

Библиографический список

1. Опритов, В.А. Непосредственное сопряжение генерации потенциала действия в клетках высшего растения *Cucurbita pepo* L. с работой электрогенного насоса / В.А. Опритов, С.С. Пятыйгин, В.А. Воденев // Физиология растений. - 2002. -Т. 49, № 1. - С.160-165.
2. Скулачев В.П. Энергетика биологических мембран. / В.П. Скулачев.- М.: Наука, 1989. - 564 с.
3. Антонов, В.Ф. Мембранный транспорт / В.Ф. Антонов // Соросовский образовательный журнал. - 1997. - № 6. - С. 14–20.
4. Опритов, В.А. Биоэлектрогенез у высших растений / В.А. Опритов, С.С. Пятыйгин, В.Г. Ретиван. - М.: Наука, 1991.- 214 с.
5. Холодов, Ю.А. О механизме биологического действия постоянного магнитного поля / под ред. Ю. А. Холодова. – М.: Наука, 1971. – 215 с.
6. Мизун, Ю. В. Тайны будущего. Влияние магнитного поля на растения /Ю.В. Мизун, Ю.Г. Мизун [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://solncev.narod.ru>.
7. Weaver, J.C. Theory of electroporation: A review / J.C. Weaver, Y. Chizmadzhev // *Bioelectroch Bioener.* - 1996.-Vol. 41. – P. 135-160.

УДК 66.06 : 66.067.8.081.3

Подоксенов А.А.,
Атаманова О.В., д-р техн. наук, проф.
(СГТУ имени Гагарина Ю.А., г. Саратов, Россия)

ДИСПЕРСИОННЫЙ АНАЛИЗ ПРОЦЕССА АДСОРБЦИИ o-ФЕНИЛЕНДИАМИНА МОДИФИЦИРОВАННЫМИ БЕНТОНИТАМИ

Современная промышленная экология выдвигает в число актуальных проблему очистки производственных сточных вод от различных загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Одним из таких загрязняющих веществ является o-фенилендиамин – типичный представитель ароматических аминов. Адсорбция является одним из наиболее эффективных методов очистки воды. В качестве сорбционных материалов успешно используются модифицированные бентониты. Для установления адсорбционной способности модифицированных бентонитов по отношению к o-фенилендиамину был реализован двухфакторный эксперимент. Проведенный лабораторный эксперимент позволил оценить степень влияния на эффективность адсорбции o-фенилендиамин из модельных растворов бентонитами с разными вариантами модификаций в разных условиях. Дисперсионным анализом определен уровень воздействия температуры и режима перемешивания на эффективность адсорбционного извлечения o-фенилендиамин из модельных растворов.

Ключевые слова: сорбционные материалы, модифицированные бентониты, адсорбция, очистка воды, o-фенилендиамин.

Современная промышленная экология выдвигает в число наиважнейших проблему очистки производственных сточных вод от различных загрязняющих веществ антропогенного происхождения [1]. Известно, что достаточно большое число промышленных предприятий сбрасывают в природные водоемы свои сточные воды, не очищенные до требуемых нормативов. Поэтому даже процесс разбавления стоков в природных водоемах не позволяет снизить концентрацию загрязнений до нужных значений. В природные водоемы поступают не только тяжелые металлы и нефтепродукты, но и токсичные ароматические соединения, попадающие туда вместе с недостаточно очищенными стоками предприятий легкой, фармацевтической, химической и др. промышленности. Опасность проникновения ароматических аминсоединений в природные водоемы, являющиеся источниками водоснабжения, является реальной [1, 2].

Одним из токсичных ароматических аминсоединений является *o*-фенилендиамин, который встречается в сточных водах химических и фармацевтических производств [3, 4]. Реализуемая предприятиями очистка сточных вод позволяет далеко не всегда снизить концентрацию этого аминсоединения до нужных значений, прежде чем отправить свои сточные воды в природный водоем или городскую канализацию.

В последнее время большой интерес вызывает перспектива использования в качестве сорбционных материалов глинистых минералов - бентонитов.

Глинистые породы являются полиминеральными образованиями, состоящими из различных минералов преимущественно класса силикатов [3]. Однако специфические свойства этих пород определяются присутствием так называемых глинистых минералов, отличающихся особыми свойствами и строением. Они, как правило, обладают высокой способностью к ионному обмену. Особенно следует отметить группу минералов, имеющих раздвижную кристаллическую решетку (например, монтмориллонит) – при взаимодействии с водой молекулы воды могут входить в промежутки между слоями кристаллической решетки и существенно раздвигать их. Отмеченные особенности глинистых минералов обуславливают их высокую адсорбционную способность [3].

Природные глинистые материалы для целей очистки воды от загрязняющих веществ применяются не только в натуральном виде, но и после модифицированной разными способами обработки, которая проводится для активации их адсорбционных свойств [5-8].

Цель настоящей работы состояла в установлении значимости факторов температуры и скорости перемешивания раствора *o*-

фенилендиамин для увеличения адсорбционной способности модифицированных бентонитов.

Задача исследований включала:

– определить при помощи дисперсионного анализа уровни значимости изучаемых факторов на интенсивность процесса адсорбции *o*-фенилендиамин из модельного раствора.

Работа проведена в рамках Госзадания МНиВО РФ по заявке 5.39.22.2017/ПЧ.

Материалы и методы. Лабораторные испытания проводились на базе Испытательно-лабораторного центра ЭкоОС Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А.

Значимость факторов, оказывающих влияние на эффективность процесса адсорбции *o*-фенилендиамин модифицированными бентонитами определялась при помощи дисперсионного анализа [9]. В качестве изучаемых нами по результатам априорного ранжирования были выбраны два фактора: температура модельного раствора и режим перемешивания раствора. Для выяснения их роли в процессе очистки был проведен эксперимент с последующим дисперсионным анализом [10].

При проведении исследований адсорбционной способности модифицированных бентонитов реализован метод качественного капельного анализа (по Ф. Файглю) [11].

Экспериментально исследовались следующие бентонитовые сорбционные материалы:

- сорбционный материал № 1 – бентонит, после обжига при 550° С;
- сорбционный материал № 2 – бентонит, после обжига при 550° С;
- сорбционный материал № 3 – бентонит, после обжига при 550° С;
- сорбционный материал № 4 – бентонит, после обжига при 570° С;
- сорбционный материал № 5 – бентонит, после обжига при 570° С;
- сорбционный материал № 6 – бентонит, после обжига при 570° С;
- сорбционный материал № 7 – бентонит, модифицированный гидроокисью магния, после обжига при 570° С;
- сорбционный материал № 8 – бентонит, модифицированный гидроокисью магния, после обжига при 570° С;
- сорбционный материал № 9 – бентонит, модифицированный гидроокисью магния, после обжига при 570° С.

Модификация перечисленных сорбционных материалов на основе бентонита выполнялась на базе Научно-производственного предприятия «ЛИССКОН» (г. Саратов).

Результаты. Реализованный лабораторный эксперимент и последующий дисперсионный анализ позволили оценить степень

влияния температуры и скорости перемешивания раствора на адсорбционную способность модифицированного бентонита по отношению к *o*-фенилендиамину. По результатам лабораторного эксперимента выполнена оценка влияния указанных факторов (температуры раствора и скорости его перемешивания) на адсорбцию *o*-фенилендиамина обозначенными сорбционными материалами. Установлено, что оба указанные фактора значимо влияют на адсорбционный процесс, но это влияние имеет разную степень. Результаты дисперсионного анализа отражены в таблице 1.

При реализации дисперсионного анализа процесса адсорбции принималось условие: при значении $F > F_{крит}$ фактор следует считать значимым, т.е. оказывающим существенное влияние на адсорбционный процесс, а при $F < F_{крит}$, влияние фактора несущественно.

Таблица 1 – Значения F и $F_{крит}$ для каждого сорбционного материала по результатам дисперсионного анализа

Номер сорбционного материала	Температура		Режим перемешивания	
	F	$F_{крит}$	F	$F_{крит}$
№1	28,92	6,94	5,08	6,94
№2	21,57	6,94	2,34	6,94
№3	22,11	6,94	3,16	6,94
№4	16,42	6,94	6,57	6,94
№5	14,18	6,94	5,14	6,94
№6	6,68	6,94	3,15	6,94
№7	35,04	6,94	14,28	6,94
№8	64,68	6,94	15,27	6,94
№9	72,29	6,94	17,73	6,94

Сравнение значений F и $F_{крит}$, показало, что температура раствора – значимый фактор для всех исследованных сорбционных материалов, кроме сорбционного материала № 6.

Скорость перемешивания раствора также представляет собой значимый фактор для сорбционных материалов №№ 7-9, однако, она не оказывает большого влияния на адсорбционную активность других сорбционных материалов. При этом данный фактор вносит меньший вклад в процесс адсорбции по сравнению с температурой для данных сорбционных материалов.

Закключение. Гидродинамический режим (скорость перемешивания модельного раствора) адсорбционного процесса является значимым фактором адсорбционной активности модифицированного бентонита (адсорбенты №№ 7-9) по отношению к *o*-фенилендиамину.

Изменение температуры адсорбционного процесса являются значимым фактором адсорбционной активности модифицированного бентонита (кроме адсорбента № 6) по отношению к *o*-фенилендиамину.

Дисперсионный анализ, проведенный с целью установления вклада изучаемых факторов в процесс адсорбции *o*-фенилендиамина на модифицированном бентоните, позволил заключить, что температура оказывает наиболее существенное влияние на сорбционную способность изучаемых образцов бентонита по отношению к *o*-фенилендиамину, чем режим перемешивания.

Библиографический список

1. Филиппова, М. В. Газохроматографическое определение анилина и его хлорпроизводных в воде с предварительным бромированием: дис. ... канд. хим. наук.:02.00.02. – СПб, 2014. – 132 с.
2. Беркман, Б.Е. Промышленный синтез ароматических соединений и аминов / Б. Е. Беркман. – М.: Химия, 1964. – 344 с.
3. Истрашкина, М.В. Особенности адсорбции ароматических аминосоединений на различных вариантах модифицированного бентонита / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова, Е.И. Тихомирова // Известия Самарского научного центра РАН, 2016. –Т. 18, № 2(2). – С. 381-384.
4. Очистка сточных вод предприятий химико-фармацевтической промышленности / С. В. Яковлев [и др]. – М.: Стройиздат, 1985. –252 с.
5. Совершенствование сорбционных методов очистки загрязненных природных и сточных вод: коллективная монография / Под ред. д.б.н., проф. Е.И. Тихомировой. – Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2017. – 154 с.
6. Атаманова, О.В. Адсорбция нитро- и аминопроизводных бензола на модифицированных бентонитах в динамических условиях / О.В. Атаманова, М.В. Истрашкина // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. по материалам 9-й Международной нау.-практ. конф. - Саратов: СГТУ, 2019. – С.365-369.
7. Тихомирова, Е.И. Исследование механизма адсорбции орто-фенилендиамина на бентонитах в статических условиях / Е.И. Тихомирова, М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова и др. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 1. – С.18-23.
8. Tikhomirova, E.I. The use of multicomponent adsorption filters in water purification systems and luminescent control of ecotoxicant content / E.I. Tikhomirova, O.A. Plotnikova, O.V. Atamanova, M.V. Istrashkina, A.V. Koshelev, A.L. Podolsky // Theoretical and Applied Ecology. - 2019. - No. 1. - Pp. 73-81.
9. Истрашкина, М.В. Дисперсионный анализ функционирования многокомпонентных адсорбционных фильтров / М.В. Истрашкина, О.В. Атаманова // Ресурсоэнергетически эффективные технологии в строительном комплексе региона: сб. науч. тр. – 2018. - Т.2. – С. 325-328.
10. Беликов, В.Г. Применение математического планирования и обработка результатов эксперимента в фармации / В.Г. Беликов, В.Д. Пономарев, Н.И. Коковкин-Щербак. – М.: Медицина, 1973. – 232 с.

11. Файгль, Ф. Капельный анализ неорганических веществ: в 2-х кн. / Ф. Файгль, В. Ангер. – М., Мир, 1976. – Кн. 1. – 390 с. – Кн. 2. – 320 с.

УДК 669.21/.23 :621.9.047:544.6

Попова А.Н., студ.,
Котова А.А., студ.,
Токач Ю.Е., канд. техн. наук, доц.
(БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия)

К ВОПРОСУ ИЗВЛЕЧЕНИЯ БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ РАСТВОРОВ

Серебряные месторождения, несмотря на большое количество серебряных минералов, в природе встречаются очень редко. Как попутный металл серебро концентрируется в основном в свинцово-цинковых, полиметаллических и золоторудных месторождениях. В работе охарактеризованы основные методы определения содержания благородных металлов, проанализированы электрохимические методы выделения благородных и редких металлов из растворов.

Ключевые слова: электрохимические процессы, редкие металлы, очистка

Электрохимическое выделение металлов из водных растворов их соединений лежит в основе гидроэлектрометаллургических процессов, т.е. процессов извлечения металлов из руд (электроэкстракция) и их очистки (рафинирование) при помощи электролиза.

Гидроэлектрометаллургическим путем получают и очищают такие металлы, как медь, никель, цинк, кадмий, олово, свинец, серебро, золото, марганец и др. Гидроэлектрометаллургия позволяет получать технически чистые металлы и в ряде случаев вести успешную переработку бедных руд.

Электрохимические процессы занимают особую нишу в технологии получения редких и платиновых металлов. Это обусловлено их полифункциональностью, малым расходом химических реагентов, возможностью гибкого управления процессами и проведения химических реакций, которые проблематично осуществить иными способами. Вместе с тем прикладная электрохимия имеет ряд ограничений [1].

Разработка новых высокоэффективных процессов позволит устранить ограничения электрохимических методов. Создание трехмерных электродов (подвижных, насыпных, проточных из углеродных материалов и др.), обладающих высокоразвитой поверхностью и интенсивным массообменом - не только значительно увеличивают скорость электрохимических процессов, но и позволяют с