

ЭКОЛОГИЯ

Сакалова Г. В., канд. техн. наук, доц.
Винницкий государственный педагогический университет им. М.М. Коцюбинского
Свергузова С. В., д-р техн. наук, проф.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
Мальованный М. С., д-р техн. наук, проф.
Национальный университет «Львовская политехника»

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА АДСОРБЦИОННЫМ МЕТОДОМ

pe@intbel.ru

Работа посвящена разработке технологии очистки сточных вод разных промышленных производств от ионов хрома и никеля путем адсорбции палигорскитом Черкасского месторождения в статических условиях. Перспективность и эффективность применения палигорскитовых глин для очистки сточных вод подтверждается их преимуществами перед другими сорбентами, а именно: они выигрывают в доступности, себестоимости, в возможности регенерации и многократного использования.

Проведенные исследования подтвердили целесообразность применения палигорскитовых глин для очистки сточных вод от ионов хрома (III) и никеля (II).

Ключевые слова: природные дисперсные сорбенты, стоки, ионы тяжелых металлов.

Введение

Водоресурсный потенциал страны является основой социального, экологического благополучия и ее экономического развития. На данное время водохозяйственные и гидроэкологические проблемы приобрели общегосударственное значение и стали одним из главных факторов национальной безопасности. Поэтому в период обострения водозоологических проблем и ограниченности средств у предприятий на проведение экологических мероприятий важное место при выборе наиболее оптимальной технологии очистки сточных вод занимает оценка ее эффективности.

Гальваническое производство является одним из наиболее распространенных и опасных антропогенных загрязнителей окружающей среды ионами никеля (II) и хрома (III). Это связано с образованием высококонцентрированных токсичных сточных вод в цехах нанесения гальванических покрытий. В Российской Федерации по оценке специалистов существует сегодня около 7000 гальванических цехов [1], ориентированный объем сточных вод гальванических цехов в Украине достигает свыше 500 млн м³ в год [2].

Несмотря на разнообразие методов очистки сточных вод гальванического производства (ре-

агентных, ионообменных, электрохимических) ни один из них не лишен определенных недостатков. Так, к недостаткам реагентных методов относят значительные затраты реагентов, дополнительные загрязнения ими сточных вод, невозможность возвращения воды в оборотный цикл через повышенное содержание. Недостатками ионообменных методов являются значительные количества химикатов для регенерации ионитов, необходимость утилизации регенерационных растворов; электрохимических методов – значительные затраты материала для растворимых анодов, пассивация анодов, предыдущее разведение концентрированных сточных вод перед очищением, значительное образование шлама [3].

Анализ последних публикаций отечественных и зарубежных исследователей свидетельствует о целесообразности применения адсорбционных методов для очистки сточных вод от загрязнителей с использованием естественных дисперсных минералов как адсорбентов.

Очистка водных растворов с помощью дисперсных сорбентов отвечает многим требованиям экологически чистого и энергосберегающего производства, которое базируется на принципе безотходности [4-9]. Мощные геологические запасы, дешевая добыча породы, простая подго-

товка к транспортировке и использованию, возможность использования отработанных сорбентов в других технологиях, благодаря чему отпадает потребность в дорогой по стоимости регенерации – основные преимущества использования природных минералов.

Цель работы состоит в исследовании процесса очистки сточных вод от ионов никеля (II) и хрома (III) адсорбцией натуральными сорбентами.

Объект исследования – модельные водные растворы, которые содержат количества ионов никеля (II) и хрома (III), превышающие значение ГДК.

Постановка проблемы

На основе количественного и качественного анализа сточных вод гальванического производства (за период с 1985 по 2011 год), установлено, что с целью экономии водных ресурсов и как результат внедрения новых технологий, в настоящее время уменьшилось водопотребление предприятиями. Как результат значительно изменился количественный и качественный состав сточных вод, а именно: уменьшились объемы сточных вод, увеличилась концентрация ионов тяжелых металлов и состав загрязняющих веществ, что значительно усложняет технологию их обезвреживания. Поэтому традиционные технологии, а именно обработка известью, коагулянтами, флокулянтами, не обеспечат эффективной очистки сточных вод гальванического производства.

При использовании высокоактивных сорбентов представляется возможность очистки стоков от загрязняющих веществ до практически нулевых остаточных концентраций. Значительными преимуществами метода есть то, что сорбенты могут вытягивать вещества из воды при любых концентрациях, в том числе и довольно малых, когда другие методы очищения окажутся неэффективными. Установка сорбционной очистки позволяет утилизировать со сточных вод гальванического производства до 98 % цветных металлов.

Методика исследований

Для исследований использовались модельные водные растворы, которые содержат превышающие лимит количества ионов никеля (II) и хрома (III).

Концентрацию ионов никеля в фильтрате определяли трилонометрическим методом, расчет проводили по формуле:

$$C(\text{Ni}^{2+}) = \frac{N(\text{Т.Б.}) \times V(\text{Т.Б.})}{V_{\text{пробы}}} \quad (1)$$

Активность сорбента рассчитывали как разность начальной и равновесной концентраций поглощаемого вещества в растворе:

$$A = \frac{C_0 - C_p}{m} \cdot V \quad (2)$$

где C_0 – исходная концентрация адсорбтива, моль/дм³; C_p – равновесная концентрация адсорбтива, моль/дм³; V – объем раствора адсорбтива, дм³; m – масса адсорбента, г; A – активность адсорбента, моль/г.

Определение содержания ионов хрома (III) проводили титрометрическим методом по расчетной формуле:

$$m(\text{Cr}) = \frac{C(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot V(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) \cdot M_{\text{экв}}(\text{Cr}) \cdot V_{p-pa}}{V_{\text{пробы}} \cdot 1000} \quad (3)$$

При изучении процессов адсорбции из растворов в статических условиях на границе раздела «твердое тело – жидкость» экспериментально устанавливали изменение концентрации исследуемых ионов в растворе. Начальные концентрации модельных растворов содержали ионы Ni^{2+} и Cr^{3+} (в г/л): 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5. Навеску адсорбента массой от 5 до 25 г прибавляли к 50 мл модельного раствора, через определенные промежутки времени (от 1 до 48 часов) отбирались пробы фильтрата для проведения анализа остаточного содержания исследуемых ионов. По полученным данным строили изотермы адсорбции.

Основная часть

Для выявления адсорбционных возможностей бентонитовых глин Черкасского месторождения относительно ионов никеля (II) нами исследовались процессы сорбции в статическом режиме от 1 до 48 часов из модельных растворов, значение начальных концентраций Ni^{2+} в которых варьировались от 0,5 до 2,5 г/л. По полученным значениям была построена изотерма (рис.1), которая, по мнению авторов, визуальное отвечает виду классической изотермы Ленгмюра (L-Изотерма); имеет изгиб в начале кривой относительно оси концентраций, то есть сорбция нарастает к определенной максимальной кривизне, а потом график постепенно выравнивается к параллели с осью абсцисс – формируется плато. Это соответствует образованию монослоя адсорбируемого вещества на поверхности сорбента, когда все активные центры заняты.

Уравнение Ленгмюра описывает ход экспериментальной изотермы при всех возможных значениях равновесных концентраций растворенного вещества. Для расчета коэффициента K в уравнении Ленгмюра дополнительно строили зависимость $1/A - 1/C$. Согласно полученным расчетам, адсорбция ионов Ni^{2+} описывается следующим уравнением:

$$A = 9,02 \frac{9,2 \cdot 10^4 c}{1 + 9,2 \cdot 10^4 c} \quad (4)$$

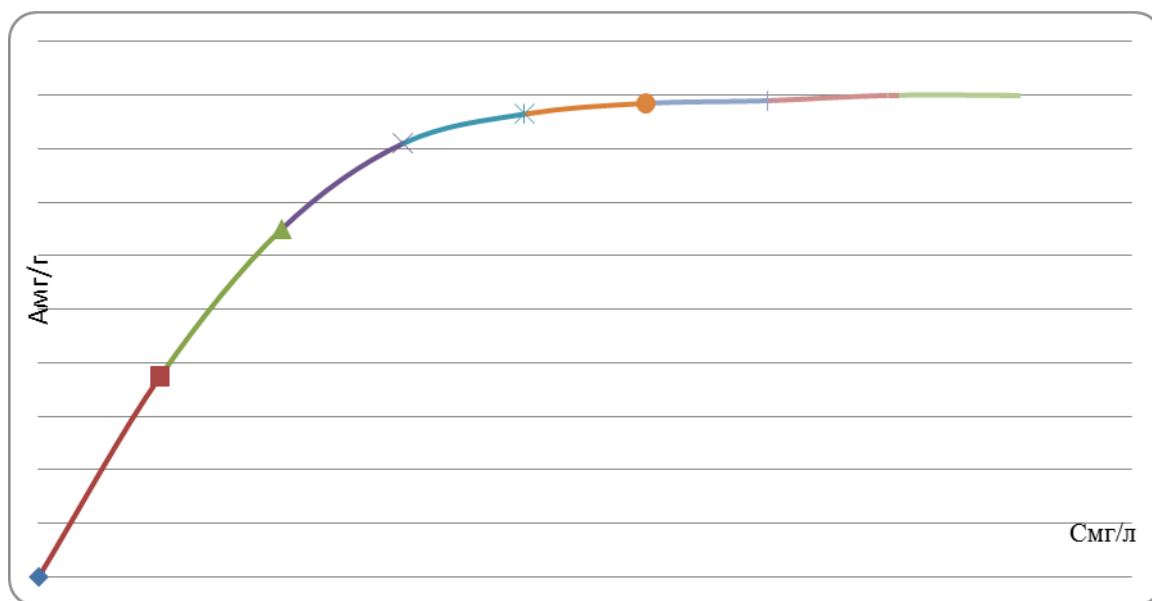


Рис. 1. Изотерма адсорбции ионов никеля (II) глинистыми сорбентами

Для определения адсорбционных возможностей бентонитовых глин Черкасского месторождения относительно ионов хрома(III) нами исследованы процессы сорбции в статическом режиме от 1 до 48 часов из модельных растворов Cr^{3+} , значение начальных концентраций в которых варьировались от 0,5 до 2,5 г/л. Аналогично к ионам никеля, максимальное поглощение ионов хрома (III) происходит в течение 1 – 2 часов, а практически полное – через 24 часа, при этом значение максимального поглощения иона тяжелого металла уменьшается с увеличением начальной концентрации соли в растворе. При сравнении результатов исследований определено, что при малых начальных концентрациях

тяжелых металлов (0,5-1г/л) максимальное поглощение ионов никеля выше на 5-7 % чем ионов хрома, а при высших начальных концентрациях значения максимального поглощения почти одинаковые. Аналогично к изотерме адсорбции ионов никеля (II) построена изотерма адсорбции ионов хрома (III) (изотерма Ленгмюра), которая представлена на рисунке 2. Проведены соответствующие расчеты для определения коэффициентов в уравнении. Согласно расчетам адсорбция ионов Cr^{3+} описывается следующим уравнением:

$$A = 10,01 \frac{9,5 \cdot 10^4 c}{1 + 9,5 \cdot 10^4 c}; \quad (5)$$

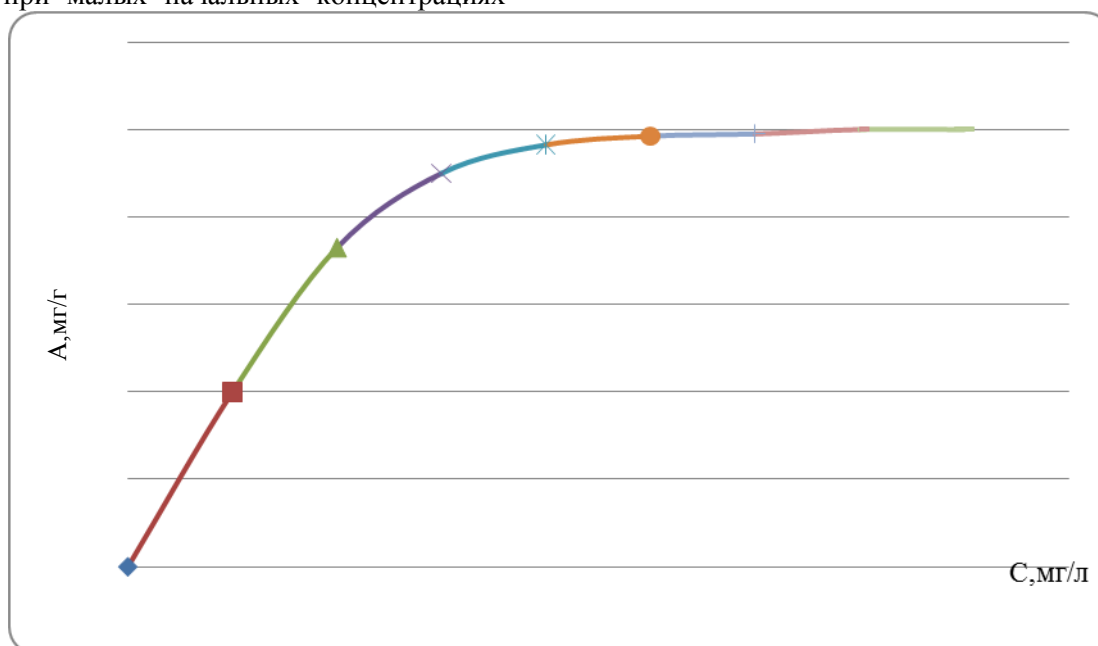


Рис. 2. Изотерма адсорбции ионов хрома(III) глинистыми сорбентами

Выводы

Экспериментально установлены кинетические особенности адсорбции ионов никеля (II) и

хрома (III) бентонитовыми и палигорскитовыми глинами Черкасского месторождения и осуществлена идентификация экспериментальных

данных существующим теоретическим моделям. Экспериментальные значения описаны изотермой Ленгмюра.

В результате проведенных исследований установлено, что наибольшая степень поглощения ионов никеля (II) и хрома (III) глинами Черкасского месторождения наблюдается через 48 часов и составляет 96,40 % и 97,80 % соответственно при начальной концентрации ионов Ni^{2+} и Cr^{3+} 0,5 г/л.

Доказана высокая эффективность применения в качестве сорбентов при извлечении из сточных вод соединений никеля (II) и хрома (III) бентонитовых и палигорскитовых глин Черкасского месторождения, что позволяет предотвратить поступление вредных веществ в водные объекты и снизить антропогенную нагрузку на водные экосистемы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Загурский А.В. Варианты технологических решений очистки сточных вод гальванического производства // Материалы V Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.scienceforum.ru/2013/333/6274>"
2. Воронов Ю. В. Водоотведение и очистка сточных вод. М.: Изд-во АСВ, 2006. 704 с.
3. Корчик Н.М. Накоплення та формування стоку при очищенні стічних вод гальванічного виробництва // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. 2012. № 1. С. 152 – 156.
4. Яновська Е.С. Наукові основи безвідходної технології доочищення промислових стічних вод від сумішей іонів важких металів // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2008. № 5. С. 50 – 54.
5. Василечко В. Адсорбція Pb(II) на закарпатському кліноптилоліті // Вісник львів. ун-ту. 2009. № 50. С. 177 – 187.
6. Василечко В. Адсорбція Cr(III) на закарпатському кліноптилоліті // Вісник львів. ун-ту. 2005. № 46. С. 148 – 156.
7. Рева Т. Сорбційна здатність кремнеземів з прищепленими комплексоутворюючими групами до іонів Zn(II), Hg(II), Fe(III), Cu(II), Cd(II) та Pb(II) // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. 2010. № 48. С. 15 – 18.
8. Свергузова С.В., Кирюшина Н.Ю., Тарасова Г.И. Шлаковые отходы в водоочистке // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 4. С. 140-145
9. Свергузова С.В., Свергузова Ж.А., Тарасова Г.И. Эффективная очистка сточных вод как фактор экологической безопасности жизнедеятельности // Безопасность жизнедеятельности. 2010. № 8. С. 36-38.