

«УТВЕРЖДАЮ»

И. о. ректора РХТУ им. Д. И. Менделеева,
д.т.н., проф. И. В. Воротынцев



2 » февраля 2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация на тему: «Полимерные сорбенты металлов на основе поливинилового спирта и фосфазенсодержащего экстрагента» по научной специальности 1.4.7 Высокомолекулярные соединения (химические науки) выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» на кафедре химической технологии пластических масс.

В процессе подготовки диссертации Юдаев Павел Александрович, «16» января 1995 года рождения, с 1 сентября 2018 года по 24 мая 2022 года являлся аспирантом на кафедре химической технологии пластических масс и с 1 февраля 2023 г. по настоящее время – соискатель ученой степени кандидата наук без освоения программы научных и педагогических кадров в аспирантуре.

Удостоверения о сдаче кандидатских экзаменов (справки об обучении № 49 и № 113) выданы в РХТУ имени Д.И. Менделеева в 2022 году.

Научный руководитель: доцент, кандидат химических наук по специальности 02.00.06 Высокомолекулярные соединения, доцент кафедры химической технологии пластических масс Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Чистяков Евгений Михайлович.

Тема диссертационной работы Юдаева Павла Александровича, научный руководитель Чистяков Евгений Михайлович утверждены на заседании Ученого совета Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева от «31» января 2023 г., протокол № 6.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: «Полимерные сорбенты металлов на основе поливинилового спирта и фосфазенсодержащего экстрагента» принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационного исследования.

На сегодняшний день наиболее актуальной является проблема экологии, а именно загрязнение окружающей среды токсичными радиоактивными, тяжелыми металлами и их солями, основными источниками которых являются нефтехимические предприятия, металлургические комбинаты, горнорудные предприятия, бытовые отходы, а также выбросы техногенного и природного характера.

Наибольшее значение в экстракционных процессах приобрели жидкие фосфорорганические экстрагенты, которые часто бывают токсичными. Для устранения этого недостатка фосфорорганические экстрагенты вводят в матрицу биосовместимого нетоксичного полимера.

При этом, для повышения эффективности сорбции металлов используют хелатные соединения. В качестве таких соединений перспективны функциональные арилоксициклофосфазены.

Использование магнитных полимерных сорбентов, содержащих полидентатный арилоксициклофосфазен, в процессах сорбции металлов из сточных вод и почвы позволит решить множество проблем, сделает процесс сорбции более экономически эффективным и экологически безопасным.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1) радикальной сополимеризацией диметакрилата триэтиленгликоля и льняного масла получен устойчивый к соляной кислоте капсулированный порошок мелкодисперсного карбонильного железа;

2) присоединением диэтилфосфита к азометиновым группам арилоксициклофосфазена в присутствии п-толуолсульфокислоты получен ранее неописанный арилоксициклофосфазен с шестью α -аминофосфонатными группами, который может быть использован в исследовании экстракции

благородных металлов из почвы, поскольку не оказывал ингибирующего влияния на почвенную микрофлору;

3) установлено, что магнитные полимерные сорбенты на основе кислотостойкого карбонильного железа, поливинилового спирта и модифицированные арилоксициклофосфазеном (экстрагентом), обладают достаточными для применения в сорбционных процессах водопоглощением (64 %) и намагниченностью насыщения ($13,75 \text{ Гс} \cdot \text{см}^3/\text{г}$);

4) выявлено, что полимерные сорбенты, содержащие 12,5 мас. % фосфазенового экстрагента (по отношению к массе поливинилового спирта), селективно извлекают палладий (II) из 0,25 молярного солянокислого водного раствора с эффективностью 57 % за один цикл и 89 % за два цикла сорбции-десорбции в присутствии меди (II).

Практическая ценность работы. Разработанные магнитные полимерные сорбенты, содержащие фосфорорганические полидентатные экстрагенты, рекомендованы для высокоэффективного, селективного и экологически безопасного извлечения палладия (II) из солянокислых растворов, образующихся в процессе выщелачивания автомобильных катализаторов или электронного лома.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в четырех рецензируемых изданиях, индексируемых в международных базах данных Scopus и Web of Science.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе на 20th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM 2020 (София, Болгария, 18-24 августа 2020 г.), XXIV Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, Россия, 20-22 апреля 2021 г.), XXV Всероссийской конференции молодых ученых-химиков (с международным участием) (Нижний Новгород, Россия, 19-21 апреля 2022), Международной научной конференции «Природные и

синтетические полимеры медицинского и технического назначения» (Минск, Беларусь, 27-29 апреля 2022), Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов-2022» (Москва, Россия, 11-22 апреля 2022).

Публикации по теме диссертации:

1. **Yudaev P.A.** Extraction of Palladium(II) with a Magnetic Sorbent Based on Polyvinyl Alcohol Gel, Metallic Iron, and an Environmentally Friendly Polydentate Phosphazene-Containing Extractant / **Yudaev P.A.**, Butorova I.A., Stepanov G.V., Chistyakov E.M. // *Gels*. – 2022. – V. 8. – P. 492. (*Scopus, Web of Science*)

2. **Yudaev P.A.** Crystallization of Nano-Sized Macromolecules by the Example of Hexakis-[4-{(N-Allylimino) methyl}phenoxy] cyclotriphosphazene / Chistyakov E.M., **Yudaev P.A.**, Nelyubina Yu.V. // *Nanomaterials*. – 2022. – V. 12. – P. 2268. (*Scopus, Web of Science*)

3. **Yudaev P.A.** Nanoparticle-Containing Wound Dressing: Antimicrobial and Healing Effects / **Yudaev P.A.**, Mezhev Ya.O., Chistyakov E.M. // *Gels*. – 2022. – V. 8. – P. 329. (*Scopus, Web of Science*)

4. **Yudaev P.A.** Ionic Liquids as Components of Systems for Metal Extraction / **Yudaev P.A.**, Chistyakov E.M. // *ChemEngineering*. – 2022. – V. 6. – P. 6. (*Scopus, Web of Science*)

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 1.4.7 Высокомолекулярные соединения в части п.2 «Синтез олигомеров, в том числе мономеров, связь их строения и реакционной способности. Разработка новых и усовершенствование существующих методов синтеза полимеров и полимерных форм» и п.4 «Химические превращения полимеров – внутримолекулярные и полимераналоговые, их следствия».

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Юдаева Павла Александровича является завершенной научно-квалификационной работой, в которой радикальной сополимеризацией диметакрилата триэтиленгликоля и льняного масла был получен устойчивый к

соляной кислоте капсулированный порошок мелкодисперсного карбонильного железа и разработан оптимальный способ получения магнитного полимерного сорбента на основе поливинилового спирта, сшитого глутаровым альдегидом, арилоксициклофосфазена и кислотостойкого карбонильного железа.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Юдаеву Павлу Александровичу; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Полимерные сорбенты металлов на основе поливинилового спирта и фосфазенсодержащего экстрагента» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.7 Высокомолекулярные соединения.

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры химической технологии пластических масс, состоявшемся «15» февраля 2023 года, протокол № 7. В обсуждении приняли участие: Киреев В.В., Дятлов В.А., Филатов С.Н., Межуев Я.О., Горбунова И.Ю., Биличенко Ю.В., Бредов Н.С., Сиротин И.С., Чистяков Е.М., Тупиков А.С.

Принимало участие в голосовании 10 человек. Результаты голосования: «За» - 10 человек, «Против» - нет, воздержались - нет, протокол № 7 от «15» февраля 2023 г.

Руководитель структурного
подразделения:



Ю. В. Биличенко

Секретарь заседания:



А. С. Тупиков