

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

Сорбционное разделение и концентрирование микротом количеств ионов металлов с применением комплексообразующих сорбентов широко используется для повышения селективности и чувствительности их определения в составе различных многокомпонентных объектов. С этой точки зрения важной задачей является разработка и исследование свойств новых сорбционных материалов, обладающих требуемыми характеристиками, в том числе высокой селективностью.

Перспективными матрицами для синтеза комплексообразующих сорбентов являются аминополимеры, сочетающие в себе такие достоинства как высокое содержание аминогрупп, доступность и легкость модифицирования. Объекты исследования диссертационной работы Е.И. Капитановой представляют собой сорбенты на основе сульфоэтилированных хитозанов и полиэтилениминов с различной фиксированной степенью модифицирования, впервые синтезированные в Институте органического синтеза УрО РАН. Выявление основных физико-химических закономерностей сорбции ионов металлов этими материалами является необходимым этапом, позволяющим определить основные направления использования сульфоэтилированных аминополимеров в процессах разделения и концентрирования. Таким образом, **актуальность** сформулированных в работе Е.И. Капитановой целей и задач не вызывает сомнений.

Диссертация Елены Ивановны Капитановой состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и имеет традиционную структуру.

В главе 1 (обзор литературы) автором систематизированы сведения о сорбентах и их основных физико-химических свойствах. Подробно охарактеризованы особенности сорбентов различных типов, обсуждены их преимущества и недостатки. Кроме того, Е.И. Капитановой рассмотрены модели, используемые для описания различных зависимостей: изотерм, кинетических и динамических кривых сорбции. Особое внимание удалено моделям для описания сорбции ионов металлов из многокомпонентных растворов.

Во второй главе работы автор описывает синтез и идентификацию объектов исследования – сульфоэтилированных реагентов, полимеров и сорбентов, методики приготовления растворов и экспериментальные методики исследования. **Достоверность результатов**, представленных в работе Е.И. Капитановой, определяется статистической обработкой полученных данных и адекватным поставленной цели выбором методов анализа с использованием современного оборудования.

В третьей главе диссертационной работы автором обобщены результаты исследования кислотно-основных и комплексообразующих свойств ряда производных таурина (2-аминоэтансульфоновой кислоты) и несшитых сульфоэтилированных полиэтилениминов с различной степенью модифицирования. Е.И. Капитановой впервые установлены физико-химические закономерности влияния строения исследуемых соединений на их свойства.

Четвертая глава диссертационной работы Е.И. Капитановой посвящена исследованию сорбционных свойств материалов на основе сульфоэтилированных аминополимеров – хитозана и полиэтиленимина – по отношению к ионам переходных и щелочноземельных металлов. Автором получены результаты, характеризующие влияние степени модифицирования полиэтиленимина на селективность сорбции серебра(I) и меди(II) из растворов сложного состава. На основании обработки интегральных кинетических кривых сорбции известными моделями определены основные физико-химические параметры сорбции ионов металлов исследуемыми материалами. Изотермы сорбции ионов металлов сорбентом на основе сульфоэтилированного хитозана получены как для индивидуальных, так и для многокомпонентных растворов различного состава. Несомненным достоинством работы Е.И. Капитановой является использование для математического моделирования полученных зависимостей уравнений для многокомпонентных растворов, учитывающих процессы конкурентной сорбции.

В пятой главе диссертации Е.И. Капитанова приводит результаты исследования сорбционных свойств сульфоэтилированных аминополимеров по отношению к платине (IV), палладию (II) и золоту (III). Сорбция исследуемых ионов изучена из растворов различного состава (индивидуальных, двух-, трех- и многокомпонентных), что позволило автору установить основные закономерности, характеризующие взаимное влияние ионов металлов при сорбции исследуемыми сорбентами. На основании

сопоставления результатов, полученных соискателем в статических и динамических условиях, автором сделаны обоснованные выводы о механизме сорбции платины (IV), палладия (II) и золота (III) сульфоэтилированными сорбентами на основе хитозана и полиэтиленимина. Определены основные пути использования объектов исследования в процессах сорбционного разделения и концентрирования ионов благородных металлов.

В заключении автор приводит выводы, сформулированные на основании полученных в работе данных, а также перспективы дальнейшей разработки темы исследования.

**Научная новизна** диссертационной работы Е.И. Капитановой заключается в том, что автором впервые выявлены закономерности влияния строения ряда сульфоэтилированных производных (реагентов, полимеров и сорбентов) на их кислотно-основные, комплексообразующие и сорбционные свойства. Автором получены зависимости сорбции целого ряда ионов металлов (меди (II), никеля (II), кобальта (II), цинка (II), серебра (I), золота (III), палладия (II), платины (IV) и др.) от различных факторов: кислотности раствора, времени контакта фаз, концентрации ионов металлов. При этом особого упоминания заслуживают результаты математического моделирования изотерм сорбции ионов металлов сшитым сульфоэтилированным хитозаном со степенью модифицирования 1.0 из растворов различного состава. Необходимо отметить, что работы такого плана крайне немногочисленны, но имеют важное значение с точки зрения выявления взаимного влияния ионов металлов при их сорбции комплексообразующими сорбентами.

Полученные Е.И. Капитановой результаты исследования физико-химических свойств сорбентов на основе сульфоэтилированных аминополимеров позволили автору обосновать основные направления использования объектов исследования в процессах разделения и концентрирования. Автором определены оптимальные условия селективного концентрирования ряда ионов металлов из растворов сложного состава исследуемыми материалами. Разработана методика сорбционно-спектроскопического определения палладия (II) с предварительным концентрированием сорбентом на основе сульфоэтилированного хитозана в динамических условиях. Показано, что количественному определению палладия (II) не мешает 850-кратный избыток меди (II), никеля (II), цинка (II) и кобальта (II). Кроме того, автором предложена методика сорбционно-

спектроскопического определения золота (III) и палладия (II) с применением сшитого сульфоэтилированного полиэтиленимина в статических условиях. Важно подчеркнуть, что использование этого сорбента позволяет осуществлять предварительное разделение исследуемых ионов металлов и их отделение от платины (IV) за счет варьирования кислотности раствора. Константы диссоциации и константы устойчивости комплексов производных таурина и сульфоэтилированных полиэтилениминов с ионами металлов, а также количественные характеристики сорбции ионов металлов исследуемыми материалами носят справочный характер и могут найти применение при проведении других исследований с различными сульфоэтилированными соединениями. Вышеперечисленное определяет практическую значимость полученных Е.И. Капитановой результатов.

Работа Е.И. Капитановой прошла хорошую апробацию. Полученные автором результаты доложены и обсуждены на профильных конференциях различного уровня. В целом по материалам диссертации опубликовано 16 научных работ, из них 4 в журналах, входящих в базы цитирования Scopus и Web of Science, 3 – в журналах, рекомендованных ВАК России, и 9 – в материалах и сборниках трудов конференций. Содержание диссертации в полной мере соответствует содержанию автореферата.

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

1. Для описания процесса сорбции ионов металлов сшитыми сульфоэтилированными аминополимерами автор совершенно не использует такие параметры как коэффициент концентрирования и коэффициент распределения. Какие значения принимают эти величины в условиях, оптимальных для сорбции исследуемых ионов металлов (серебра(I), меди(II), палладия(II) и золота(III))?

2. Для определения ионов металлов в составе каких объектов могут быть рекомендованы разработанные автором методики сорбционно-спектроскопического определения палладия (II) и золота (III) с использованием сульфоэтилированных аминополимеров?

3. Из динамических выходных кривых сорбции ионов благородных металлов СЭПЭИ 0.58 (рис. 5.15, стр. 112) видно, что исследуемые ионы металлов присутствуют уже в первых порциях элюата, то есть участок, соответствующий их количественному извлечению, на кривых отсутствует. С чем это связано? Позволило ли автору исследование влияния рН,

предварительного набухания и массы сорбента добиться увеличения значений емкости до проскока?

4. С какими особенностями строения исследуемых автором полимерных матриц – полиэтиленимина и хитозана – связаны различия в свойствах сульфоэтилированных сорбентов на их основе по отношению к ионам благородных металлов?

5. Большинство зависимостей, представленных в работе, получены для растворов, в которых исследуемые ионы металлов присутствуют в эквимолярных количествах. Сохраняются ли основные установленные автором закономерности и при других соотношениях концентраций ионов?

В целом возникшие вопросы и замечания не влияют на общую положительную оценку работы. Считаю, что диссертация Капитановой Елены Ивановны «Разделение и концентрирование ионов металлов на сульфоэтилированных 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 выявления основных физико-химических закономерностей влияния различных факторов на сорбционные свойства новых функционализированных материалов, а ее автор – Капитанова Елена Ивановна – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Зав. кафедрой физики и химии, ФГБОУ ВО «Уральский государственный экономический университет», профессор, доктор химических наук

Стожко Наталия Юрьевна

620144, Россия, Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, д. 62/45  
Тел.: +7 (343) 221-27-13, E-mail: [sny@usue.ru](mailto:sny@usue.ru)

12 ноября 2021 г.

Подпись Н.Ю. Стожко удостоверяю

Ученый секретарь УрГЭУ



Е.А. Надеина