

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.218.02  
(Д 002.198.02), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ  
УФИМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 22 сентября 2021 г., № 63

О присуждении Якшембетовой Луизе Рузилевне, гражданке Российской Федерации, ученой степени кандидата химических наук.

Диссертация «Сонохимическая активация и тушение люминесценции ионов  $Tb^{3+}$  и комплексов  $Ru(bpy)_3^{2+}$ ,  $Ru(bpy)_3^{3+}$  в водных растворах» в виде рукописи по специальности 1.4.4. Физическая химия принята к защите 30 июня 2021 г. (протокол заседания № 56) диссертационным советом 24.1.218.02, созданным на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (450054, г. Уфа, проспект Октября, 71; диссертационный совет создан в соответствии с приказом №370/нк от 20 декабря 2018 года).

**Соискатель** – Якшембетова Луиза Рузилевна, «7» марта 1986 года рождения. В 2008 году соискатель окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Башкирский государственный педагогический университет им. М.Акмуллы». В период подготовки диссертации Якшембетова Луиза Рузилевна была прикреплена к лаборатории химии высоких энергий и катализа Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтехимии и катализа Российской академии наук для выполнения диссертации на соискание

ученой степени кандидата наук по научной специальности 02.00.04 – Физическая химия (приказ о зачислении № 42 от 04.05.2010 г.) без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. С сентября 2010 г. по настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории химии высоких энергий и катализа Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИНК УФИЦ РАН).

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении Уфимском федеральном исследовательском центре Российской академии наук Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, в лаборатории химии высоких энергий и катализа Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

**Научный руководитель** – доктор химических наук Шарипов Глюс Лябибович, главный научный сотрудник и заведующий лабораторией химии высоких энергий и катализа Института нефтехимии и катализа – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук.

**Официальные оппоненты:**

**Зимин Юрий Степанович** – доктор химических наук, профессор, заместитель заведующего кафедрой физической химии и химической экологии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет»;

**Казачек Михаил Викторович** – кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики геосфер Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

Официальный оппонент д-р хим. наук Зимин Юрий Степанович в своем положительном отзыве приводит следующие замечания:

1. На стр. 8 автореферата (стр. 56 диссертации) при обсуждении рис. 5 (рис. 13) автором, вероятно, допущена ошибка при обозначении концентрации  $\text{SO}_2$ , приводящей к полному тушению многопузырьковой сонолюминесценции иона  $\text{Tb(III)}$ . Автор отмечает, что полное тушение достигается при  $[\text{SO}_2]=0.012 \text{ M}$ . Согласно рис. 5 автореферата (рис. 13 диссертации) эта концентрация на порядок ниже.
2. Для оценки эффективных энергий активации, характеризующих разные люминесцентные процессы, автор применила модифицированное уравнение Аррениуса, в котором вместо констант скорости (или скоростей) исследуемых процессов использованы интенсивности люминесценции:  $I=I_0 \cdot \exp(-E_a/RT)$  (стр. 9 автореферата, стр. 61 диссертации). Поскольку интенсивность люминесценции пропорциональна концентрации частиц – эмиттеров свечения, использование данного уравнения полагаю не совсем корректным. Для оценки величин  $E_a$  лучше было бы использовать не интенсивности ( $I$ ), а скорости изменения интенсивностей ( $\Delta I/\Delta t$ ).
3. На стр. 17 автореферата (стр. 96 диссертации) при обсуждении рис. 13 (рис. 29) автор отмечает, что  $\text{KNO}_3$  и ацетон (селективные акцепторы гидратированного электрона) «почти полностью подавляют наблюдаемый в щелочном растворе прирост ее интенсивности» (интенсивности сонохемилюминесценции  $\text{Ru(II)}$ ). Что касается ацетона – я согласен. А вот влияние  $\text{KNO}_3$  не такое однозначное – максимальная концентрация  $\text{KNO}_3$  (0.3

М) подавляет прирост интенсивности сонохемилюминесценции Ru(II) примерно на 75%, что вряд ли можно считать почти полным.

4. В списке литературы отсутствуют единообразие в оформлении названий журналов. Здесь присутствуют и полные названия журналов (Журнал аналитической химии [23], Chinese Science Bulletin [38], Ultrasonics Sonochemistry [42, 43, 45, 54], сокращенные варианты (Изв. АН, сер. хим. [35, 78, 80], J. Am. Chem. Soc. [106, 121], Chin. Scien. Bul. [25], Ultrason. Sonochem. [24, 101, 102]) и совсем краткие обозначения (ЖФХ [27, 116], JACS [33]). Полагаю, что автору следовало бы придерживаться единого подхода при оформлении названий журналов с учетом требований ГОСТа.

Зимин Юрий Степанович отметил, что данные замечания не снижают научного или практического значения диссертационной работы и направлены на улучшение восприятия работы.

Официальный оппонент канд. хим. наук Казачек Михаил Викторович в своем положительном отзыве приводит следующие вопросы и замечания:

1. На стр. 3 реферата указаны основные исследуемые источники эмиссии – СЛ и СХЛ. Говорится об участии лантанидов (III) в СЛ, затем отмечено участие хелатного комплекса Tb(III) в СХЛ, в задаче 1 снова указано исследование Tb(III) как источника СЛ. Это кажется путаницей. Тогда как бипиридилные комплексы Ru(II), Ru(III) однозначно связываются с СХЛ.

2. Рассмотрена однопузырьковая СЛ для случая Ru, тогда как для случая Tb – нет. Сравнение однопузырьковой СЛ и многопузырьковой СЛ, как в случае Ru, могло бы дать новые аргументы. В группе руководителя диссертации есть публикации на эту тему – однопузырьковая СЛ Tb.

3. Выборка двух элементов Ru и Tb видится недостаточной. Хотелось бы иметь другие элементы представители указанных типов свечения – СЛ и СХЛ, а также других типов СЛ. Учитывая вышеуказанную «эмпиричность» СЛ, хотелось бы видеть гораздо больше данных, полученных именно экспериментальным путем. Расширение диапазона веществ и добавок, частот и

мощностей ультразвука, растворителей, температур и регистрации иных данных, например, времен жизни при СЛ, химического анализа продуктов СХ.

4. Обоснование роли  $e_{aq}$  выглядит длинным и запутанным. Сказано о росте концентрации гидратированных электронов в щелочном растворе «в миллионы раз» (стр. 16-17 реферата), тогда как яркость СЛ растет всего «в 5 раз». Кроме этого, гидратированный электрон, как сказано, противоположно влияет на реакции (13) и (15, 22), что сохраняет баланс Ru(I) и Ru(III) в реакции возбуждения  $*Ru(II)$  (18), которая заявлена как основа СХЛ. Роль  $KNO_3$  и ацетона может сводиться не только к захвату  $e_{aq}$ , роль  $NaNO_3$  была продемонстрирована при тушении СЛ Tb. Про  $e_{aq}$ , в частности, вначале пишется «возможно», потом – «доказательство», в заглавии невошедшей статьи – «свидетельство».

5. В список реферата и диссертации не включены работы с участием диссертанта: G.L.Sharipov... UltrasonicsSonochemistry 58 (2019) 104674 «Sonochemiluminescence...», и Г.Л. Шарипов ... Известия УНЦ РАН 2018 (№4) с.42-47 «Сонохемилюминесценция...», первая по влиянию кислой среды на СЛ Ru и обоснованию  $e_{aq}$ , что актуально, вторая по люминолу, что менее актуально в связи с диссертацией. Это преуменьшает достижения диссертанта.

6. Указана полоса поглощения Ru(II) 464 нм в реферате и диссертации, но 452 нм в статье (невошедшей)

7. Список трудов диссертанта в реферате содержит 9 ссылок на совместные работы. Хотелось бы видеть работу, где первым автором стоит диссертант, поскольку это становление самостоятельного ученого.

8. Почти все работы по Ru почему-то опубликованы в известных англоязычных журналах, все работы по Tb – в менее известных русскоязычных.

9. Число страниц диссертации 141 избыточно. Это затрудняет, хочется более сжатого изложения, тем более что (стандартная фраза) – «основное содержание диссертации изложено в публикациях».

10. В диссертации продублированы только три ссылки из реферата – 5,6,7.

11. В некоторых ссылках по два раза указан первый автор – это излишне, перегружает текст и затрудняет работу с литературой!

12. «...замечены следующие неточности:

- ссылка 2 реферата должна иметь страницу...-1296 а не ..-1295;
- ссылка 4 реферата должна иметь страницу ...-531 а не ..-530;
- во многих подписях к рисункам форма не единообразна, перемешаны подписи типа «это-1», и «2- это», а также «1» и «(1)»;
- указана полоса поглощения Ru(II) 464 нм в реферате и диссертации, но 452 нм в статье (невошедшей);
- реф., табл. 2 – акцепторов чего? Из содержания табл. 1 понятно, что акцепторы радикалов, но табл. 2 это же самостоятельный элемент;
- реф., стр. 9 с. 16 снизу-«модифицированный»(надо средний род);
- реф., стр. 9 с. 14 снизу – зависимости  $\Phi L^2$  от чего?
- реф., стр. 9 с. 7 снизу – на что действует температура жидкости?
- дис., стр. 24 с. 7 сверху – по смыслу следует «не была»;
- дис., стр. 34 с. 7 снизу – расстояние от оси волновода до окна. Может быть от наконечника волновода? Ось смещена? Окно на оси или сбоку?
- дис., стр. 35 с. 4 снизу-что за единица измерения св-1?
- дис., стр. 40 с. 8 снизу – «континуумом» (надо дательный падеж);
- дис., рис. 6 – не подписано где 1 и где 2 (в реферате подписано);
- дис., рис. 17 – кривые 5 и 6 перепутаны, люминесценция должна быть длинноволновая чем поглощение;
- дис., на рис. 3 установки ОПСЛ упомянуто **кварцевое** окно, а на стр. 68 и рис. 18 – «граница...300 нм... обусловлена ... **стеклянной** стенкой колбы».

В отзывах официальных оппонентов дано заключение, что диссертационная работа Якшембетовой Луизы Рузилевны «Сонохимическая активация и тушение люминесценции ионов  $Tb^{3+}$  и комплексов  $Ru(bpy)_3^{2+}$ ,

$\text{Ru}(\text{bpy})_3^{3+}$  в водных растворах», представленная на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой поставлены и решены задачи, имеющие важное значение для развития областей сонохимии и сонолюминесценции, установлены механизмы активации и тушения сонолюминесценции и сонохемилюминесценции ионов тербия ( $\text{Tb}^{3+}$ ) и рутения ( $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$ ,  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{3+}$ ) в водных растворах, что может быть использовано для развития теории динамики электронновозбужденных состояний в гетерогенной системе (пузырьковой жидкости) и разработки на этой основе методов определения различных элементов и специальных источников света. Представленная работа по своей актуальности, важности полученных научных результатов и качеству выполнения диссертационная работа Якшембетовой Луизы Рузилевны соответствует критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, а ее автор Якшембетова Луиза Рузилевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (ФИЦ КазНЦ РАН), г. Казань в своем положительном отзыве, подписанном, Мустафиной Асией Рафаэлевной, доктором химических наук, доцентом, заведующей лабораторией физико-химии супрамолекулярных систем Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» и утвержденном директором ФИЦ КазНЦ РАН доктором физико-математических наук Калачевым Алексеем Алексеевичем, указала, что

диссертация Якшембетовой Луизы Рузиевны представляет собой научно-квалификационную работу, посвященную разработке задач выяснения механизмов специфической дезактивации электронно-возбужденных ионов  $Tb^{3+}$  при сонолюминесценции, механизмов генерации и дезактивации электронно-возбужденных комплексных ионов  $Ru(bpy)_3^{2+}$  при сонохемилюминесценции в водных растворах ионов  $Ru(bpy)_3^{2+}$  и  $Ru(bpy)_3^{3+}$ , вносящих свой вклад в решение актуальной проблемы физической химии – выяснение детальных механизмов излучения света, возникающего в жидкостях при акустическом облучении.

В отзыве ведущей организации приведены следующие замечания:

1. При выявлении роли нитрат-анионов на сонолюминесценцию тербия использованы высокие концентрации  $NaNO_3$ , в спектрах электронного поглощения которого выявляются длинноволновые плечи, свидетельствующие о примесях (Рис. 5). Что это за примеси и могут ли они исказить выявляемый эффект нитрат-анионов?
2. При обсуждении температурной зависимости оптической плотности раствора хлорида тербия автор объясняет наблюдаемую тенденцию уменьшением интенсивности электронных переходов. Каков механизм такого температурного влияния? Можно предположить и альтернативную, «координационную» причину, в 0.2 М растворах  $TbCl_3$  есть обратимое образование ионных пар, а равновесный процесс в растворах может быть температурно-зависимым.
3. Есть и неточности: на Рис. 6 нет обозначения кривых, ошибка в подписи к Рис. 17, неудачное выражение и ошибка на стр. 90, автором также неоднократно используется некорректное выражение «эмиссионная полоса рутения». Так можно говорить про металл-центровую люминесценцию тербия, а фосфоресценция трисдипиридила рутения происходит с возбужденного триплетного уровня в результате синглет-триплетного перехода вследствие электронного переноса типа лиганд-металл на синглетный возбужденный



уровень.

4. По данным Рис. 7 на кривой 4 недостаточно точек выявления различий между кривыми 3 и 4, что не согласуется с рассуждениями об улучшении МПСЛ водных растворов нитрата тербия при барботировании аргона.

5. Авторы игнорируют координационный аспект сонохемилюминесценции в растворах трисдипиридила рутения (II), а именно тот факт, что кинетически инертный в основном состоянии трисдипиридил рутения (II) становится лабильным в возбужденном состоянии, что провоцирует процесс перелигандирования, в результате которого лиганд  $\text{bpy}$  замещается на галогенид- или гидроксид-анионы. Это, в свою очередь, может давать некоторый, но не определяющий вклад в наблюдаемое тушение в растворах  $\text{KI}$ ,  $\text{CdCl}_2$ , бихромат и перманганат анионы вследствие частичного вытеснения  $\text{bpy}$  указанными анионами. Оценить вклад перелигандирования можно по изменению интенсивности полосы переноса заряда при 450 нм после процесса сонохемилюминесценции трисдипиридила рутения (II). Однако, бидентатная координация  $\text{bpy}$  заметно энергетически более выгодна по сравнению с отмеченными анионами, поэтому, возможно, что данный эффект и не проявляется при использованных в работе концентрациях фоновых солей.

В заключении отмечается, что замечания не имеют принципиального характера и не влияют на качество, новизну и значимость полученных результатов. Представленная работа отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и соответствует критериям, изложенным в пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями от 20.03.2021 г., а её автор, Якшембетова Луиза Рузилевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании объединенного семинара по физической химии лаборатории Физико-химии супрамолекулярных систем подразделения ведущей организации Института органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленного структурного подразделения Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» (протокол № 3 от 30.08.2021г.), присутствовали 18 чел. (категории научный персонал).

Соискатель имеет 32 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 9 работ, из них 6 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК и входящих в международные базы научного цитирования Web of Science и Scopus.

В публикациях полностью освещены все основные аспекты диссертационного исследования: представлены результаты анализа данных, полученных при проведении экспериментальных исследований. Все результаты, представленные на защиту, опубликованы в виде статей в рецензируемых научных журналах и тезисов докладов в сборниках научных конференций. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Sharipov, G.L. Sonochemiluminescence in an aqueous solution of  $\text{Ru}(\text{bpy})_3\text{Cl}_2$  / G.L. Sharipov, A.M. Abdrakhmanov, B.M. Gareev, **L.R. Yakshembetova** // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2018. – V. 42. – P. 526-530.
2. Sharipov, G.L. Mechanism of multibubble sonochemiluminescence of  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  in neutral aqueous solutions / G.L. Sharipov, A.M. Abdrakhmanov, **L.R. Yakshembetova** // *Ultrasonics Sonochemistry*. – 2019. – V. 51. – P. 395-398.
3. Sharipov, G.L. Activation of  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  multibubble sonochemiluminescence in alkaline aqueous solutions by a hydrated electron / G.L. Sharipov, A.M.

Abdrakhmanov, **L.R. Yakshembetova** // Ultrasonics Sonochemistry. – 2019. – V 5. – P. 55-58.

4. Gareev, B.M. Mechanism of the  $\text{Ru}(\text{bpy})_3^{2+}$  single-bubble sonochemiluminescence in neutral and alkaline aqueous solutions / B.M. Gareev, **L.R. Yakshembetova**, A.M. Abdrahmanov, G.L. Sharipov // Journal of Luminescence. – 2019. – V. 208. – P. 99-103.

**На автореферат диссертации поступили отзывы:**

1. **Волошина Александра Иосифовича**, д-ра хим. наук, старшего научного сотрудника, старшего эксперта ООО «РН-БашНИПНефть». Отзыв положительный без замечаний.

2. **Герасимова Дениса Николаевича**, канд. физ.-мат. наук, заведующего кафедрой инженерной теплофизики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ». Отзыв положительный без замечаний.

3. **Мигранова Наиля Галихановича**, д-ра физ.-мат. наук, профессора кафедры медицинской физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный медицинский университет» Министерства Здравоохранения РФ. Отзыв положительный, содержит следующее замечание:

• На стр. 18 при обсуждении однопузырьковой сонолюминесценции (ОПСЛ) рутения говорится о наличии нетушимого (добавкой акцептора радикалов) предела свечения. На основании этого сделан вывод, что данный нетушимый уровень ОПСЛ обусловлен переизлучением комплексом рутения поглощенной в растворе части континуума свечения пузырька. Может ли быть, что этот уровень свечения обусловлен прямым ударным (при столкновениях с другими частицами) возбуждением комплекса рутения, попавшего в пузырек?

В отзывах отмечается актуальность, научная новизна и ценность, практическая значимость, а также соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, изложенным в пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 с изменениями от 20.03.2021 г., а ее автор, Якшембетова Луиза Рузилевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

**Выбор официальных оппонентов** обосновывается тем, что доктор химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия, профессор по кафедре физической химии и химической экологии Зимин Юрий Степанович, заместитель заведующего кафедрой физической химии и химической экологии химического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Башкирский государственный университет» является высококвалифицированным специалистом в физической химии, в том числе автором научных статей по схожей тематике в области хемилюминесценции и кинетики подобных реакций.

Кандидат химических наук по специальности 02.00.04 – Физическая химия Казачек Михаил Викторович, старший научный сотрудник лаборатории физики геосфер Федерального государственного бюджетного учреждения науки Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичева Дальневосточного отделения Российской академии наук является высококвалифицированным специалистом в области физической химии и сонолюминесценции, о чем свидетельствуют его научные труды.

**Выбор ведущей организации** обусловлен тем, что в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» ведутся научные исследования по следующим основным научным направлениям, соответствующим теме диссертационного исследования: фундаментальные проблемы реакционной способности химических

соединений, механизмы химических реакций, физико-химическое исследование строения и свойств молекулярных и супрамолекулярных систем в твердой и жидкой фазах. Результаты работ данного коллектива широко известны как в российских, так и международных научных кругах.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**впервые** найдены яркие сонохемилюминесцентные системы – водные растворы бипиридилных комплексов рутения(II) и (III), установлены механизмы образования эмиттера сонолюминесценции – иона  $*Ru(bpy)_3^{2+}$  в нейтральных, щелочных и кислых растворах;

**впервые** доказана генерация при однопузырьковом сонолизе воды первичного сонохимического продукта – гидратированного электрона, важного интермедиата сонохимических процессов;

**предложены** механизмы тушения сонолюминесценции иона Tb(III) в водном растворе ионами  $NO_3^-$  и  $NO_2^-$  при наличии сонохимической конверсии  $NO_3^-$  в истинный тушитель  $NO_2^-$  и стадийного процесса тушения, обусловленного переходом возбужденных ионов тербия(III) за время их жизни из кавитационных пузырьков в жидкость;

**установлен** механизм тушения сонолюминесценции иона Tb(III) диметилсульфоксидом, известным активатором люминесценции лантанидов: образование тушителя – диоксида серы из активатора в процессе сонолиза в кавитационных пузырьках;

**установлено** сильное температурное тушение сонолюминесценции иона Tb(III) в водном растворе, обусловленное сложением двух механизмов: уменьшения выходов образования и люминесценции возбужденных ионов Tb<sup>3+</sup> в пузырьках при увеличении температуры раствора, а также температурного тушения возбужденных ионов, попадающих из пузырьков в раствор.

**Теоретическая значимость исследования заключается во вкладе в развитие основ** теории динамики электронновозбужденных состояний в гетерогенной системе – пузырьковой жидкости.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что** полученные результаты следует учитывать при разработке сонолюминесцентных методов анализа, методов визуализации акустических полей и специальных источников света. Яркая сонохемилюминесценция рутения(II) и (III) и выявленные эффекты ее активации и тушения различными веществами рекомендуются для разработки новых люминесцентных средств диагностики.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что экспериментальная работа** выполнена на высоком методическом уровне с применением современного испытательного и аналитического оборудования: спектрофотометрии, спектрофлуорометрии, сонолюминесцентной и радиолюминесцентной спектрометрии.

**Идея работы базируется** на анализе современной отечественной и зарубежной литературы по выявлению механизмов сонолюминесценции и сонохемилюминесценции в растворах;

**использованы** современные данные научных исследований по теме диссертации, опубликованные в рецензируемых научных изданиях;

**использованы** современные системы сбора и обработки информации: электронные базы данных Scopus (Elsevier), Web of Science (Thomson Reuters), SciFinder (Chemical Abstracts Service), а также полные тексты книг и статей в журналах.

**Личный вклад соискателя** состоит в выполнении экспериментальной части работы, сборе и обработке литературных данных. При активном участии соискателя проведена интерпретация и анализ полученных результатов, подготовка научных статей и тезисов докладов к публикации. Все данные и

результаты, представленные в диссертации, принадлежат автору и получены им лично.

В ходе защиты диссертации не было высказано критических замечаний. Соискатель Якшембетова Л.Р. ответила на заданные ей в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 22 сентября 2021 г. диссертационный совет принял решение: за решение задачи установления механизмов реакций преобразования энергии механических колебаний в световое излучение при ультразвуковом воздействии на жидкости путем исследования много- и однопузырьковой сонолюминесценции модельных систем – водных растворов соединений металлов (тербия и рутения), что имеет важное значение для развития химии высоких энергий в гетерогенных средах и разработки новых химико-аналитических методов определения элементов, присудить Якшембетовой Луизе Рузилевне ученую степень кандидата химических наук по научной специальности 1.4.4. Физическая химия (Химические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.4.4. Физическая химия, участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель диссертационного совета

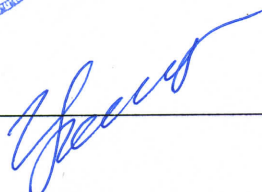
24.1.218.02, д-р хим. наук, проф.



 / Хурсан Сергей Леонидович

Ученый секретарь диссертационного совета

24.1.218.02, канд. хим. наук



/ Цыпышева Инна Петровна

22 сентября 2021 г.