

УДК 628.316

ОЧИСТКА НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ СТОЧНЫХ ВОД С ПРИМЕНЕНИЕМ
ФЕРРАТА НАТРИЯ И ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ

А. А. САРАНЦЕВА

Научный руководитель А. Ю. КУРБАТОВ, канд. техн. наук, доц.
Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева
Москва, Россия

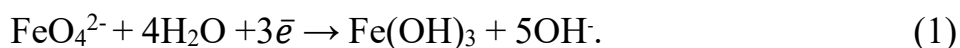
В наши дни проблема очистки сточных вод от ионов никеля является особо актуальной, т. к. развитие машиностроительных, приборостроительных, энергетических и других предприятий ведет к увеличению объема образующихся сточных вод. Попадание загрязненных стоков в поверхностные водные объекты ведет к изменению экосистемы и может привести к глобальной экологической катастрофе.

Машиностроительная промышленность широко использует способ нанесения покрытий с помощью электрохимических процессов. Данный метод позволяет осаждать металлы на поверхность токопроводящих деталей в гальванических ваннах с рабочими растворами при помощи электрического тока. Гальванические покрытия применяют для улучшения эксплуатационных характеристик и продления срока службы деталей и изделий, придавая им требуемые свойства [1]. Широкое распространение приобрели покрытия из никеля. Среди преимуществ химического никелирования выделяют хорошую коррозионную стойкость изделий, высокую прочность и относительную экономичность по сравнению с другими способами. Также зачастую никель наносят перед основным покрытием из-за вышеперечисленных характеристик [2]. Наряду с этим гальванические процессы являются одним из основных источников образования никельсодержащих сточных вод.

Сброс неочищенных сточных вод напрямую связан со здоровьем человека. Механизма самоочищения от ионов тяжелых металлов, в частности никеля, в природных водных объектах не существует. Такие соединения обладают высокой биодоступностью и способностью к биоаккумуляции, представляя опасность для гидробионтов. Таким образом, сточные воды, содержащие токсичные ионы никеля, требуют эффективной и качественной очистки, чтобы минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Одним из перспективных методов организации очистки никельсодержащих сточных вод может стать флотация с применением феррата натрия, выступающего в качестве реагента хлопьеобразователя и гидродинамического устройства, осуществляющего равномерную генерацию пузырьков в объеме обрабатываемой жидкости.

Феррат натрия – универсальный реагент, обладающий свойствами коагулянта, окислителя и дезинфектанта. При внесении феррата натрия в сточные воды гальванических производств может наблюдаться эффективное хлопьеобразование за счет образования гидроксида железа (III) по реакции



Важно отметить, что феррат натрия не является токсичным для гидробионтов, не приводит к вторичному загрязнению обрабатываемой воды.

Целью исследования является оценка эффективности применения феррата натрия в процессе флотации ионов никеля из сточных вод.

Эксперимент проводился на модельной воде, содержащей ионы никеля Ni^{2+} в концентрации 50 мг/дм^3 (в пересчете на металл), pH начального раствора равен 7,50 ед. pH. Аналитическое определение остаточных ионов никеля в очищенной сточной воде проводили методом атомно-эмиссионной спектроскопии с магнитной (СВЧ) плазмой на приборе «Спектроскай» (ГК «Скайград», г. Королев, Россия) [3].

Феррат натрия получали электрохимическим методом в мембранном электролизере в течение 30 мин, его концентрация по завершении синтеза составила $75,03 \text{ мг/дм}^3$.

На первом этапе эксперимента добавлялся реагент для образования обильного осадка никеля в виде хлопьев – феррат натрия, его доза составила $0,039 \text{ мг/дм}^3$ обрабатываемой воды. При внесении данного количества реагента pH обрабатываемой воды составил 11,15 ед. pH. Далее полученная смесь проходила через гидродинамическое устройство в емкость, где происходило отделение флотационной пены от модельной воды.

Гидродинамическое устройство создает кавитационные явления в обрабатываемой среде, способствуя равномерному образованию кавитационных микропузырьков во всем объеме жидкости. Поднятие основной массы пузырьков газа и хлопьев наблюдалось после 5 мин. Пробы отбирались через 15 мин после начала флотации, остаточное содержание никеля в обрабатываемой сточной воде составило $(0,3 \pm 0,015) \text{ мг/дм}^3$, что обеспечивает эффективность удаления ионов никеля из модельной воды с эффективностью $\approx 99,4 \%$.

Полученные в результате эксперимента данные позволяют сделать вывод о том, что применение кавитационных технологий в ходе процесса очистки сточных вод методом флотации имеет высокий потенциал, т. к. ее применение позволяет достичь высокой степени очистки ($>99 \%$). Применение феррата натрия в данной технологии также играет важную роль, поскольку обеспечивает эффективное хлопьеобразование при минимальных реагентных затратах. Важно отметить, что данная технология не ведет к повторному загрязнению сточных вод и позволяет осуществить дальнейшее извлечение никеля и сократить объем потребляемых никельсодержащих руд.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Иванищев, В. В.** Никель в окружающей среде и его влияние на растения / В. В. Иванищев // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2021. – № 2. – С. 38–53.
2. **Гамбург, Ю. Д.** Химическое никелирование (получение никель-фосфорных покрытий путем электрокаталитического восстановления гипофосфитом) / Ю. Д. Гамбург. – М. : РАН, 2020. – 81 с.
3. **Кузин, Е. Н.** Получение растворов комплексных коагулянтов на основе треххлористого титана / Е. Н. Кузин // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: Естественные науки. – 2021. – № 4 (97). – С. 86–99.