

ОТЗЫВ
официального оппонента
на диссертационную работу Капитановой Елены Ивановны
**«РАЗДЕЛЕНИЕ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ НА
СУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫХ АМИНОПОЛИМЕРАХ»**, представленную на
соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности

1.4.4. Физическая химия

Для концентрирования ионов благородных металлов предложено довольно большое количество сорбентов различной природы. Однако чаще всего, эти материалы являются групповыми и не позволяют селективно извлекать отдельные ионы благородных металлов на фоне других. Недостаточно в литературе освещается вопрос селективности сорбентов при извлечении из растворов сложного солевого состава. При моделировании процессов сорбции зачастую не учитываются конкурентные процессы, что препятствует разработке методик селективного концентрирования ионов металлов. Одним из основных путей получения селективных сорбентов является модификация полимерной матрицы введением различных функциональных групп. В качестве удобной, доступной и экологичной матрицы перспективным является использование полиэтиленимина и хитозана.

В качестве рабочей гипотезы было предположено, что наличие сульфоэтильных групп в составе впервые синтезированных в Институте органического синтеза УрО РАН материалов на основе хитозана и полиэтиленимина позволит в значительной степени дифференцировать свойства исследуемых сорбентов по отношению к ионам благородных металлов за счет уменьшения основности аминогрупп в их составе. Сульфоэтилированные хитозаны (СЭХ) ранее были изучены в качестве сорбентов ионов серебра (I) из растворов сложного состава, но их свойства по отношению к ионам палладия (II), платины (IV) и золота (III) исследованы не были. Изучение свойств сульфоэтилированных полиэтилениминов (СЭПЭИ) ранее также не проводилось.

Диссертация Е.И. Капитановой продолжает исследования, проводимые на кафедре аналитической химии УрФУ, направленные на разработку новых высокоселективных сорбентов, изучению механизма сорбции металлов, их

взаимному влиянию на процесс извлечения. **Актуальность** темы исследования не вызывает сомнений и связана с необходимостью расширения круга селективных сорбентов на основе модифицированных полимеров и определения оптимальных условий разделения и концентрирования ионов металлов, в том числе для последующего аналитического определения.

Диссертационная работа Е.И. Капитановой имеет традиционную структуру и состоит из введения, обзора литературы, главы с описанием методик и объектов исследования, трех глав с приведением и обсуждением полученных экспериментальных данных, заключения и списка цитируемой литературы из 265 наименований.

В обзоре литературы приведены сведения по классификации сорбентов, механизмам сорбции в статическом и динамическом режимах, рассмотрено влияние различных факторов на селективность выделения. В отдельном разделе обсуждены различные методы верификации математических моделей сорбционных процессов. На основании обобщения представленного материала сформулированы цели и задачи исследования.

Во второй главе автор приводит характеристику используемых сорбентов и реагентов, описывает используемую аппаратуру и методы исследования сорбционных процессов, определения констант диссоциации полимеров, констант устойчивости их комплексных соединений с ионами металлов и определения ионов металлов спектральными методами. Грамотный выбор методов, использование современного оборудования, статистическая обработка полученных данных – в совокупности определяют **достоверность результатов исследования**.

Третья глава диссертационной работы посвящена изучению кислотно-основных и комплексообразующих свойств производных таурина и несшитых сульфоэтилированных полиэтилениминов. Показано, что введение в состав исследуемых производных таурина гидроксиалкильных и/или сульфоэтильных групп и изменение степени сульфоэтилирования несшитых полиэтилениминов позволяет регулировать основность аминогрупп в их составе и, соответственно, изменять устойчивость комплексных соединений с ионами металлов.

В четвертой главе обсуждаются сорбционные свойства сорбентов на основе сульфоэтилированных хитозана и полиэтиленимина с разной степенью модификации по отношению к ионам переходных и щелочноземельных металлов. Построены изотермы сорбции индивидуальных ионов металлов и сорбции из многокомпонентных растворов (бинарные, пятикомпонентные и двенадцатикомпонентные системы). Экспериментальные данные обработаны с использованием различных математических моделей адсорбции. Найдены условия как селективного извлечения меди (II), так и групповой сорбции широкого круга ионов металлов.

Заключительная глава диссертационной работы Е.И. Капитановой посвящена подробному изучению процесса сорбции некоторых благородных металлов (платины (IV), палладия (II), золота (III)) сульфоэтилированными сорбентами на основе хитозана и полиэтиленимина. Рассмотрено влияние кислотности среды, степени модифицирования, присутствия ряда двухзарядных катионов переходных металлов на селективность сорбции благородных металлов, изучена кинетика сорбции, динамическое концентрирование, а также регенерационные свойства сульфоэтилированных аминополимеров.

Найдены условия селективного отделения палладия (II) от платины (IV) и золота (III) и золота (III) от платины (IV). Предложена схема сорбционного разделения палладия (II), платины (IV) и золота (III).

В заключении приводятся выводы по работе, которые являются обоснованными и логично вытекают из полученных автором данных, а также перспективы дальнейшей разработки темы.

Результаты, полученные Е.И. Капитановой в рамках выполнения диссертационного исследования, безусловно, характеризуются **научной новизной**. Особо следует выделить установленные закономерности влияния степени модификации изученных аминополимеров на селективность сорбции ионов металлов, экспериментальное подтверждение адекватности различных математических моделей сорбции в случае конкурентного извлечения из растворов сложного состава. Полученные данные могут лежать в основу методик сорбционного выделения, разделения и концентрирования ионов благород-

ных металлов, что определяет **практическую значимость** полученных результатов.

Основные результаты, полученные при работе над диссертацией, представлены на конференциях различного уровня, опубликованы в виде 16 работ, в том числе 7 статей в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК. Содержание диссертации полностью соответствует содержанию автореферата.

При ознакомлении с диссертационной работой Капитановой Елены Ивановны возникли следующие вопросы и замечания:

1. Почему в ряду исследованных двухзарядных ионов металлов (табл. 3.2 и 3.3 диссертации) отсутствует палладий (II)? Сравнив устойчивость комплексов палладия с производными таурина и несшитыми полиэтиленаминами с устойчивостью комплексов других двухзарядных катионов, наверно, можно было бы оценить и селективность изученных сорбентов в зависимости от степени их модификации.
2. Как будет влиять дополнительное введение анионов комплексообразователей, например галогенидов, тиоцианатов и т.п. на селективность сорбции?
3. По какой причине при изучении конкурентной сорбции благородных металлов из хлоридных растворов не изучалось влияние хлоридного ацидокомплекса хорошо сорбируемого серебра? Это было вызвано недостаточной концентрацией хлорид-ионов для образования растворимого комплекса серебра $[AgCl_2]^-$ или иными причинами?
4. Изучение сорбции в динамическом режиме проводилось при скорости пропускания раствора 2 мл/мин. Какими критериями пользовались для обосновании этой величины?
5. Из представленной схемы разделения ионов благородных металлов (рис. 5.26 диссертации и рис. 6 автореферата) и имеющегося к ней описания остается не ясным происходит ли концентрирование определяемых компонентов на стадиях сорбция – десорбция и целесообразно ли полное разделение в случае использования атомно-эмиссионной спек-

троскопии? Может было бы достаточно предварительного группового извлечения благородных металлов?

Возникшие вопросы не влияют на общую положительную оценку работы. Считаю, что диссертационная работа Капитановой Елены Ивановны «РАЗДЕЛЕНИЕ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ НАСУЛЬФОЭТИЛИРОВАННЫХ АМИНОПОЛИМЕРАХ» соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и может рассматриваться как завершенная научно-квалификационная работа, в которой содержится решение задачи повышения селективности сорбционных методов разделения и концентрирования ионов металлов с использованием сорбентов на основе аминополимеров, а ее автор – Капитанова Е.И. заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Старший научный сотрудник лаборатории органических комплексообразующих реагентов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН) филиал «Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук» («ИТХ УрО РАН»), доктор химических наук

Леснов Андрей Евгеньевич

614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 3.

Тел.: 83422378246

E-mail: lesnov_ae@mail.ru

29.10.2021 г.

Подпись Леснова А.Е. заверяю,

Ученый секретарь «ИТХ УрО РАН»

Чернова Г.В.

