

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»

Денис Сергеевич Гуц



«03» мая 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет»

Диссертация «Неорганические оксиды, последовательно модифицированные полиаминами и сульфо- и карбоксипроизводными органических реагентов, для разделения, концентрирования и определения химических элементов» выполнена в научно-исследовательском инженерном центре «Кристалл» Департамента науки и инновационной деятельности.

В период подготовки диссертации соискатель Дидух-Шадрина Светлана Леонидовна работала в должности научного сотрудника научно-исследовательского инженерного центра «Кристалл» Департамента науки и инновационной деятельности, доцента кафедры органической и аналитической химии федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский федеральный университет».

В 2009 г. Дидух-Шадрина С.Л. защитила кандидатскую диссертацию на соискание ученой степени кандидата химических наук на тему «Сорбенты на основе неорганических оксидов, модифицированных полигексаметиленгуанидином и комплексообразующими реагентами, для концентрирования и определения цветных и благородных металлов» по

специальности 02.00.02 - аналитическая химия в диссертационном совете Д 212.269.04 при Томском политехническом университете.

Научный консультант Лосев Владимир Николаевич, доктор химических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», лаборатория физикохимии металлургических процессов и материалов, старший научный сотрудник, профессор кафедры органической и аналитической химии.

На расширенном заседании кафедры органической и аналитической химии присутствовали: заведующий кафедрой Таран О.П., доктор химических наук, профессор РАН; Кузнецов Б.Н., доктор химических наук, профессор; Качин С.В., доктор химических наук, профессор; Лосев В.Н., доктор химических наук, профессор; Михалёв Ю.Г., доктор химических наук, профессор; Калякина О.П., кандидат химических наук, доцент; Калякин С.Н., кандидат химических наук; Мазняк Н.В., кандидат химических наук, доцент; Денисова Л.Т., кандидат химических наук, доцент; Бородина Е.В., кандидат химических наук, доцент; Новикова Г.В., кандидат химических наук; Метелица С.И., кандидат химических наук; Буйко О.В., кандидат химических наук; Шубин А.А., кандидат химических наук, доцент, Чумилина Л.Г., кандидат химических наук, доцент.

Участниками заседания были заданы следующие вопросы.

- В чем заключается принципиальное отличие предложенного способа модифицирования неорганических оксидов от описанных в литературе?

- Изучалось ли модифицирование полиаминами других матриц, например, целлюлозы?

- Влияет ли присутствие воды в сорбенте на регистрируемый коэффициент диффузного отражения? Как контролировали степень высушивания сорбента?

- Укажите основные преимущества разработанных методик относительно аттестованных?

- Чем обусловлен такой выбор неорганических оксидов?
- Каковы особенности пробоподготовки природных вод с использованием предложенных сорбционно-фотометрических методик?
- Как определяли селективность концентрирования по отношению к другим катионам, присутствующим в реальных объектах?
- В чем причина существенного различия коэффициента чувствительности сорбционно-фотометрического определения при использовании различных матриц?
- В чем заключается различие в сорбции органических веществ исходным оксидом алюминия и оксидом алюминия, модифицированным полимерными полиаминами?
- Чем обусловлен L-образный вид изотерм сорбции элементов?
- Вынесено предложение о более подробном изложении в докладе новизны работы.

По всем заданным вопросам соискателем были даны исчерпывающие ответы.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы. Для повышения селективности и снижения пределов обнаружения элементов в аналитической практике широко применяется сорбционное концентрирование. Извлечение микрокомпонента из больших объемов растворов на относительно небольшой массе сорбента и возможность автоматизации процесса делает сорбционное концентрирование одним из наиболее востребованных. Среди широкого перечня сорбентов различной природы наиболее перспективными являются сорбенты на основе неорганических оксидов, в частности SiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , TiO_2 , основными преимуществами которых являются: доступность, широкий выбор матриц с различными поверхностными характеристиками и отсутствие набухания в водных растворах. Неорганические оксиды как матрицы для сорбентов обладают высокой механической прочностью частиц, относительно высокой гидролитической устойчивостью в слабокислых, нейтральных и слабощелочных растворах. Отсутствие собственной окраски и люминесценции позволяет

использовать неорганические оксиды не только для фотометрического и люминесцентного определения компонентов непосредственно в фазе сорбента, но и исследовать закономерности взаимодействия извлекаемого компонента с функциональными группами сорбентов. Для придания неорганическим оксидам селективных свойств их поверхность химически или нековалентно модифицируют различными реагентами. Основным преимуществом химически модифицированных неорганических оксидов является достаточно высокая устойчивость привитых функциональных групп в разбавленных растворах неорганических кислот, однако сложность синтеза делает данные сорбенты малодоступными. Закрепление органических реагентов за счет слабых физических взаимодействий (импрегнирование) приводит к десорбции реагентов при сорбционном извлечении химических элементов из водных растворов, особенно в динамическом режиме концентрирования.

Несмотря на значительное количество предлагаемых сорбентов и способов их получения, закрепление широкого класса сульфо- и карбоксипроизводных комплексообразующих органических реагентов на поверхности неорганических оксидов практически невозможно из-за взаимного отталкивания сульфогрупп реагентов и депротонированных поверхностных гидроксильных групп.

Разработка нового простого способа получения сорбентов с прогнозируемыми сорбционными и аналитическими характеристиками с использованием доступных матриц и реагентов является актуальной задачей. Решение этой задачи заключается в последовательном закреплении функциональных органических слоев на поверхности неорганических оксидных матриц. При данном подходе поверхность неорганического оксида рассматривается как макромолекула с большим количеством гидроксильных групп, а первым функциональным органическим слоем, закрепленным на его поверхности, являются полимерные полиамины, прочно удерживающиеся за счет образования многоцентровых связей между их положительно заряженными аминогруппами и поверхностными отрицательно заряженными депротонированными гидроксогруппами. Неорганические оксиды, модифицированные полиаминами, являются универсальной платформой для создания широкого круга сорбентов путем закрепления на их поверхности

большого класса водорастворимых сульфо- и карбоксипроизводных комплексообразующих органических реагентов, являющихся в данном случае вторым функциональным слоем сорбентов.

Цель работы. Разработка нового подхода к синтезу сорбентов методом нековалентного последовательного модифицирования поверхности неорганических оксидов полимерными полиаминами и сульфо- или карбоксипроизводными комплексообразующих органических реагентов для разделения, концентрирования и определения химических элементов.

Достижение цели предусматривало решение следующих задач:

- определение оптимальных условий извлечения и устойчивости закрепления полимерных полиаминов на поверхности неорганических оксидов и сульфо- или карбоксипроизводных комплексообразующих органических реагентов на предварительно аминированной поверхности неорганических оксидов;

- исследование характеристик сорбентов физико-химическими методами исследования;

- исследование возможности использования неорганических оксидов, модифицированных полиаминами, в качестве анионообменников на примере сорбционного концентрирования анионных форм Cr(VI), As(V) и Se(VI), хлоридных анионных комплексов платиновых металлов и анионных комплексов химических элементов с органическими реагентами;

- исследование закономерностей сорбционного концентрирования ионов цветных, тяжелых и благородных металлов, а также их форм неорганическими оксидами, нековалентно модифицированными полимерными полиаминами и сульфо- или карбоксипроизводными комплексообразующих органических реагентов, в статическом и динамическом режимах;

- разработка комплекса методик сорбционно-молекулярно-спектроскопического (спектроскопия диффузного отражения и люминесценция), сорбционно-атомно- и сорбционно-масс-спектрометрического определения химических элементов, а также методик тест-определения ионов металлов в вариантах цветовых шкал и индикаторных трубок.

Научная новизна. Предложен новый способ получения сорбентов на основе неорганических оксидов путем последовательной обработки их поверхности водными растворами полимерных полиаминов и сульфо- или карбоксипроизводных комплексообразующих органических реагентов.

Определены физико-химические характеристики неорганических оксидов, модифицированных полимерными полиаминами. Исследована прочность закрепления полимерных полиаминов на поверхности неорганических оксидов. Показано, что закрепленный на поверхности кремнезема полигексаметиленгуанидин не десорбируется с его поверхности обработкой горячей (50°C) 6 М HCl.

Определено влияние строения молекулы комплексообразующего органического реагента, природы и количества кислотных групп в его составе на условия закрепления на поверхности предварительно аминированных неорганических оксидов. Показано, что увеличение количества сульфогрупп в молекуле реагента приводит к увеличению диапазона рН и устойчивости его закрепления на поверхности аминированных неорганических оксидов. Наличие в составе молекулы реагента гидроксо- и аминогрупп приводит к уширению диапазона рН его количественного извлечения и увеличению прочности закрепления реагента за счет образования дополнительных водородных связей с аминогруппами полиаминов, закрепленных на поверхности неорганических оксидов.

Показано, что в процессе закрепления сульфо- и карбоксипроизводных органических реагентов сохраняются их комплексообразующие и хромофорные свойства.

Установлены закономерности сорбционного концентрирования ионов химических элементов неорганическими оксидами, как модифицированными только полимерными полиаминами, так и последовательно модифицированными полимерными полиаминами и сульфо- и карбоксипроизводными N-, N,O-, O-, S-содержащих комплексообразующих органических реагентов в статическом и динамическом режимах в зависимости от природы неорганического оксида, природы полимерного полиамина и его поверхностной концентрации, природы органического реагента и его

поверхностной концентрации, природы и степени окисления иона металла, кислотности среды, температуры, времени контакта фаз.

На основании исследованных закономерностей закрепления полимерных полиаминов на поверхности неорганических оксидов, сульфо- и карбоксипроизводных комплексообразующих реагентов на поверхности аминированных неорганических оксидов, сорбционного концентрирования различных ионов элементов сформулированы критерии прогнозирования сорбционных и аналитических свойств модифицированных неорганических оксидов.

Впервые методом ЭПР установлено, что при сорбции Fe(III) и Fe(II) на поверхности сорбентов с функциональными группами тайрона образуются комплексы Fe(III), а на поверхности сорбентов с функциональными группами сульфопроизводных нитрозоафтолов - комплексы Fe(II).

Определено влияние природы неорганических оксидов, поверхностной концентрации функциональных групп, массы сорбента на метрологические характеристики методик сорбционно-фотометрического и сорбционно-люминесцентного определения элементов непосредственно в фазе сорбентов, а также тест-определения элементов.

Для внутригруппового разделения ионов металлов и химических форм элементов (Cr, As, Se, Fe, Cu) предложена двухколоночная система.

Новизна предложенного подхода к синтезу сорбентов и разработанных методик определения химических элементов подтверждается 13 патентами РФ.

Практическая значимость. Предложены сорбенты на основе неорганических оксидов, последовательно модифицированных полимерными полиаминами и сульфо- или карбоксипроизводными комплексообразующих органических реагентов для разделения, концентрирования и определения элементов и их форм.

Сформулированы рекомендации по выбору неорганических оксидов, полимерных полиаминов, сульфо- и карбоксипроизводных комплексообразующих органических реагентов, условий их закрепления для получения сорбентов с заданными сорбционными и аналитическими свойствами.

Разработан комплекс методик сорбционно-спектро스코пического определения элементов с молекулярно- и атомно-спектроскопическими окончаниями:

- методики сорбционно-фотометрического определения Fe(II), Fe(III), Cu(I), Cu(II), Co(II), Ni(II), Pd(II) и сорбционно-люминесцентного определения Au(I), Ag(I), Cu(I), Pt(II), Eu(III), Tb(III), Zn(II), Cd(II) с пределами обнаружения на уровне $n \cdot 10^{-1}$ - $n \cdot 10^{-3}$ мкг на 0,1 г сорбента;

- методики тест-определения Fe(II), Fe(III), Cu(I), Co(II), Pd(II) с пределами визуального обнаружения на уровне $n \cdot 10^{-1}$ - $n \cdot 10^{-2}$ мкг на 0,1 г сорбента;

- методики сорбционно-атомно-эмиссионного и сорбционно-масс-спектрометрического (с индуктивно связанной плазмой) определения Fe, Al, Cu, Zn, Cd, Pb, Ni, Mn, Pd, Pt, Ir в природных водах с пределами обнаружения на уровне 1-10 нг/л;

- методики разделения, концентрирования и определения химических форм элементов (Fe, Cr, Se, As, Cu), с использованием двухколоночного варианта динамического концентрирования с последующим их атомно-эмиссионным и масс-спектрометрическим с индуктивно связанной плазмой определением в десорбирующих растворах.

Положения, выносимые на защиту:

- обоснование выбора неорганических оксидов, полимерных полиаминов и сульфо- или карбоксипроизводных комплексообразующих органических реагентов для синтеза сорбентов;

- результаты исследования закономерностей закрепления полимерных полиаминов на поверхности неорганических оксидов, закрепления сульфо- и карбоксипроизводных органических реагентов на аминированной поверхности неорганических оксидов;

- результаты исследования закономерностей сорбционного концентрирования ионов химических элементов неорганическими оксидами, модифицированными только полимерными полиаминами и последовательно модифицированными полиаминами и сульфо- и карбоксипроизводными органических реагентов;

- комплекс методик сорбционно-фотометрического, сорбционно-люминесцентного, тест-определения элементов в фазе сорбентов, а также сорбционно-атомно-эмиссионного и сорбционно-масс-спектрометрического с индуктивно связанной плазмой определения элементов и их форм.

Степень достоверности результатов и апробация работы. Достоверность представленных результатов обеспечена комплексным подходом с использованием физико-химических методов исследования и анализа и современного оборудования: термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии, элементного анализа для определения количества закрепленного полиамина, рентгенофазового анализа для определения фазового состава образцов, электронной микроскопии с системой микроанализа для определения морфологии поверхности и ее элементного состава, ИК-спектроскопии для подтверждения закрепления полиаминов на поверхности неорганических оксидов и сульфопроизводных органических реагентов на аминированной поверхности неорганических оксидов, а также образования соединений на поверхности сорбентов, атомно-абсорбционной, атомно-эмиссионной и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой для определения распределения химических элементов между сорбентами и растворами, спектроскопии диффузного отражения и люминесценции для определения состава поверхностных комплексных соединений ионов металлов с функциональными группами сорбентов. Используются методы определения удельной поверхности и пористости синтезированных сорбентов по низкотемпературной адсорбции азота.

Правильность полученных результатов по определению содержания химических элементов в образцах различного вещественного состава и агрегатного состояния подтверждена анализом стандартных образцов состава природных вод, сопоставлением с результатами, полученными другими независимыми методами анализа и использованием метода «введено-найдено».

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 32 статьи в журналах, рекомендованных ВАК и входящих в базы научного цитирования РИНЦ, Web of Science и Scopus. Получено 13 патентов Российской Федерации:

1. Losev V.N., Didukh S.L., Trofimchuk A.K., Leshchenko V.N. Palladium(II) and cobalt(II) sorption by silica gel sequentially modified by polyhexamethylene guanidine and a nitroso-R salt // *Mendeleev Commun.* 2009. V. 19, №5. P. 167-169.
2. Лосев В.Н., Дидух С.Л., Буйко Е.В., Метелица С.И., Трофимчук А.К. Применение кремнезема, модифицированного полигексаметиленгуанидином и 8-оксихинолин-5-сульфо кислотой, для концентрирования и сорбционно-атомно-эмиссионного определения металлов в природных водах // *Аналитика и контроль.* 2009. Т. 13, №1. С. 33-39.
3. Лосев В.Н., Дидух С.Л., Трофимчук А.К. Сорбционно-фотометрическое определение железа с использованием сорбентов на основе неорганических оксидов с функциональными группами 4,7-дифенил-1,10-фенантролина // *Известия ВУЗов. Химия и Хим.технология.* 2009. Т. 52, №7. С. 32-36
4. Лосев В.Н., Дидух С.Л. Тест-системы для определения Cu, Fe, Co на основе дисперсных кремнеземов, модифицированных полигексаметиленгуанидином и сульфопроизводными органических реагентов // *Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия.* 2010. Т. 3, №1. С.64-72.
5. Дидух С.Л., Лосев В.Н. Тест-системы на основе кремнеземных тканей, модифицированных полиаминами и сульфопроизводными органических реагентов, для определения железа(II) // *Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия.* 2012. Т. 5, №2. С.188-196.
6. Дидух С.Л., Сорокина А.Н., Мальцева Е.В., Лосев В.Н. Сорбенты на основе кремнезема, последовательно модифицированного полигексаметиленгуанидином, Ferene S и Ferrozine, для концентрирования и определения железа // *Вестник Тувинского государственного университета.* 2013. Т. 2. С. 110-116.
7. Losev V.N., S.L. Didukh, A.K. Trofimchuk, O.A. Zaporozhets. Adsorption-Photometric and Test Determination of Copper Using Silica Gel Sequentially Modified with Polyhexamethylene Guanidine and Bathocuproinedisulfonic Acid // *Adsorption Science & Technology.* 2014. V. 32, №6. P. 443-452.
8. Дидух С.Л., Мухина А.Н., Лосев В.Н. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение общего содержания железа в природных водах с использованием сорбентов на основе оксида циркония, модифицированного

полигексаметиленгуанидином, феррозином и ферен С // Аналитика и контроль. 2014. Т. 18, № 4. С.430-437.

9. Дидух С.Л., Лосев В.Н. Применение оксидов циркония и титана, модифицированных полигексаметиленгуанидином и 4,7-дифенил-1,10-фенантролиндисульфокислотой, для концентрирования и определения железа(II) в природных и минеральных водах // Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия. 2014. Т. 7, №4. С. 510-518

10. Лосев В.Н., Дидух С.Л., Мухина А.Н, Трофимчук А.К. Применение кремнезема, модифицированного полигексаметиленгуанидином и нитрозо-R-солью, для концентрирования и определения кобальта // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70, №6. С. 594-601.

11. Дидух С.Л., Мухина А.Н., Лосев В.Н. Определение содержания железа(II) в питьевых водах сорбционно-фотометрическим методом с использованием сорбентов на основе диоксида титана, последовательно модифицированного полигексаметиленгуанидином, Ferrozine и Ferene S // Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия. 2015. Т. 8, №1. С. 35-44.

12. Дидух С.Л., Лосев В.Н., Мухина А.Н., Трофимчук А.К. Применение кремнезема, иммобилизованного тайроном, для концентрирования и АЭС-ИСП определения металлов в природных водах // Журнал аналитической химии. 2016. Т. 71, №11. С. 1137-1144.

13. Дидух С.Л., Мазняк Н.В., Лосев В.Н. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение палладия с использованием кремнезёмов, модифицированных полигексаметиленгуанидином и нитрозо-R-солью // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2016. Т. 82, №9. С. 22-25.

14. Дидух С.Л., Лосев В.Н., Мухина А.Н., Максимов Н.Г., Трофимчук А.К. Сорбционно-фотометрическое определение железа с использованием кремнезема с функциональными группами нитрозо-R-соли и нитрозо-N-соли // Журнал аналитической химии. 2017. Т. 72, №1. С. 50-56.

15. Дидух С.Л., Лосев В.Н. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение меди в водных средах с применением модифицированных полигексаметиленгуанидином и батокупроиндисульфокислотой неорганических оксидов // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21, №1. С. 49-56

16. Дидух С.Л., Лосев В.Н. Сорбционное разделение Fe(III)/Fe(II) и их АЭС-ИСП определение с использованием кремнезема, модифицированного тайроном // Аналитика и контроль. 2017. Т. 21, №4. С. 298-306.
17. Didukh S., Losev V., Borodina E., Maksimov N., Trofimchuk A., Zaporozhets O. Separation and Determination of Fe(III) and Fe(II) in Natural and Waste Waters Using Silica Gel Sequentially Modified with Polyhexamethylene Guanidine and Tiron // Journal of Analytical Methods in Chemistry. 2017. V. 2017, Article ID 8208146, 9 pages.
18. Дидух С.Л., Лосев В.Н., Мухина А.Н., Трофимчук А.К. Неорганические оксиды с иммобилизованными Феррозином и Ференом С для сорбционно-спектроscopicкого определения железа(II) // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73, №3. С. 189-197.
19. Лосев В.Н., Метелица С.И., Дидух С.Л., Кашкевич А.И., Трофимчук А.К., Сырык Е.А. Люминесцентное определение меди(I), серебра(I), золота(I) и платины(II) с использованием 2-меркапто-5-бензимидазолсульфо кислоты, в том числе закрепленной на поверхности кремнезема // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73, №1. С. 37-45.
20. Didukh S., Losev V., Mukhina A., Trofimchuk A., Nesterenko P. Determination of Cobalt in Soils and Natural Waters Using Silica Gel Modified with Polyhexamethylene Guanidine and Nitroso-N-Salt // Chemistry Education Research and Practice. 2018. V. 2, №1. P. 1-10.
21. Сырык О.О., Лосев В.Н., Дидух С.Л., Елсуфьев Е.В., Трофимчук А.К. Модификация поверхности кремнезема и целлюлозы гидрохлоридом полигексаметиленгуанидина и ее определение. // Методы и объекты химического анализа. 2018. Т. 13, №2. С. 71-78.
22. Didukh-Shadrina S.L., Buyko O.V., Losev V.N. Solid-phase extraction and fluorimetric determination of Zn(II) in natural water using novel adsorbent based on silica modified with polyhexamethylene guanidine and Ferron // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2019. V. 101, №7. P. 943-955.
23. Дидух-Шадрина С.Л., Лосев В.Н., Мазняк Н.В., Трофимчук А.К. Применение кремнезема с иммобилизованной 2-нитрозо-1-нафтол-4-

сульфоокислотой для сорбционно-фотометрического определения палладия // Журнал аналитической химии. 2019. Т. 74, №8. С. 574-579.

24. Didukh-Shadrina S.L., Losev V.N., Samoilo A., Trofimchuk A.K., Nesterenko P.N. Determination of Metals in Natural Waters by Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy after Preconcentration on Silica Sequentially Coated with Layers of Polyhexamethylene Guanidinium and Sulphonated Nitrosonaphthols // International Journal of Analytical Chemistry. 2019. V. 2019. Article ID 1467631. 13 pages.

25. Didukh-Shadrina S.L., Losev V.N., Mukhina A.N., Trofimchuk A.K., Preconcentration and Determination of Nickel ions using Silica with Functional Groups of Sulfonic Derivatives of Nitroso Naphthols // Methods and objects of chemical analysis. 2019. V. 14, №1. P. 30–36

26. Didukh-Shadrina S., Losev V., Metelitsa S., Trofimchuk A., Zaporozhets O. Simultaneous ICP-MS determination of trace metals in natural water and snow after their preconcentration on novel adsorbent based on Al_2O_3 impregnated with Alizarin Complexone // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. 2020. V. 102, №10. P. 2322-2341.

27. Losev V.N., Didukh-Shadrina S.L., Orobyeva A.S., Metelitsa S.I., Samoilo A.S., Zhizhaev A.M., Trofimchuk A.K. Effective separation of chromium species in technological solutions using amino-immobilized silica prior to their determination // Journal of Hazardous Materials. 2020. V. 407. ArtID. 124383.

28. Дидух-Шадрина С.Л., Буйко О.В., Лосев В.Н. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение Fe(III) в природных водах с использованием кремнезема, послойно модифицированного полигексаметиленгуанидином и ферроном // Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия. 2020. Т. 13, №3. С. 349-362.

29. Losev V.N., Didukh-Shadrina S.L., Orobyeva A.S., Metelitsa S.I., Borodina E.V., Ondar U.V., Nesterenko P.N., Maznyak N.V. A new method for highly efficient separation and determination of arsenic species in natural water using silica modified with polyamines // Analytica Chimica Acta. 2021. V. 1178. ArtID. 338824

30. Бородина Е.В., Дидух-Шадрина С.Л., Лосев В.Н., Трофимчук А.К. Сорбционное разделение мышьяка(III) и мышьяка(V) с помощью функциона-

лизированных силикагелей // Журн. Сиб. федер. ун-та. Химия. 2021. Т. 14, №4. С. 477-488.

31. Losev V., Didukh-Shadrina S., Orobyeva A., Borodina E., Elsufoev E., Metelitsa S., Ondar U. Speciation of inorganic selenium in natural water by solid-phase extraction using functionalized silica // Analytical Methods. 2022. V. 14, №28. P. 2771-2781.

32. Лосев В.Н., Буйко О.В., Дидух-Шадрина С.Л., Шиманский А.Ф., Жижаяев А.М. Сорбция германия(IV) неорганическими оксидами, послойно модифицированными полигексаметиленгуанидином и тайроном // Журнал неорганической химии. 2022. Т. 67, №9. С. 1274-1282.

Патентах:

1. Патент РФ. № 2374637 С1 Способ определения меди(I) / Лосев В.Н., Мазняк Н.В., Дидух С.Л., Трофимчук А.К. // Опубликовано 27.11.2009, Бюл. № 33.

2. Патент РФ. № 2374639 С1 Способ определения железа(II) / Лосев В.Н., Дидух С.Л., Трофимчук А.К. / Опубликовано 27.11.2009, Бюл. № 33.

3. Патент РФ. № 2374640 С1 Способ определения палладия(II) / Лосев В.Н., Дидух С.Л., Волкова Г.В., Трофимчук А.К. / Опубликовано 27.11.2009, Бюл. № 33.

4. Патент РФ. № 2374638 С1 Способ определения кобальта(II) / Лосев В.Н., Мазняк Н.В., Дидух С.Л., Трофимчук А.К. / Опубликовано 27.11.2009, Бюл. № 33.

5. Патент РФ. № 2380152 С1 Комплексообразующий сорбент и способ его получения / Лосев В.Н., Елсуфьев Е.В, Буйко Е.В, Метелица С.И., Дидух С.Л., Трофимчук А.К. / Опубликовано 27.01.2010, Бюл. № 3.

6. Патент РФ. № 2456592 С1 Способ определения кобальта(II) / Лосев В.Н., Дидух С.Л., Сорокина А.Н. / Опубликовано 20.07.2012, Бюл. № 20.

7. Евразийский патент № 020420 Способ определения кобальта(II) / Лосев В.Н., Дидух С.Л., Сорокина А.Н. // от 28.11.2014.

8. Патент РФ. № 2555483 С1. Способ определения железа(II) / Дидух С.Л., Сорокина А.Н., Лосев В.Н. // Опубликовано 10.07.2015, Бюл. № 19.

9. Патент РФ. № 2557980 С1 Способ определения железа(II)/ Дидух С.Л., Сорокина А.Н., Лосев В.Н. //Опубликовано 27.07.2015, Бюл. № 21.
10. Патент РФ. № 2563984 Способ определения железа(III) и железа(II) / Дидух С.Л., Лосев В.Н.// Опубликовано 27.09.2015 Бюл. № 27.
11. Патент РФ. № 2599011 Способ определения палладия(II) / Дидух С.Л., Лосев В.Н. // Опубликовано 10.10.2016, Бюл. № 28.
12. Патент РФ. № 2755633 С1 Способ определения железа(III) /Дидух-Шадрина С.Л., Буйко О.В., Лосев В.Н., // Опубликовано 17.09.2021/ Бюл. № 26.
13. Патент РФ № 2768614 Способ определения меди (I)/ Дидух-Шадрина С.Л., Лосев В.Н. // Опубликовано 24.03.2022, Бюл. № 9.

Соответствие содержания диссертации научной специальности.

Диссертация «Неорганические оксиды, последовательно модифицированные полиаминами и комплексообразующими сульфо- и карбоксипроизводными органическими реагентами, для разделения, концентрирования и определения химических элементов» Дидух-Шадринной Светланы Леонидовны соответствует п. 2. «Методы химического анализа (химические, физико-химические, атомная и молекулярная спектроскопия, хроматография, рентгеновская спектроскопия, масс-спектрометрия, ядерно-физические методы и др.), п. 4 «Методическое обеспечение химического анализа», п. 8 «Методы маскирования, разделения и концентрирования», п. 12 «Анализ объектов окружающей среды» паспорта специальности 1.4.2 - Аналитическая химия.

Автор диссертации является сложившимся исследователем, способным развивать отдельные научные направления, ставить и решать научные задачи. Научные положения и выводы работы, выполненной Дидух-Шадринной С.Л., не вызывают сомнений.

Работа отвечает требованиям п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября

2013 г. № 842, предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук.

Диссертация «Неорганические оксиды, последовательно модифицированные полиаминами и сульфо- и карбоксипроизводными органических реагентов, для разделения, концентрирования и определения химических элементов» Дидух-Шадриной Светланы Леонидовны рекомендуется к защите на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия.

Заключение принято на расширенном заседании кафедры органической и аналитической химии. Присутствовало на заседании 15 чел. Результаты голосования: «за» - 15 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 2 от 24 марта 2023 года.

Заведующий кафедрой
органической и аналитической
химии, доктор химических наук,
профессор РАН

Оксана Павловна Таран