

## ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Алифхановой Латифы Махир кызы

«Физико-химические закономерности сорбции ионов благородных металлов на сульфоэтилированных полиаминостиролах и полиаллиламинах», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Комплексообразующие сорбенты широко используются для повышения селективности и чувствительности методов определения ионов металлов, а также их выделения из многокомпонентных технологических растворов. При разработке новых сорбентов важным этапом является установление физико-химических закономерностей извлечения ионов металлов. Получаемые при этом зависимости позволяют обосновать направления практического использования сорбента, а также сформировать фундаментальную основу для направленного синтеза материалов с заданными свойствами.

Работа Алифхановой Л.М.к. является продолжением комплексных исследований свойств функционализированных сорбентов выполняемых на кафедре аналитической химии и химии окружающей среды Института естественных наук и математики УрФУ. В частности, ранее исследованы свойства сорбентов на основе хитозана и полиэтиленimina с различными степенями сульфоэтилирования. Настоящее исследование посвящено установлению закономерностей сорбции ионов благородных металлов из индивидуальных и многокомпонентных растворов сульфоэтилированными полиаминостиролом и полиаллиламином в зависимости от степени модификации и природы полимерной матрицы. Таким образом, **актуальность** диссертационной работы не вызывает сомнений и обусловлена необходимостью поиска новых селективных и доступных сорбентов.

**Научная новизна** исследования заключается в том, что автором определены константы кислотной ионизации аминогрупп и степени набухания сульфоэтилированных полиаминостирола и полиаллиламина; установлены закономерности изменения селективности сорбции серебра (I), палладия (II) и золота (III) с ростом степени модификации, а также определены оптимальные

условия селективной сорбции серебра (I) сульфоэтилированными аминополимерами в динамических условиях.

Диссертационная работа Алифхановой Л.М.к. состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы, который содержит 211 библиографических ссылок.

**В первой главе** представлен обзор литературы по физико-химическим и сорбционным характеристикам материалов на основе синтетических полимерных матриц, в том числе сорбентов на основе сополимера стирола и дивинилбензола, которые являются групповыми по отношению к ионам благородных металлов. Во второй части обзора рассмотрены математические модели для описания сорбции из индивидуальных и многокомпонентных растворов.

**Во второй главе** описаны методики синтеза и идентификации исследуемых сульфоэтилированных аминополимеров – полиминостирола (СЭПАС) и полиаллиламина (СЭПАА), а также методики приготовления растворов, изучения физико-химических свойств полимеров и проведения сорбционных экспериментов. Применение современных методов исследования, использование поверенного оборудования, статистическая обработка полученных результатов определяют **достоверность полученных результатов.**

**В третьей главе** приведены результаты определения степеней набухания, констант ионизации функциональных групп и обменной емкости по гидроксид-ионам для СЭПАС и СЭПАА. Установлено, что обменная емкость по гидроксид-ионам в статических и динамических условиях уменьшается с ростом степени модифицирования. Результаты определения констант ионизации аминогрупп СЭПАС и СЭПАА свидетельствуют, что с ростом содержания сульфоэтильных групп уменьшается основность атомов азота аминогрупп, что скажется и на сорбционных свойствах материалов.

**Четвертая глава** диссертации посвящена исследованию сорбционных свойств СЭПАС и СЭПАА по отношению к ионам переходных и щелочноземельных металлов в статических и динамических условиях. Показано, что обе группы сорбентов селективны в отношении серебра (I), при этом сорбция меди (II), кадмия, никеля (II), кобальта (II), цинка, кальция,

магния, бария, стронция в значительной степени подавляется, а селективность в отношении серебра (I) увеличивается с ростом степени сульфоэтилирования. В условиях, отвечающей наибольшей избирательности изучена кинетика сорбции ионов переходных и щелочноземельных металлов при их совместном присутствии и показано, что скорость-лимитирующей стадией сорбции является взаимодействие ионов металлов с функциональными группами сорбента. Изучение сорбции в динамических условиях позволило установить, что увеличение степени модифицирования приводит к возрастанию динамической обменной емкости как в отношении серебра (I), так и сопутствующих ионов металлов, в том числе щелочноземельных.

В пятой главе изучены закономерности сорбции ионов благородных металлов золота (III), платины (IV) и палладия (II) из индивидуальных, бинарных и многокомпонентных растворов. Установлено, что все сорбенты характеризуются общей закономерностью возрастания селективности сорбции золота (III) и палладия (II) по отношению к платине (IV) с ростом степени модифицирования сорбента. При этом во многих случаях извлечение золота (III) и палладия (II) возрастает с ростом pH. Анализ кинетических кривых сорбции ионов металлов СЭПАС и СЭПАА показал, что скорость-лимитирующая стадия сорбции – протекание химической реакции между функциональными группами сорбентов и ионами металлов.

Достоинством работы Алифхановой Л.М.к. является широкое применение методов математического моделирования для описания изотерм сорбции и кинетических кривых, а также проведенное сравнение сорбционных свойств различных модифицированных аминополимеров – хитозана, полиэтиленimina, полиаминостирола и полиаллиламина.

В заключении автор приводит основные выводы по выполненному исследованию, а также перспективы дальнейшего развития темы, среди которых следует отметить возможность разработки сорбционно-спектроскопических методик определения благородных металлов в присутствии ионов переходных и щелочноземельных металлов, что определяет **практическую значимость** полученных результатов.

Основные результаты, полученные Алифхановой Л.М.к., опубликованы в 13 работах, включая 6 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ, а также

входящих в международные базы цитирования Web of Science и Scopus, и 7 тезисов докладов всероссийских и международных конференций.

Автореферат по содержанию соответствует диссертации и дает полное представление о выполненной работе, научной новизне и значимости полученных результатов.

#### **Вопросы и замечания по работе:**

1. В характеристиках исследуемых сорбентов не указан их гранулометрический состав. Оказывает ли влияние размер гранул материала на сорбционные свойства синтезированных материалов?

2. На рисунке 4.8 приведены скорости пропускания раствора 1, 2 и 5 см<sup>3</sup>/мин, а в таблице 4.11 расчет ДОЕ приведен для скоростей 1, 2 и 3 см<sup>3</sup>/мин. Вероятно, допущена опечатка.

3. В разделе 4.5 описаны результаты исследования десорбции серебра (I) и меди (II) азотной кислотой, в разделе 5.5 – условия десорбции ионов благородных металлов. Чем обусловлен выбор концентрации азотной кислоты 1,0 моль/л для десорбции серебра (I) и меди (II). Возможен ли подбор условий избирательной десорбции серебра (I) и меди (II), а также ионов благородных металлов?

4. На рис. 5.2 диссертации представлено влияние pH среды на сорбцию хлоридных комплексов ионов благородных металлов, однако не указана концентрация хлорид-ионов в исходных растворах. Будет ли влиять концентрация хлорид-ионов на сорбцию исследованных ионов металлов? Кроме того не ясно какими растворами создавали требуемую величину pH для сорбции хлоридных комплексов ионов благородных металлов.

5. Сорбция ионов металлов при их совместном присутствии в растворе была изучена при равной концентрации всех компонентов. Как будут влиять на селективность извлечения серебра (I) и благородных металлов большие концентрации сопутствующих ионов металлов?

Возникшие вопросы не влияют на общую положительную оценку работы. Считаю, что диссертационная работа Алифхановой Латифы Махир кызы «Физико-химические закономерности сорбции ионов благородных металлов на сульфозетилированных полиаминостиролах и полиаллиламинах» по поставленным задачам, уровню их решения, актуальности и научной новизне

удовлетворяет 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 поиска новых сорбентов для благородных металлов, а также установления связи между степенью сульфозоксилирования и сорбционной способностью материалов, а ее автор – Алифханова Латифа Махир кызы – заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Доцент кафедры неорганической химии, химической технологии и техносферной безопасности федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет», кандидат химических наук

Елохов Александр Михайлович

614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15  
тел. 8(342) 2-397-08, e-mail: elhalex@yandex.ru  
7 июня 2022 г

Подпись Елохова А.М. заверяю.

Ученый секретарь ПГНИУ

Елена Петровна Антропова

