

ЗАКЛЮЧЕНИЕ диссертационного совета **24.1.225.01**,
созданного на базе Федерального государственного
бюджетного учреждения науки
«Федеральный исследовательский центр
«Казанский научный центр Российской академии наук»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета от 25 января 2023 г., протокол № 01

о присуждении Файзуллину Булату Айваровичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Функциональные наночастицы на основе комплексов Au(I) и Ag(I) с циклическими P,N-лигандами и гексарениевыми и гексамолибденовыми кластерными анионами» по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 16 ноября 2022 года, протокол № 26, диссертационным советом 24.1.225.01, созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КазНЦ РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 420111, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Лобачевского, д. 2/31, приказ Минобрнауки РФ № 553/нк от 23.05.2018.

Соискатель, **Файзуллин Булат Айварович**, 23.07.1995 года рождения, в 2018 г. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» (ФГАОУ ВО КФУ) по специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия». В период подготовки диссертации соискатель **Файзуллин Булат Айварович** являлся аспирантом очной формы обучения кафедры физической химии Химического института им. А.М. Бутлерова ФГАОУ ВО «К(П)ФУ» по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, направленность (профиль) подготовки 02.00.04

Физическая химия, а также работал в должности старшего лаборанта, а затем младшего научного сотрудника в лаборатории физико-химии супрамолекулярных систем ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

Диссертация выполнена в лаборатории физико-химии супрамолекулярных систем ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

Научный руководитель – доктор химических наук, доцент Мустафина Асия Рафаэлевна, главный научный сотрудник лаборатории физико-химии супрамолекулярных систем ИОФХ им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения ФИЦ КазНЦ РАН.

Официальные оппоненты:

Грачева Елена Валерьевна, доктор химических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет»,

Селиванова Наталья Михайловна, доктор химических наук, доцент, профессор кафедры физической и коллоидной химии Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова**» (МГУ) в своем положительном заключении, составленном и подписанном доктором химических наук, ведущим научным сотрудником кафедры неорганической химии МГУ Уточниковой Валентиной Владимировной, указала, что «диссертация Булата Айваровича Файзуллина является научно-

квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная проблема разработки подхода к включению нейтральных и катионных комплексов Au(I) и Ag(I) с циклическими P,N-лигандами в наноразмерные структуры, обладающие сенсорными свойствами и способностью к биовизуализации, а также выявлена взаимосвязь их химического поведения с проявляемой цитотоксической активностью, что является вкладом в современную физическую химию и соответствует требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 "О порядке присуждения ученых степеней", предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, а ее автор Булат Айварович Файзуллин заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации проводился из числа специалистов, компетентных в соответствующей отрасли науки, а именно в области физической химии, химии координационных соединений, особенно в области исследования физико-химических свойств комплексов переходных металлов и наноразмерных структур, в том числе обладающих люминесцентными свойствами, обосновывался их публикационной активностью в соответствующей области и способностью дать профессиональную оценку новизны и научно-практической значимости рассматриваемого диссертационного исследования.

На автореферат диссертации поступило 6 отзывов, все положительные. Отзывы получены от:

- 1) к.х.н. Михайлова А.А. (Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН), *без замечаний*;
- 2) д.х.н. Мартынова А.Г. (Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН), *без замечаний*;
- 3) к.х.н. Пронина А.С. (Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН), *без замечаний*;

- 4) д.х.н. Дыбцева Д.Н. (Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН), *отзыв содержит вопросы, касающиеся выводов о структуре полученных наноструктур на основе гексарениевых кластеров;*
- 5) к.ф.-м.н. Рядуна А.А. (Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН), *без замечаний;*
- 6) д.х.н. Бушуева М.Б. (Институт неорганической химии имени А.В. Николаева СО РАН), *отзыв содержит вопросы, касающиеся характеристики свойств и выявления стабильности наночастиц методом люминесцентной спектроскопии.*

Соискатель является соавтором 7 статей, из них 6 статей по теме диссертации, которые опубликованы в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России. Работы написаны соискателем в соавторстве с другими исследователями, личный вклад диссертанта заключается в выполнении основной части экспериментальной работы, в анализе литературных данных и обобщении полученных результатов. Диссертационная работа не содержит недостоверных сведений об опубликованных соискателем работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Основные результаты диссертации изложены в следующих публикациях:

1. Elistratova, J. Synthesis of Au (I) complex-based aqueous colloids for sensing of biothiols / J. Elistratova, **B. Faizullin**, N. Shamsutdinova, A. Gubaidullin, I. Strel'nik, V. Babaev, K. Kholin, I. Nizameev, E. Musina, R. Khairullin, A. Karasik, A. Mustafina // *Inorg. Chim. Acta.* – 2019. – V. 485. – P. 26–32.
2. Elistratova, J. Impact of oppositely charged shell and cores on interaction of core-shell colloids with differently charged proteins as a route for tuning of the colloids cytotoxicity / J. Elistratova, **B. Faizullin**, I. Strel'nik, T. Gerasimova, R. Khairullin, A. Sapunova, A. Voloshina, T.

- Mukhametzyanov, E. Musina, A. Karasik, A. Mustafina // *Colloids Surf., B.* – 2020. – V. 196. – P. 111306.
3. **Faizullin, B. A.** Structure impact on photodynamic therapy and cellular contrasting functions of colloids constructed from dimeric Au (I) complex and hexamolybdenum clusters / **B. A. Faizullin**, I. D. Strel'nik, I. R. Dayanova, T. P. Gerasimova, K. V. Kholin, I. R. Nizameev, A. D. Voloshina, A. T. Gubaidullin, S. V. Fedosimova, M. A. Mikhailov, M. N. Sokolov, G. V. Sibgatullina, D. V. Samigullin, K. A. Petrov, A. A. Karasik, A. R. Mustafina // *Mat. Sci. Eng. C.* – 2021. – V. 128. – P. 112355.
 4. **Faizullin, B.** pH-driven intracellular nano-to-molecular disassembly of heterometallic $[\text{Au}_2\text{L}_2]\{\text{Re}_6\text{Q}_8\}$ colloids (L = PNNP ligand; Q = S^{2-} or Se^{2-}) / **B. Faizullin**, I. Dayanova, I. Strel'nik, K. Kholin, I. Nizameev, A. Gubaidullin, A. Voloshina, T. Gerasimova, I. Kashnik, K. Brylev, G. Sibgatullina, D. Samigullin, K. Petrov, E. Musina, A. Karasik, A. Mustafina // *Nanomaterials.* – 2022. – V. 12. – №. 18. – P. 3229.
 5. Elistratova, J. Water dispersible supramolecular assemblies built from luminescent hexarhenium clusters and silver (I) complex with pyridine-2-ylphospholane for sensorics / J. Elistratova, **B. Faizullin**, A. Shamsieva, T. Gerasimova, I. V. Kashnik, K. A. Brylev, V. Babaev, K. Kholin, I. Nizameev, E. Musina, S. Katsyuba, A. Karasik, O. Sinyashin, A. Mustafina // *J. Mol. Liq.* – 2020. – V. 305. – P. 112853.
 6. **Faizullin, B.** “Proton sponge” effect and apoptotic cell death mechanism of $\text{Ag}_x\text{-Re}_6$ nanocrystallites derived from the assembly of $[\{\text{Re}_6\text{S}_8\}(\text{OH})_{6-n}(\text{H}_2\text{O})_n]^{n-4}$ with Ag^+ ions / **B. Faizullin**, A. Gubaidullin, T. Gerasimova, I. Kashnik, K. Brylev, K. Kholin, I. Nizameev, A. Voloshina, G. Sibgatullina, D. Samigullin, K. Petrov, E. Musina, A. Karasik, A. Mustafina // *Colloids Surf., A.* – 2022. – V. 648. – P. 129312.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1. **Впервые получены** стабильные в водных растворах люминесцентные наночастицы на основе нейтрального комплекса Au(I) с диазидифосфациклооктановым лигандом ((AuCl)₂L), на примере которых впервые продемонстрированы сенсорные свойства комплексов Au(I) по отношению к внутриклеточным биотиолам в водных растворах.
2. Для полученных наноструктур на основе комплекса (AuCl)₂L **выявлены** два типа взаимодействия с рядом белковых молекул с различным поверхностным зарядом. В частности, **установлено**, что взаимодействие положительно-заряженного белка лизоцима непосредственно с ядрами наночастиц способствует значительному повышению проявляемой цитотоксической активности наночастиц.
3. **Разработан** подход к получению люминесцентных гетерометаллических наноструктур, образующихся в результате электростатического притяжения или координационного взаимодействия водорастворимых катионных комплексов Au(I) и Ag(I) с анионными гексарениевыми или гексамолибденовыми кластерами. **Установлена** определяющая роль структурных особенностей молекулярных блоков в функциональности наноструктур.
4. **Разработаны** подходы к поверхностной функционализации полученных гетерометаллических наночастиц водорастворимыми полимерами и биомолекулами с целью модификации их коллоидных и химических свойств, а также клеточного проникновения и биологической активности.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлено влияние структурных особенностей комплексов Au(I) и Ag(I) и анионных кластеров, типов супрамолекулярных взаимодействий, ответственных за формирование наноструктур, а также поверхностной функционализации на коллоидные, фотофизические и химические свойства наночастиц. Полученные результаты позволяют расширить круг молекулярных блоков разрабатываемых в настоящее время

супрамолекулярных наноструктур, а также модифицировать как функциональные, в частности люминесцентные, свойства, так и терапевтическую активность комплексов Au(I) и Ag(I).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

спектр функциональных свойств полученных наноразмерных структур на основе комплексов Au(I) и Ag(I) с циклическими P,N-лигандами и анионными кластерами открывает возможность их практического использования для создания сенсорных систем на биообъекты, клеточных контрастных агентов для биовизуализации, а также для терапевтических целей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

достоверность результатов подтверждается обоснованным использованием экспериментальных данных, полученных с применением комплекса физико-химических и физических методов исследования. Данные, полученные разными методами, не противоречат друг другу, взаимно согласованы и соответствуют литературным данным.

Личный вклад соискателя заключается в анализе литературных данных по теме диссертационной работы, проведении основного объема экспериментальных исследований, совместно с научным руководителем в постановке целей и задач исследования, а также обсуждении и оформлении полученных результатов в виде публикаций и научных докладов.

В ходе заседания критических замечаний высказано не было. Соискатель аргументированно ответил на все заданные вопросы.

На заседании 25 января 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Файзуллину Булату Айваровичу ученую степень кандидата химических наук за решение актуальной научной задачи, заключающейся в разработке подхода к включению нейтральных и катионных комплексов Au(I) и Ag(I) с циклическими P,N-лигандами в наноразмерные структуры, обладающие сенсорными свойствами и

способностью к биовизуализации, а также выявлению взаимосвязи их химического поведения с проявляемой цитотоксической активностью.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовали за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя совета

д.х.н., профессор

Игорь Анатольевич Литвинов

Ученый секретарь совета

к.х.н.

Асия Васильевна Торопчина

25.01.2023