

УТВЕРЖДАЮ

Директор Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, доктор химических наук, член-корреспондент РАН


В.К. Иванов

«28» августа 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

секции «Химическая технология» Ученого совета

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук

Диссертация Федулова Игоря Сергеевича «Разработка физико-химических основ метода очистки и обеззараживания воды холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах» выполнена в лаборатории ультразвуковой техники и технологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук. Научный руководитель - кандидат технических наук, заведующая лабораторией Ультразвуковой техники и технологии Камлер Анна Владимировна.

В 2015 г. Федулов И.С. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» (уровень бакалавриата), направленность образовательной программы «Инженерная экология», форма обучения – очная.

В 2017 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» (уровень магистратуры), направленность образовательной программы «Инженерная экология», форма обучения – очная.

В период подготовки диссертации с 2019 года Федулов С.И. работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук в должности ведущего технолога, с 2020 года по настоящее время – в должности младшего научного сотрудника.

Удостоверение (справка) о сдаче кандидатских экзаменов выдано в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук 11 июля 2024 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной работы соискателем

В рамках диссертационной работы Федулова Игоря Сергеевича разработаны физико-химические основы метода очистки и обеззараживания путем воздействия плазмы на поток жидкости в поле кавитации. Получены такие технологические зависимости проведения процесса, как зависимость напряжения пробоя и напряжения горения плазмы при изменении длины реактора. Исследовано изменение спектров свечения плазмы от давления внутри рабочей камеры. Определена эффективность воздействия плазменного разряда в поле кавитации на кишечную палочку (лат. *Escherichia coli*) и дрожжи (лат. *Saccharomyces cerevisiae*). Определена эффективность воздействия плазменного разряда в поле кавитации на химические загрязнители, а именно на растворенной в воде метанол, органический краситель индигокармин (E132) и антибиотик тетрациклин. Доказано пролонгированное воздействие после процесса обработки и возможность интенсификации процесса при добавлении реагирующих с активными формами кислорода веществ. На основе полученных данных построен опытный образец производительностью 10 м³/ч и представлены технологические особенности, которые должны быть учтены при проектировании установок более крупного масштаба.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Федулов И.С. принимал значимое участие во всех этапах проведения исследования: в создании и апробации лабораторных установок, в проведении экспериментальной части (планирование экспериментов, подготовка экспериментальной части, проведение опытов), в интерпретации полученных результатов, в формулировке выводов и практических рекомендаций. Федулов И.С. непосредственно участвовал в подготовке материалов к публикации по теме диссертации и выступал с докладами на научных конференциях.

Степень достоверности и апробации результатов

Достоверность исследования обеспечена тем, что результаты диссертационной работы получены с использованием современных методов измерения с применением математической модели, описывающей поведение пузырей газа в области кавитации. Основные работы опубликованы в ведущих рецензируемых научно-технических журналах и материалах конференций.

Научная новизна результатов проведенных исследований

Разработан метод очистки и обеззараживания воды путем применения плазмы генерируемой в потоке жидкости в поле гидродинамической кавитации. Доказано, что воздействие плазмы на воду в поле кавитации приводит к генерации в потоке жидкости активных веществ, эффект воздействия которых сохраняется в течение нескольких дней. Получены результаты эффективности воздействия плазмы в поле кавитации на микробиологические загрязнители (кишечная палочка, дрожжи) и химические загрязнители (раствор метанола в воде, индигокармин, тетрациклин).

Практическая значимость результатов проведенного исследования

Создан опытный образец проточной установки очистки и обеззараживания воды, который может быть применен в таких отраслях промышленности, как пищевая промышленность, очистка сточных вод медицинских учреждений, текстильная промышленность. Разработаны конструкторские решения, позволяющие повысить эффективность процесса образования плазмы в поле кавитации, в частности показана возможность сдваивания реактора. Показано, что высокая степень летальности микроорганизмов позволяет применять разработанный метод в условиях сильного загрязнения, а пролонгированное воздействие позволяет противодействовать дальнейшему возникновению микробиологического загрязнения. Показано, что метод можно применять для очистки воды от антибиотиков на примере тетрациклина, при этом использование реагирующих с активными формами кислорода веществ позволит увеличить эффективность.

Ценность научных работ соискателя

В диссертации на основании полученных зависимостей электрического пробоя от давления внутри камеры получен важный при проектировании промышленных установок параметр оптимального значения входного давления. Открытая возможность влияния на эффективность путём добавления реагирующих с активными формами кислорода веществ вносит существенный вклад в практическую значимость разработанного метода и открывает целое направление изучения возможности интенсификации химико-физических процессов горения плазмы в поле кавитации.

Специальность которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Федулова Игоря Сергеевича соответствует специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий в части: способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратурного оформления; интеграция и оптимизация химико-технологических процессов и систем; методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По результатам диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе: 8 статей – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертации, из которых 7 публикаций в научных изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования Web of Science, Scopus первого и второго квартиля, 5 тезисов докладов на Международных и Российских научных конференциях, 1 патент на полезную модель РФ.

Публикации в рецензируемых научных изданиях

1. Abramov V.O., Abramova (Kamler) A.V., Nikonov R.V., Ivanov V.K., Cravotto G., **Fedulov I.S.** Flow-mode water treatment under simultaneous hydrodynamic cavitation and plasma. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. T. 70. C. 105323.
2. Abramova (Kamler) A., Abramov V., Bayazitov V., Nikonov R., **Fedulov I.**, Stevanato L., Cravotto G. Ultrasound-assisted cold pasteurization in liquid or sc-CO₂. *Processes*. 2021. T. 9. № 8.

3. Abramova (Kamler) A.V., Abramov V.O., **Fedulov I.S.**, Baranchikov A.E., Kozlov D.A., Veselova V.O., Kameneva S.V., Ivanov V.K., Cravotto G. Strong antibacterial properties of cotton fabrics coated with ceria nanoparticles under high-power ultrasound. *Nanomaterials*. 2021. T. 11. № 10.
4. Abramova (Kamler) A.V., Bayazitov V.M., **Fedulov I.S.**, Nikonov R.V., Sister V.G., Cravotto G. Influence of acoustic oscillations on continuous-flow water disinfection. *Processes*. 2020. T. 8. № 10. С. 1-7.
5. Abramov V.O., Abramova (Kamler) A.V., Bayazitov V.M., Nikonov R.V., Voitov Y.I., **Fedulov I.S.** The peculiarities of ultrasonic equipment design for stabilization of dispersed structures of aluminosilicic reagents for wastewater treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. T. 64. С. 105041.
6. Abramov V.O., Abramova (Kamler) A.V., Bayazitov V.M., Kameneva S.V., Veselova V.O., Kozlov D.A., Sozarukova M., Baranchikov A.E., **Fedulov I.S.**, Nikonov R.B., Fast Degradation of Tetracycline and Ciprofloxacin in Municipal Water under Hydrodynamic Cavitation/Plasma with CeO₂ Nanocatalyst. *Processes* 2022, 10(10), 2063
7. Karabassov T, Vasenko A.S, Bayazitov V.M, Golubov A.A, **Fedulov I.S.**, Abramova (Kamler) A.V. Electrical Discharge in a Cavitating Liquid under an Ultrasound Field. *J Phys Chem Lett*. 2023 Dec 14;14(49):10880-10885. doi: 10.1021/acs.jpcclett.3c02778. Epub 2023 Nov 30. PMID: 38032839; PMCID: PMC10726387.
8. Камлер А. В., Баязитов В. М., **Федулов И. С.**, Созарукова М. М., Никонов Р. В., Михалев Е. С. Изменение окислительно-восстановительного потенциала воды в проточном плазменном реакторе в поле кавитации и генерация активных форм кислорода, *Химическая технология* 2024, 8 (25), 312.

Публикации по результатам Российских и международных конференций:

9. **Федулов И.С.**, Систер В.Г., Абрамов В.О., Абрамова (Камлер) А.В., Никонов Р.В., Баязитов В.М. Влияние акустических колебаний на процесс образования холодной плазмы в проточных реакторах. В сборнике: *Техническая акустика: разработки, проблемы, перспективы. Материалы международной научной конференции*. Витебск, 2021. С. 13-15.
10. **И.С. Федулов**, В.О. Абрамов, А.В. Абрамова (Камлер), Р.В. Никонов. Разработка проточного реактора холодной плазмы в поле кавитации. *Научные исследования 2022. Сборник статей III Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2022
11. **И.С. Федулов**, В.О. Абрамов, А.В. Абрамова (Камлер), Р.В. Никонов. Оптимизация условий горения проточной холодной плазмы в поле кавитации. *Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2022
12. **И.С. Федулов**, В.О. Абрамов, А.В. Абрамова (Камлер), Р.В. Никонов. Катализ и интенсификация процесса горения проточной холодной плазмы в поле кавитации. *Актуальные вопросы современной науки. Сборник статей III Международной научно-практической конференции*. Пенза, 2022
13. A.V. Abramova (Kamler), V.O. Abramov, V.M. Bayazitov , R.V. Nikonov, **I.S. Fedulov**, A. A. Golubov, T. Karabassov, A.S. Vasenko, G. Cravotto. A new method for water purification: an electric discharge in cavitating liquid. *ESS-JSS-AOSS 1st JOINT SONOCHEMISTRY CONFERENCE, Japan, November 2021*

Патенты

14. А.Г. Антипенко, А.В. Абрамова (Камлер), **И.С. Федулов**. Устройство для плазмохимической очистки стоков от микробиологических загрязнений. Патент РФ № RU 211306 U1

Таким образом, диссертация Федулова Игоря Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача химической технологии – разработан высокоэффективный высокопроизводительный метод очистки и обеззараживания сточных вод.

Диссертационная работа Федулова И.С. полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции) и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук», утвержденного Приказом директора ИОНХ РАН от 29 марта 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертационная работа «Разработка физико-химических основ метода очистки и обеззараживания воды холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах» Федулова Игоря Сергеевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Заключение принято на заседании профильной секции «Химическая технология» Ученого совета ИОНХ РАН от 28 августа 2024 г. Всего присутствовало на заседании членов секции – 14 человек, из них докторов наук - 5, кандидатов наук - 9.

Результаты голосования «за» - 14 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел.

Протокол № 2 от 28 августа 2024 г.

Председательствующий,
заместитель председателя секции
«Химическая технология»
Ученого совета ИОНХ РАН,
чл.-корр. РАН, д-р техн. наук



А.А. Вошкин

Секретарь секции
«Химическая технология»
Ученого совета ИОНХ РАН, канд. хим. наук



Ю.А. Заходьева

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, доктор технических наук, член-корреспондент РАН

А.А. Вошкин

«19» июля 2024 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук

Диссертация Федулова Игоря Сергеевича «Разработка физико-химических основ метода очистки и обеззараживания воды холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах» выполнена в лаборатории ультразвуковой техники и технологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук (ИОНХ РАН).

В 2015 г. Федулов И.С. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» по направлению подготовки 280700 «Техносферная безопасность» (уровень бакалавриата), направленность образовательной программы «Инженерная экология», форма обучения – очная.

В 2017 г. окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет» по направлению подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность» (уровень магистратуры), направленность образовательной программы «Инженерная экология», форма обучения – очная.

В период подготовки диссертации с 2019 года Федулов С.И. работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук в должности

ведущего технолога, с 2020 года по настоящее время – в должности младшего научного сотрудника.

Удостоверение (справка) о сдаче кандидатских экзаменов выдано в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук 11 июля 2024 г.

Научный руководитель - Камлер Анна Владимировна, кандидат технических наук, заведующая лабораторией Ультразвуковой техники и технологии Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской Академии наук.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной работы соискателем

Диссертационная работа Федулова Игоря Сергеевича носит фундаментальный характер и посвящена разработке нового высокоэффективного метода очистки и обеззараживания воды на основе применения плазменного разряда в потоке жидкости. Возможность образования плазменного разряда в проточных системах позволяет значительно повысить производительность процесса, что позволяет применять данный метод в реальных промышленных условиях, при этом обеспечивая высокую эффективность очистки воды как от микробиологических, так и от химических загрязнителей. Это является актуальной задачей в фундаментальном и практическом аспектах. Работа состоит из введения, пяти глав и заключения. Цель работы заключалась в разработке конструкции аппарата очистки и обеззараживания воды, позволяющего образовывать плазменный разряд в потоке кавитирующей жидкости.

В своей работе соискатель создал новую методику очистки и обеззараживания воды, основанную на воздействии плазмы на жидкость в кавитационном поле генерируемым с помощью гидродинамического излучателя. Были получены ключевые технологические зависимости, касающиеся напряжения пробоя и горения плазмы внутри реактора, а также исследовано влияние давления на спектры свечения плазмы. Оценена эффективность плазменного разряда в отношении кишечной палочки (*Escherichia coli*) и дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*), а также на химические загрязнители, такие как метанол, индигокармин и тетрациклин. Было доказано, что обработка плазмой оказывает продолжительное воздействие, и предложены способы интенсификации процесса путем добавления веществ, реагирующих с активными формами кислорода. На основе полученных данных был создан опытный образец установки с производительностью 10

м³/ч и выделены технологические особенности для проектирования установок большего масштаба. В результате проведения диссертантом исследований были обработаны и обобщены полученные результаты и литературные данные, сформулированы положения и выводы, выносимые на защиту.

Личное участие соискателя в получении результатов, изложенных в диссертации

Игорь Сергеевич Федулов принимал личное участие во всех этапах исследования. Федуловым И.С. были проведены работы по разработке и апробации лабораторных установок, экспериментальная часть, интерпретация результатов и формулировка выводов, на основе полученных данных. Федулов И.С. также лично проводил подготовку научных работ к публикации и выступления с докладами на научных конференциях.

Степень достоверности и апробации результатов

Достоверность полученных результатов подтверждена использованием современных методов измерения и математической модели, описывающей поведение газовых пузырей в кавитационном поле. Основные результаты были опубликованы в ведущих рецензируемых научно-технических журналах.

Научная новизна результатов проведенных исследований

Впервые был разработан высокоэффективный метод очистки и обеззараживания воды в проточных системах путём применения плазмы генерируемой в поле гидродинамической кавитации. Проанализированы такие физико-химические факторы, влияющие на эффективность процесса, как напряжение пробоя и горения плазмы в зависимости от длины реактора и входное давление в гидродинамическом излучателе, показано что воздействие плазмы в поле кавитации приводит к генерации в потоке жидкости активных радикалов, которые воздействуют на загрязнители как в процессе обработки, так и на протяжении нескольких часов после обработки. На примере модельных загрязнителей впервые продемонстрированы механизмы воздействия плазменного разряда и получены данные об эффективности деструкции таких веществ как метанол, органические красители и антибиотики, а также получены данные об эффективности очистки от микробиологических загрязнений на примере *E.Coli* и *Saccharomyces cerevisiae*. Была создана технология, масштабирования процесса воздействия плазменного разряда, позволяющая достичь высокой производительности обработки.

Практическая значимость результатов проведенного исследования

Создан опытный образец установки, который может найти применение в различных отраслях промышленности, таких как пищевая и текстильная промышленность, очистка сточных вод и медицинские учреждения. Разработаны конструктивные решения для повышения эффективности плазмообразования в условиях кавитации, в том числе продемонстрирована возможность удвоения реактора. Метод показал высокую степень летальности микроорганизмов, что позволяет использовать его в условиях сильного загрязнения, а также продемонстрировал способность очищать воду от антибиотиков, таких как тетрациклин.

Ценность научных работ соискателя

На основании результатов, полученных Федуловым И.С. в диссертации, был определен важный параметр для проектирования промышленных установок – оптимальное значение входного давления. Влияние добавок, реагирующих с активными формами кислорода, на эффективность плазменного разряда вносит значительный вклад в практическую значимость разработанного метода и открывает новые возможности для интенсификации процессов.

Специальность, которой соответствует диссертация

Диссертационная работа Федулова Игоря Сергеевича соответствует специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий в части: способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратного оформления; интеграция и оптимизация химико-технологических процессов и систем; методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По результатам диссертации опубликовано 14 печатных работ, в том числе: 8 статей – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК для опубликования основных научных результатов диссертации, из которых 7 публикаций в научных изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования Web of Science, Scopus первого и второго квартиля, 5 тезисов докладов на Международных и Российских научных конференциях, 1 патент на полезную модель РФ.

Публикации в рецензируемых научных изданиях:

1. Abramov V.O., Abramova (Kamler) A.V., Nikonov R.V., Ivanov V.K., Cravotto G., Fedulov I.S. Flow-mode water treatment under simultaneous hydrodynamic cavitation and plasma. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2021. T. 70. С. 105323.

2. Abramova (Kamler) A., Abramov V., Bayazitov V., Nikonov R., **Fedulov I.**, Stevanato L., Cravotto G. Ultrasound-assisted cold pasteurization in liquid or sc-CO₂. Processes. 2021. T. 9. № 8.
3. Abramova (Kamler) A.V., Abramov V.O., **Fedulov I.S.**, Baranchikov A.E., Kozlov D.A., Veselova V.O., Kameneva S.V., Ivanov V.K., Cravotto G. Strong antibacterial properties of cotton fabrics coated with ceria nanoparticles under high-power ultrasound. Nanomaterials. 2021. T. 11. № 10.
4. Abramova (Kamler) A.V., Bayazitov V.M., **Fedulov I.S.**, Nikonov R.V., Sister V.G., Cravotto G. Influence of acoustic oscillations on continuous-flow water disinfection. Processes. 2020. T. 8. № 10. C. 1-7.
5. Abramov V.O., Abramova (Kamler) A.V., Bayazitov V.M., Nikonov R.V., Voitov Y.I., **Fedulov I.S.** The peculiarities of ultrasonic equipment design for stabilization of dispersed structures of aluminosilicic reagents for wastewater treatment. Ultrasonics Sonochemistry. 2020. T. 64. C. 105041.
6. Abramov V.O., Abramova (Kamler) A.V., Bayazitov V.M., Kameneva S.V., Veselova V.O., Kozlov D.A., Sozarukova M., Baranchikov A.E., **Fedulov I.S.**, Nikonov R.B., Fast Degradation of Tetracycline and Ciprofloxacin in Municipal Water under Hydrodynamic Cavitation/Plasma with CeO₂ Nanocatalyst. Processes 2022, 10(10), 2063
7. Karabassov T, Vasenko A.S, Bayazitov V.M, Golubov A.A, **Fedulov I.S.**, Abramova (Kamler) A.V. Electrical Discharge in a Cavitating Liquid under an Ultrasound Field. J Phys Chem Lett. 2023 Dec 14;14(49):10880-10885. doi: 10.1021/acs.jpcclett.3c02778. Epub 2023 Nov 30. PMID: 38032839; PMCID: PMC10726387.
8. Камлер А. В., Баязитов В. М., **Федулов И. С.**, Созарукова М. М., Никонов Р. В., Михалев Е. С. Изменение окислительно-восстановительного потенциала воды в проточном плазменном реакторе в поле кавитации и генерация активных форм кислорода, Химическая технология 2024, 8 (25), 312.

Публикации по результатам Российских и международных конференций:

9. **Федулов И.С.**, Систер В.Г., Абрамов В.О., Абрамова (Камлер) А.В., Никонов Р.В., Баязитов В.М. Влияние акустических колебаний на процесс образования холодной плазмы в проточных реакторах. В сборнике: Техническая акустика: разработки, проблемы, перспективы. Материалы международной научной конференции. Витебск, 2021. С. 13-15.

10. **И.С. Федулов**, В.О. Абрамов, А.В. Абрамова (Камлер), Р.В. Никонов. Разработка проточного реактора холодной плазмы в поле кавитации. Научные исследования 2022. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022
11. **И.С. Федулов**, В.О. Абрамов, А.В. Абрамова (Камлер), Р.В. Никонов. Оптимизация условий горения проточной холодной плазмы в поле кавитации. Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации. Сборник статей XXVII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022
12. **И.С. Федулов**, В.О. Абрамов, А.В. Абрамова (Камлер), Р.В. Никонов. Катализ и интенсификация процесса горения проточной холодной плазмы в поле кавитации. Актуальные вопросы современной науки. Сборник статей III Международной научно-практической конференции. Пенза, 2022
13. A.V. Abramova (Kamler), V.O. Abramov, V.M. Bayazitov , R.V. Nikonov, **I.S. Fedulov**, A. A. Golubov, T. Karabassov, A.S. Vasenko, G. Cravotto. A new method for water purification: an electric discharge in cavitating liquid. ESS-JSS-AOSS 1st JOINT SONOCHEMISTRY CONFERENCE, Japan, November 2021

Патенты

14. А.Г. Антипенко, А.В. Абрамова (Камлер), **И.С. Федулов**. Устройство для плазмохимической очистки стоков от микробиологических загрязнений. Патент РФ № RU 211306 U1

Таким образом, диссертация Федулова Игоря Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена важная задача химической технологии – разработан высокоэффективный высокопроизводительный метод очистки и обеззараживания сточных вод.

Диссертационная работа Федулова И.С. полностью соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (в актуальной редакции) и пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова Российской академии наук, утвержденного приказом директора ИОНХ РАН от 29 марта 2024 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертационная работа Федулова Игоря Сергеевича «Разработка физико-химических основ метода очистки и обеззараживания воды холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

Заключение принято на расширенном заседании лабораторного коллоквиума ИОНХ РАН от 19 июля 2024 г. Всего присутствовало на заседании 17 человек, из них докторов наук - 4, кандидатов наук - 8.

Результаты голосования «за» - 17 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел.

Протокол № 1 от 19 июля 2024 г.

Председатель коллоквиума расширенного
заседания лаборатории,
ст. науч. сотр., канд. техн. наук

В.М. Баязитов

Секретарь коллоквиума расширенного
заседания лаборатории,
ст. науч. сотр., канд. хим. наук

О.И. Покровский

Заведующий лаборатории ультразвуковой
техники и технологии, ст. науч. сотр,
канд. техн. наук

А.В. Камлер

Заведующий лаборатории синтеза
функциональных материалов и
переработки минерального сырья,
ведущий науч. сотр., канд. хим. наук

А.Е. Баранчиков