

В целом по результатам исследования можно сделать вывод, что полученный математический аппарат может эффективно использоваться для дискретного преобразования Фурье сигналов с неравномерными по времени выборками, при этом по методике приведенного в работе примера всегда можно оценить качество аппроксимации «оцифрованного» сигнала в частотной области.

Список литературы:

1. Булатов В.Н. Применение спектрально-временных методов в доплеровских системах: монография / В.Н.Булатов, Н.А. Косарев, О.В. Худорожков. – Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2012. – 196 с.
2. Волков Е.А. Численные методы: Учебн. пособие для вузов. – 2-е изд., испр. – М.:Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1987. – 248 с.
3. Корн Г. Справочник по математике / Г. Корн, Т. Корн ; под ред. И.Г. Арамановича. – М.: Наука, 1978. – 832 с.

ПРИМЕНЕНИЕ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ВОДЫ С ПОСЛЕДУЮЩИМ ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

Кисель А.В.

*студент 4 курса, кафедры мембранной технологии, факультета инженерной химии,
Российский Химико-Технологический университет им. Д. И. Менделеева,
Российская Федерация*

Ильина Светлана Игоревна

*доцент кафедры процессов и аппаратов химической технологии, доцент кафедры мембранной технологии, кандидат технических наук,
Российский Химико-Технологический университет им. Д. И. Менделеева,
Российская Федерация*

DOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.63.156](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2019.1.63.156)

Введение

Известно, что живым организмам для своей жизнедеятельности необходимы разные вещества, в том числе, и так называемые, тяжелые металлы. Однако не все из них полезны. А превышение доз, воздействующих на организм, может вызвать серьезные последствия для здоровья, такие как снижение роста и развития организма, рак, повреждение органов, нервной системы, а в крайних случаях – смерть. Большое количество тяжелых металлов содержится в сточных водах, получаемых на металлургическом производстве, гальванических и горных предприятиях, печатных, текстильных и нефтехимических заводах. Индустриализация и наращивание производственного темпа приводят прямым или косвенным образом к увеличению объема выбросов тяжелых металлов в окружающую среду, где они накапливаются.

Благородные металлы, в свою очередь, в природе содержатся в небольшом количестве, а запасы их сырья постепенно истощаются. Из этого следует необходимость в разработке технологии, которая позволила бы добывать благородные металлы из вторичного и отработанного сырья.

В настоящее время для очистки стоков используют различные традиционные способы разделения, такие как адсорбция, химическое осаждение и другие. Одним из новых распространенных способов очистки являются ионообменные процессы. А также, используются баромембранные процессы и электродиализ.

Выделяемые вещества

Для качественной оценки применения ионообменных мембран и определения рациональности процессов ионного обмена, необходимо кратко описать металлы для целевого выделения.

Кадмий – один из наиболее токсичных металлов. Обладает большой подвижностью в почвах, от

чего быстро попадает в пищевую цепочку. Основными источниками кадмия в почве являются промышленные отходы и фосфорные удобрения.

Свинец – является токсичным металлом, который накапливается в жизненно важных органах человека и животных, попадает в организм через воздух, воду и пищу.

Большое влияние на воду и почву создает ртуть и ее пары. Примерно 80% ртути, поглощенной дыхательной системой сохраняется в организме.

Хром, встречается в виде Cr(III) и Cr(IV) в естественных условиях, является важнейшим ресурсом, незаменимым микроэлементом и одновременно токсичным металлом. В искусственной среде, источниками загрязнений, в основном, являются отходы после переработки и утилизации соединений хрома, часто гальванические сточные воды.

Цинк – в природе встречается в виде минералов. Главным источником загрязнения цинком является сжигание угля, нефти и их продуктов, а также удобрения.

Никель – является естественным элементом земной коры. Он содержится в угле, нефти. Большое его количество выбрасывается в атмосферу при сжигании угля и жидкого топлива, особенно дизельных двигателей.

Медь – встречается в земной коре, как правило, в виде сульфидов. Муниципальные и промышленные сточные воды являются главным источником загрязнения рек и водоемов.

Теоретическая часть

Синтетические ионообменные смолы широко применяются при очистке растворов ионов металлов. Особый интерес представляют катиониты, хелатные ионообменники и аниониты различной основности функциональных групп. Из ионообменных смол наиболее эффективными являются монофункциональные, которые обеспечивают одинаковую прочность связи ионов с поверхностью мембраны благодаря присутствию одного типа функциональных групп, что дополнительно способствует установлению равновесия. В растворе хлористоводородной кислоты большинство ионов благородных металлов присутствуют в форме анион – хлоридных комплексов. Поэтому их разделяют на сильноосновных анионитах. Аниониты позволяют селективно удалить ионы благородных металлов из растворов, содержащих также другие металлы. Из-за сильной сорбции ионов благородных металлов могут возникнуть проблемы с их восстановлением. Часто может случиться так, что восстановление будет затрудненным или некачественным.

При разделении на катионитах возникают свои особенности. Например, в одних и тех же условиях платиновые металлы в отличие от других переходных не образуют комплексов, что делает возможным разделение вышеупомянутых веществ. Кроме того, важную роль играет используемый катионит. При применении сильноокислотного катионита, содержащую функциональную сульфогруппу, селективность возрастает с увеличением заряда катиона: $\text{Na}^+ < \text{Ca}^{2+} < \text{Al}^{3+} < \text{Th}^{4+}$, в случае одинакового заряда, селективность возрастала с увеличением атомной массы катиона: $\text{Li}^+ < \text{H}^+ < \text{Na}^+ < \text{NH}_4^+ < \text{K}^+ < \text{Rb}^+ < \text{Cs}^+ \dots$

В случае же, когда катионит – слабокислый, например, функциональная группа – карбоксильная, наблюдается направление роста селективности в обратную сторону: $\text{H}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Li}^+ > \text{Na}^+ > \text{K}^+ > \text{Rb}^+ > \text{Cs}^+$

Это привело к разработке новых ионообменников путем введения хелатирующих лигандов, которые обладали высокой селективностью к ионам тяжелых металлов.

УДК 539.2+537.226

Сорбционная способность хелатообразующих ионообменников зависит главным образом от природы функциональных групп и их содержания, а также pH раствора, так как их селективность зависит от относительного положения функциональных групп, их пространственной конфигурации, стерических эффектов, а иногда и их расстояние от матрицы.

На основании этого можно сделать вывод, что ионообменные методы разделения представляют собой перспективную технологию для выделения ионов тяжелых и благородных металлов из их растворов. А изучение факторов, влияющих на протекание процесса, позволит разрабатывать и прогнозировать данные процессы.

Список литературы

1. Аширов А. Ионообменная очистка сточных вод, растворов и газов. Л.: Химия, 1983. 295 с
2. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Наука, 1977. 356 с.
3. Воропанова Л.А., Хмаро В.В., Швыдко А.С. Применение метода гальванокоагуляции для очистки стоков металлургических предприятий: тез. докл. 1-го междунар. симп. «Проблемы комплексного использования руд». С.- Петербург. СПб.: Гос. горный институт, 1994
4. Кондратюк Е.В., Лебедев И.А., Комаров Л.Ф. Очистка сточных вод от ионов свинца на модифицированных базальтовых сорбентах // Ползуновский вестник. 2006. № 2–1. С. 25–27.
5. Локай О.В., Никифоров А.Ф., Аксенов В.И. Извлечение ионов тяжелых металлов из аммиачных водных растворов сорбцией гидролизным лигнином // Охрана природных вод Урала. 1984. № 15. С. 21–24.
6. Лукашева Г.Н., Буткевич Д.М. Анализ сравнительных испытаний коагулянтов при очистке воды // Технология нефти и газа. 2008. № 4. С. 16–20.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ СВОЙСТВ ДИЭЛЕКТРИКОВ С ВЫСОКОЙ ИОННОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ

Калытка Валерий Александрович

*кандидат физ.-мат. наук, доцент кафедры «Энергетические системы»,
Карагандинский государственный технический университет,
г.Караганда, Республика Казахстан*

Иманов Женис

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Энергетические системы»,
Карагандинский государственный технический университет,
г.Караганда, Республика Казахстан*

АННОТАЦИЯ

Методами квазиклассической кинетической теории нелинейной ионно-релаксационной поляризации и проводимости исследуется механизм диэлектрических потерь в ионных диэлектриках со сложной структурой кристаллической решетки (керамика; слоистые кристаллы (слюды, кристаллогидраты); перовскиты; вермикулиты и др.). Построены нелинейные аналитические выражения для комплексной диэлектрической