Т.З. Лыгина [и др.]. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009. – 120 с.

2 Топчиева К.В. Активность и физико-химические свойства высокремнистых цеолитов и цеолитсодержащих катализаторов / К.В. Топчиева, Хо Ши Тхоанг. – Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1976. – 167 с.

3 Козловская, И.Ю. Исследование свойств отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти / И.Ю. Козловская, В.Н. Марцунь // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2010. – № 19. – С. 128–133.

4 Брек, Д. Цеолитовые молекулярные сита / Д. Брек; пер. А.Л. Клячко, И. В. Мишина, И. В. Якерсон. – М.: Мир, 1976. – 481 с.

5. Козловская, И.Ю. Получение лантансодержащих продуктов из отработанного катализатора крекинга углеводородов нефти / И.Ю. Козловская, В.Н. Марцунь // Природные ресурсы. – 2014. – № 1. – С. 114–118.