

щих веществ и парниковых газов в атмосферный воздух. – Минск: Минприроды, 2008. – 21с.

2 Назаров, И.М. Основы дистанционных методов мониторинга загрязнения природной среды / И.М. Назаров, А.Н. Николаев, Ш.Д. Фридман. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 280 с.

3 Rothman, L.S. The HITRAN 2008 molecular spectroscopic database / L.S. Rothman [et al.] // J. Quant. Spectr. and Radiation Transfer. – 2009. – V. 110. – P. 533–572.

УДК 628.166.3-926

Л.А. Шибека, доц., канд. хим. наук (БГТУ, г. Минск)

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ НИКЕЛЯ

Никель находит широкое применение во многих отраслях промышленности, вследствие чего он часто присутствует в сточных водах и поступает в природные водные объекты. Никель относится к группе тяжелых металлов, характеризуется канцерогенным и мутагенным действием. Он способен вызывать аллергические реакции у человека. Обладает общетоксическим действием для живых организмов.

Одним из основных источников поступления ионов никеля в природные водоемы являются сточные воды гальванических производств. Это обусловлено тем, что процесс никелирования деталей находит широкое применение на металлообрабатывающих, машиностроительных и приборостроительных предприятиях. Сточные воды, образующиеся в процессе никелирования, загрязнены никелем, а также некоторыми другими веществами. Несмотря на имеющиеся многочисленные методы очистки сточных вод от ионов никеля извлечение его из стоков является актуальной проблемой.

В гальваническом производстве имеется два основных источника образования сточных вод, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду: это обработка поверхности и промывка деталей. Экологическая опасность операций по обработке поверхности определяется экологической опасностью растворов электролитов, сроком их эксплуатации и величиной уноса технологических растворов поверхностью деталей. Экологическая опасность промывных операций характеризуется объемом потребляемой и сбрасываемой воды. В связи с этим усилия по снижению воздействия на окружающую среду гальванических производств должны быть направлены на проведение мероприятий, снижающих объем и токсичность образующихся отработанных растворов электролитов и промывных сточных вод.

Целью работы является исследование процессов очистки сточных вод от ионов никеля, образующихся в гальваническом производстве, с использованием реагентных и сорбционных методов и опреде-

ление оптимальных условий проведения процесса очистки. В роли сорбционного материала в работе выступал отработанный микросферический катализатор крекинга на цеолитной основе, образующийся на нефтеперерабатывающих предприятиях Республики Беларусь. Катализатор относится к третьему классу опасности, является отходом процесса каталитического крекинга нефти и в настоящее время не находит применения в народном хозяйстве. В качестве реагентов использовали карбонат натрия (соду) и натриевые соли высших жирных кислот (компоненты, входящие в состав мыла).

Объектом исследования служили сточные воды, образующиеся при нанесении никелевого покрытия на медные детали на ОАО «Электромодуль» (г. Молодечно). Исследование процессов очистки проводили на примере промывных сточных вод, образующихся после стадии нанесения никелевого покрытия, и на примере усредненных промывных сточных вод, образующихся после стадий обезжиривания, декапирования и никелирования, а также с помощью модельных растворов. Сточные воды характеризуются следующим составом: рН составляет 6,2, концентрация ионов никеля изменялась в диапазоне 20-1000 мг/л.

Выбор метода очистки сточных вод связан с результатами проведенного анализа научно-технической и патентной документации по исследуемой проблеме. Установлено, что в настоящее время применяются следующие способы очистки сточных вод от ионов никеля: реагентные, сорбционные, электрохимические, мембранные методы, ионообменный обмен и др.

Эффективность применения сорбционного метода для очистки сточных вод оценивали по величине степени очистки и статической обменной емкости (СОЕ) отработанного катализатора, которые определяли по разности содержания ионов никеля до и после обработки пробы. Концентрацию никеля находили титриметрическим методом. Навеску сорбента добавляли в пробу сточной воды. Пробу перемешивали и оставляли на определенное время до установления равновесного состояния. После отделения твердой и жидкой фаз методом фильтрации проводили определение содержания ионов никеля в растворе.

Опытным путем было установлено, что оптимальной массой навески сорбента (отработанного катализатора) является доза 60 г/л, а равновесное состояние в системе достигается после 2 ч взаимодействия фаз. Данные результаты были получены при использовании сточных вод двух различных концентраций (558 и 76 мг/л), которые соответствуют значениям содержания никеля в промышленных сточных водах. Результаты изменения СОЕ отработанного катализатора от концентрации никеля в сточной воде показали, что величина СОЕ

сорбента увеличивается в диапазоне концентраций ионов никеля в пробе 20-700 мг/л и имеет практически постоянное значение (0,043-0,044 мг-экв/г) при содержании никеля в растворе выше 700 мг/л. Это свидетельствует о насыщении сорбента данными ионами. Максимальная степень очистки (54 %) при данной дозе сорбента наблюдается для низких концентраций никеля в растворе (до 50 мг/л). Для достижения более высокой степени очистки сточных вод для проб с высокой концентрацией никеля необходимо увеличить дозу сорбента. Установлено также, что введение катализатора приводит к снижению рН пробы до 5,5-6,0, что свидетельствует об изменении химического состава сорбента и переходе части ионов из его состава в раствор.

Таким образом, в качестве механизма взаимодействия сорбента и ионов никеля можно предположить обмен между функциональными группами отработанного катализатора и никелем, присутствующем в сточной воде. Отработанный катализатор обладает удовлетворительной сорбционной обменной емкостью и может применяться в процессах очистки сточных вод от никеля. Исследование реagentных методов очистки проводили с использованием карбоната натрия и натриевых солей высших жирных кислот. В результате взаимодействия ионов никеля с карбонатом натрия образуется практически нерастворимое соединение – карбонат никеля. Однако из литературных данных известно, что на практике при действии карбонатов или гидрокарбонатов щелочных металлов на растворы солей никеля образуются водные гидрокарбонаты никеля переменного состава с отношением $\text{NiCO}_3:\text{Ni}(\text{OH})_2$ в зависимости от условий от 5:1 до 1:4 и даже 1:21.

В работе установлено, что с увеличением массового соотношения $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Ni}^{2+}$ в растворе степень очистки сточных вод увеличивается. При соотношении реагентов $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Ni}^{2+}$ равном 4:1 максимальное значение степени очистки составляет 92,1 % при исходной концентрации никеля в воде 558 мг/л; 82,5 % – при концентрации никеля в пробе 200 мг/л и 76,0 % – при 50 мг/л. Таким образом, для достижения высоких значений степени очистки необходимо добавлять значительный избыток реагента. Однако в этом случае в растворе наблюдается избыточное остаточное количество карбонат-ионов в растворе. Кроме этого, с увеличением вносимого количества соды происходит увеличение рН среды от 8,2 до 9,8 (в зависимости от количества введенного реагента), что требует введения дополнительной стадии нейтрализации очищенных сточных вод. С учетом этих факторов в качестве оптимального массового соотношения реагентов $\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Ni}^{2+}$ в растворе было принято отношение 3:1. Для этого соотношения реагентов в растворе были получены результаты изменения степени очи-

стки сточных вод от концентрации ионов никеля в пробе. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение степени очистки сточных вод в зависимости от концентрации ионов никеля в пробе

Исходная концентрация никеля в сточной воде, мг/л	Концентрация никеля в пробе после очистки, мг/л	Степень очистки, %
20	14,7	26,5
50	26,4	47,2
100	32,3	67,7
200	32,3	83,9
300	44,0	85,3
400	47,0	88,3
500	52,8	89,4
600	55,7	90,7
700	52,8	92,4
800	55,7	93,0
900	55,7	93,8
1000	58,7	94,1

Установлено, что максимальная степень очистки сточных вод составляет 90-94% в диапазоне концентраций ионов никеля в пробе 500-1000 мг/л. С целью обезвреживания образующегося в процессе очистки осадка карбоната и гидроксида никеля проводили его разложение при температуре 600 °С. Образующийся в процессе разложения оксид никеля может найти применение в качестве сырья в процессах получения пигментов для стекла, глазурей, керамики.

Проведены также исследования очистки сточных вод от никеля с применением натриевых солей высших жирных кислот (стеариновой, пальмитиновой, лауриновой и олеиновой и т. д.), входящих в состав мыла. Добавление этих веществ к загрязненной никелем сточной воде приводит к образованию труднорастворимых органических солей никеля. В результате проведенных экспериментов было установлено, что максимальная степень очистки сточных вод от ионов никеля этим методом составляет 60,9 %. Разложение образующегося в процессе очистки осадка органических солей никеля также можно осуществлять термическим методом. Таким образом, проведенные исследования свидетельствуют о целесообразности использования на практике рассмотренных методов очистки. Однако, наибольшим преимуществом характеризуется реагентный метод с применением карбоната натрия.