

В диссертационный совет 02.6.013.95 при
Федеральном государственном бюджетном
учреждении науки Институте общей и
неорганической химии им. Н.С. Курнакова
Российской академии наук

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОПОНЕНТА

на диссертационную работу
Федулова Игоря Сергеевича

«Разработка физико-химических основ метода очистки и обеззараживания воды холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах»,
представленную на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности 02.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий.

Актуальность диссертационной работы

Диссертация Федулова И. С. посвящена разработке проточного оборудования очистки воды плазменным разрядом в поле кавитации. В сравнении с существующими методами очистки, предложенный метод обладает значительными преимуществами и может быть применён в условиях, где традиционные методы очистки не позволяют достичь необходимого уровня эффективности, например, при очистке стоков с сложным составом загрязнителей.

Автор предлагает использование принципиально нового подхода, основанного на комбинированном воздействии акустических, электрических и химических факторов, объединённых в едином устройстве очистки воды. Уже имеющиеся данные позволили предположить, что очистка сточных вод плазмой в области кавитации может обладать одновременно высокой эффективностью, как в области очистки от микробиологических загрязнений, так и в области очистки сточных вод от химических загрязнителей. Однако для применения такой технологии необходимо изучение процессов образования плазмы в условиях проточных систем.

В связи с вышеизложенным, диссертация Федулов И.С. несомненно является актуальной.

Оценка содержания диссертации, её завершенность

Диссертация Федулова И.С. «Разработка и исследование физико-химических основ метода очистки и обеззараживания сточных вод холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах» состоит из введения, пяти глав, выводов и списка литературы.

Введение построено в соответствии с общими требованиями и включает в себя обоснование актуальности выбранной темы исследования, описание существующей проблемы и путей её решения, список поставленных задач исследования, обоснование научной новизны исследования, сведения об апробации результатов исследования и сведения о публикациях.

В первой главе приведён литературный обзор, в котором широко раскрыта проблема очистки сложно загрязнённых сточных вод и описаны существующие технологические решения проблемы повышения эффективности воздействия на содержащиеся в стоках загрязнители. В ходе анализа формулируется гипотеза возможности искусственного образования благоприятных условий для электрического пробоя и приводятся убедительные аргументы в пользу возможности применения плазмы в проточных системах при помощи формирования зоны кавитации.

Во второй главе Федулов И.С. проводит описание физико-химических основ протекающих процессов при возникновении плазмы в кавитирующей жидкости и приводятся возможные механизмы воздействия на содержащиеся в воде примеси. На основе приведённых в литературном обзоре данных проводится моделирование процесса электрического пробоя, а результате которого проводится теоретическая оценка эффективности проведения процесса образования плазмы и создаётся экспериментальная установка. Достоинством раздела является то, что уже на ранних этапах проведения исследования автор использует несколько направлений методов изучения предопределяя заранее технологические аспекты, на которые необходимо обратить внимание.

В третьей главе Федуловым И.С. проводится процесс оптимизации экспериментальной установки с целью получения максимальной эффективности для дальнейшего изучения процессов воздействия на содержащиеся в обрабатываемой воде загрязнителей. В данной главе коротко и чётко описаны полученные зависимости эффективности и сформулированы соответствующие выводы.

В четвёртой главе автором проводится исследование воздействия плазмы в проточных системах на химические и микробиологические загрязнители. В каждом случае исследование начитается с более простых форм и заканчивается испытаниями в более тяжёлых условиях. Попутно продолжается раскрываться тема оптимизации процесса образования плазмы и описываются значимые эффекты, такие как пролонгированное воздействие плазмы на загрязнители даже спустя более чем 24 часа после обработки. В данной главе автор широко использует различные методы анализа и связывает сформулированные ранее гипотезы с полученными на практике данными.

В пятой главе на основе полученных данных проводится масштабирование полученного прототипа установки очистки сточных вод с целью получения ответа на вопрос об возможности применения разрабатываемой технологии в промышленных масштабах. В данной главе раскрываются возможные проблемы, на которые необходимо обратить внимание, а также предлагаются пути решения этих проблем. В данной главе автором продемонстрирован высокий уровень технических знаний в области методов очистки сточных вод.

В выводах Федулов И.С. подводит итоги проведённого исследования, заключающиеся в создании опытного образца установки плазменной очистки в проточных системах и формулируется список достигнутых целей.

Научная новизна

Проведённое Федуловым И.С. исследование является оригинальным научным трудом, а представленные результаты, выводы и рекомендации обладают научной новизной и имеют практическую ценность.

К основным положениям научной новизны представленной диссертационной работы следует отнести:

- Технологическое решение применения гидродинамического излучателя для реализации метода плазменной обработки воды в кавитационном поле, позволяющее реализовывать процесс обработки воды в непрерывном потоке.

- Описание факторов влияния на эффективность процесса образования плазмы в зоне кавитации, в частности зависимость эффективности образования плазмы от степени разрежения в рабочей камере и наличие примесей, играющих роль катализатора.

- Получение данных об эффективности очистки воды разработанным методом от микробиологических загрязнений на примере дрожжей и кишечной палочки и данные об эффективности очистки от химических загрязнителей на примере метанола, органических красителей и антибиотиков.

- Описание механизмов пролонгированного воздействия обработанной воды на содержащиеся в ней остаточные загрязнители за счёт стабильных активных форм кислорода.

Результаты и выводы представленной работы являются базой для проведения новых научных исследований в области методологии очистки сточных вод от микробиологических и химических загрязнений, а также в области водоподготовки хозяйственно-бытового и сельскохозяйственного назначения.

К наиболее значимым результатам диссертации, по мере выше указанных, также можно отнести успешное масштабирование процесса обработки потока воды плазменным разрядом и модернизацию конструкции, позволяющую значительно повысить производительность и эффективность разработанного метода очистки воды.

Теоретическая значимость

Теоретическая значимость полученных результатов диссертационного исследования заключается в описании протекающих процессов в потоке квитирующей жидкости при воздействии на него плазменного разряда, что позволяет оценить потенциальные возможности применения разработанного метода в области химических технологий

Практическая значимость

Практическая значимость заключается в возможности проведения процесса образования плазмы в проточных системах очистки сточных вод, что позволяет интегрировать разработанный метод в существующие технологические схемы водоподготовки различных предприятий.

Предоставленные Федуловым И.С. в диссертации данные рекомендуется использовать для проектирования проточных систем плазменной очистки сточных вод с сложным составом загрязнителей. Результаты диссертации так же могут быть применены в учебном процессе по дисциплинам: «Экология», «Промышленная экология», «Технология очистки сточных вод», «Интенсификация химических процессов» и др.

Достоверность полученных результатов и выводов

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации Федулова И.С. прослеживается в логически связанной структуре исследования. Автор приводит существующую проблему недостаточной эффективности

очистки воды, предлагает потенциально эффективный новый метод на основе плазменной очистки в поле кавитации и ставит цель разработать проточную систему для достижения максимальной эффективности. Завершением исследования является опытный образец проточного оборудования очистки сточных вод, сравнимый с используемыми на текущий момент технологиями очистки. Полученные автором выводы соответствуют поставленным целям и задачам. Научные положения, сформулированные в работе, являются полностью обоснованными.

Достоверность результатов исследования обеспечена использованием современных методов измерения и широкого применения методов анализа данных физических, химических и микробиологических показателей.

Основное содержание диссертационной работы отражено в 14 научных работах, среди которых 1 патент РФ, 5 проведённых научных конференций и 8 научных статей, включая статьи в рецензируемых международных изданиях первого и второго квартала.

Достоинства и недостатки в содержании и оформлении диссертации.

Достоинства проведённой работы заключаются с следующим:

- Комплексный характер исследования: новые физические методы применены для решения химических и химико-технологических задач

Комплексное применение различных методик для осуществления анализа процесса, включая современные методы, основанные на компьютерном моделировании.

Подробное теоретическое обсуждение явлений, лежащих в основе процесса.

Оригинальное оформление процесса в поле ультразвука: отсутствует электрический источник ультразвука, что может облегчить промышленное применение метода.

- Чёткая формулировка целей и задач

Среди представленных данных особый интерес представляет пролонгированное воздействие на загрязнители, которое может быть использовано в широкой сфере производств и является весьма значимым открытием с практической точки зрения.

Несмотря на видимые достоинства, работа вызывает ряд замечаний. Во второй главе недостаточно раскрыта конструкция гидродинамического излучателя с точки зрения выбора геометрической форм. В четвёртой главе не хватает определения предельных концентраций загрязнителей, при которых невозможно образование плазмы в реакторе. По моему мнению, следовало также обсудить возможное участие экзоэлектронной эмиссии в формировании соноплазмы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения учёных степеней

Диссертация Федулов И.С. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным на высоком научном-техническом уровне. В работе приведены важные для развития представленной темы результаты, которые представляют интерес как в Российской Федерации, так и за рубежом. Описанные в диссертации технологические аспекты позволяют продолжать разработку методов очистки сточных вод как на основе обработки воды плазмой, так и открывать другие возможности применения комбинированных технологий очистки.

Работа в достаточной степени отражена в научной литературе. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Таким образом, диссертация Федулова Игоря Сергеевича является научно-квалификационной работой, в которой содержатся решение важной задачи химической технологии - повышения эффективности очистки воды от микробиологических и некоторых химических загрязнений, путём применения принципиально нового метода обработки воды плазмой в зоне кавитации, и соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 (ред. От 25.01.2024 г.) и пп. 2.1-2.5 «Положения о присуждении ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Института 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.

Официальный оппонент:

Руководитель фирмы ООО "Эконикс-Эксперт". Член НСАХ, доктор химических наук (02.00.02 - Аналитическая химия, 02.00.04 – Физическая химия), профессор,
Зайцев Николай Конкордиевич

«16» октября 2024г.



Зайцев Н.К.

Контакты:

Тел: +7(916)803-27-92

E.mail: nk_zaytsev@mail.ru

Адрес места работы:

108811, г. Москва, п. Московский, Киевское шоссе 22й км, домовл.4, строен.2, блок г, 13 подъезд (офисный), этаж 6, офис 603г

Общество с ограниченной ответственностью "Эконикс-Эксперт".

Подпись Зайцева Н.К. заверяю

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the official verifier.

ЗАМ. ГЕН. ДИРЕКТОРА
ЮРИЦЫН В.В.

Сведения об официальном оппоненте

По диссертационной работе Федулова Игоря Сергеевича «Разработка физико-химических основ метода очистки и обеззараживания воды холодной плазмой в ультразвуковых проточных реакторах», представленной на соискание учёной степени кандидата химических наук по специальности

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

| | |
|--|---|
| Фамилия Имя Отчество оппонента | Зайцев Николай Конкордиевич |
| Шифр и наименование специальности, по которой защищается диссертация | 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий |
| Учёная степень и отрасль наук | Доктор химических наук, специальность 02.00.02 - Аналитическая химия, 02.00.04 – Физическая химия |
| Учёное звание | Профессор |
| Полное наименование организации, являющейся основным местом работы оппонента | Общество с ограниченной ответственностью «Эконикс-Эксперт» |
| Подразделение | - |
| Занимаемая должность | Генеральный директор |
| Почтовый индекс, адрес | 108811, г. Москва, п. Московский, Киевское шоссе 22й км, домовл.4, строен.2, блок г, 13 подъезд (офисный), этаж 6, офис 603г |
| Телефон | +79168032792 |
| Адрес электронной почты | nk_zaytsev@mail.ru |

Список публикаций официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)

1. Янькова Т.В., Мельников П.В., Александровская А.Ю., Зайцев Н.К. Усовершенствование лабораторных методов определения общего микробного числа с использованием хемилюминесцентных реакций в организованных молекулярных системах. Аналитика и контроль. **2020**. Т. 24. № 1. С. 40-47.
2. A.Yu. Alexandrovskaya, P.V. Melnikov, A.V. Safonov, A.O. Naumova, N.K. Zaytsev. A comprehensive study of the resistance to biofouling of different polymers for optical oxygen sensors. The advantage of the novel fluorinated composite based on core-dye-shell structure. Materials Today Communications. **2020**. Vol. 23. p. 100916.
3. Янькова Т.В., Мельников П.В., Зайцев Н.К. Хемилюминесцентная реакция окисления N-октиллюминола гипохлорит-ионом в мицеллярной среде // Вестник Московского Университета. Серия 2: Химия. **2020**. Т. 61. № 5. с. 376-382.
4. Антропов А.П., Зайцев Н.К., Рябков Е.Д., Яштулов Н.А., Мудракова П.Н. Химико-технологический подход к созданию нановорсистых (ультрадисперсных) каталитически активных материалов. Тонкие химические технологии. **2021**. Т. 16. № 2. С. 105-112.
5. Антропов А.П., Лебедева М.В., Рагуткин А.В., Зайцев Н.К., Яштулов Н.А. Энергоэффективность нанокompозитных мембранно-электродных блоков генерации водорода. Вестник Технологического университета. **2021**. Т. 24. № 12. С. 73-78.

6. Антропов, А.П., Зайцев, Н.К., Рябков, Е.Д., Слепченко, Г.Б., Яштулов, Н.А. Установка для производства нановорсистых (ультрадисперсных) каталитически активных материалов, Вестник технологического университета, **2021**, Т.24, №, 4, С. 85-88,
7. Рябков Е.Д., Антропов, А.П., Зайцев Н.К., Яштулов Н.А, Методы определения глубины наноотверстий в металлическом алюминии при его высоковольтном анодировании. Вестник Московского университета. Серия 2. Химия, **2021**, Т 62, №6, С.503-509.
8. Антропов А.П., Зайцев Н.К., Рябков Е.Д., Яштулов Н.А. Применение установки динамического фильтрования с модифицированным титановым фильтром для очистки электролита в высоковольтной гальванической системе, Chemical bulletin учредители: белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, **2021**, 4,3,13-21.
9. Мельников П.В., Холмухамедов Э.Л., Зайцев Н.К. Устройство для измерения концентрации растворенного кислорода в водных растворах и суспензиях биологических объектов с использованием оптико-волоконного кислородного сенсора. Патент на изобретение RU 2786374 С1, **20.12.2022**. Заявка № 2022109416 от 08.04.2022.
10. Krapivko A. L., Ryabkov Y. D., Drozdov F. V., Yashtulov N. A., Zaitsev N. K., Muzafarov A. M. Chemical Structural Coherence Principle on Polymers for Better Adhesion, Polymers, **2022**, 14,14,2829
11. P.V. Melnikov, A.Yu. Alexandrovskaya, A.O. Naumova, V.A. Arlyapov, O.A. Kamanina, N.M. Popova, N.K. Zaitsev, N.A. Yashtulov. Optical Oxygen Sensing and Clark Electrode: Face-to-Face in a Biosensor Case Study. Sensors. **2022**. Vol. 22. No 19. p. 7626.
12. L.Yu. Martynov, A.S. Sergeeva, K.A. Sakharov, V.M. Shkinev, N.A. Yashtulov, N.K. Zaitsev. Voltammetric determination of phosphates using ion-selective electrode based on organotin ionophore // Microchemical Journal. **2023**. Vol. 191
13. A.O. Naumova, P.V. Melnikov, V.A. Kuzmin, N.K. Zaitsev. Features of photoinduced proton transfer in the presence of a polyelectrolyte. Mendeleev Commun. **2023**. Vol. 33. pp. 212–214.

Генеральный директор
 ООО «Эконикс-Эксперт»
 д.х.н, профессор



Н.К. Зайцев

«30» Сентября 2024 г.

Личную подпись Зайцева Николая Конкордиевича удостоверяю

зам. ген. дир. Александр В.В.

