

ОТЗЫВ

ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Новикова Дмитрия Олеговича
«Разработка методов и устройств окислительного разложения сложных органических соединений под воздействием высокоинтенсивного импульсного излучения сплошного спектра»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности

01.04.01 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

Диссертация посвящена разработке методов и устройств, использующих высокоинтенсивное импульсное излучение для окислительного разложения сложных органических соединений в водных растворах. Тема диссертации **актуальна** и представляет интерес не только для науки, но и для практики в связи с возможностью использования полученных результатов для очистки сточных вод фармакологической и атомной промышленности.

Практическая значимость работы определяется тем, что её результаты использовались при выполнении ряда НИР, одной ОКР, а также проекта в рамках ФЦП «Исследования и разработки 2014-2020». Особо отметим разработку и промышленное изготовление технологического оборудования для комплексов переработки жидких радиоактивных отходов на основе полученных экспериментальных и теоретических исследований; технологическую схему очистки белоксодержащих стоков; расчетную модель фотохимического реактора. Использование результатов работы в промышленности подтверждается четырьмя актами о внедрении, выданных: НИИ «Энергетического Машиностроения» МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва), АО «Красная Звезда» (г. Москва), ФГУП «Экспериментальный завод научного приборостроения со специальным конструкторским бюро Российской академии наук» (г. Черноголовка), ООО «Научно-Производственное Предприятие Мелитта» (г. Москва).

В диссертационной работе используются современные методы исследования (фотометрия, спектрофотометрия, хромато и масс-спектрометрия, методы аналитической химии). При выполнении математического моделирования процессов использовались хорошо зарекомендовавшие себя системы численного моделирования.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертационной работе, не вызывает сомнений. Они непротиворечивы и внутренне согласованы, что подтверждается большим количеством экспериментальных данных и их воспроизводимостью.

По теме диссертации опубликовано четыре работы в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук. Часть этих журналов входит в международные системы цитирования Web of Science и Scopus. Получено 2 патента. Результаты работы были представлены на семи российских и международных конференциях.

Публикации полностью отражают все основные положения диссертационной работы и позволяют подтвердить личный вклад Новикова Дмитрия Олеговича, который принимал активное участие в формулировании цели и задач исследования, планировании экспериментов, разработке и изготовлении большого количества экспериментального оборудования и установок, самостоятельно проводил экспериментальные исследования и обрабатывал их результаты в рамках разработанных им модельных подходов.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и четырех приложений (акты внедрения результатов). Диссертация изложена на 155 страницах, включая 72 рисунка, 10 таблиц и список литературы - 124 ссылки.

Первая глава диссертации представляет собой аналитический обзор

из двух частей. В первой рассматриваются органические соединения в составе жидких отходов техногенного характера и существующие методы их деструкции. Особое внимание автор уделяет комбинированным окислительным процессам с использованием УФ излучения. Поэтому в работе рассмотрены применяемые на практике источники УФ излучения. Во второй части дано краткое описание методов численного моделирования турбулентных течений. Проведен анализ порядка ста различных публикаций, который позволил сформулировать задачи диссертационного исследования.

Вторая глава посвящена расчетной модели для описания фотохимического реактора на основе импульсного источника высокоинтенсивного излучения сплошного спектра. Теоретически исследованы процессы течения жидкости и движения частиц. Для расчета излучательных характеристик импульсной ксеноновой лампы использована методика, основанная на положениях физики газового разряда. Автором успешно решена задача учета особенностей источника излучения – его сплошной спектр и импульсный характер работы.

Расчётная модель ФХР с импульсной ксеноновой лампой, учитывающая гидродинамику и спектры поглощения потока жидкости, а также спектрально-энергетические характеристики и импульсно-периодический режим работы источника излучения, позволяют определять энергетические дозы, получаемые частицами загрязнителя при прохождении активной зоны реактора.

Проведено сравнение расчетных значений с экспериментальными. Показана их хорошая корреляция. Экспериментальные данные, полученные при стендовых испытаниях, подтверждают, что конструкция ФХР, разработанная на основе предложенной расчетной модели, обладает

повышенной на ~35% эффективностью по сравнению традиционными конструкциями УФ реакционных камер.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований разрушения органических соединений с использованием высокоинтенсивного излучения сплошного спектра. Глава состоит из двух частей. В первой, являющейся основной для данной работы, подробно исследуются процессы деструкции металлоорганических комплексов и комплексонов в жидких радиоактивных отходах: определяются основные характеристики процесса разрушения ЭДТА, выбирается источник излучения, окислитель и приводятся результаты испытаний для реальных радиоактивных отходов.

Показано, что константы реакций прямых и комбинированных процессов фотодеструкции комплексона (ЭДТА) под действием импульсных ксеноновых ламп превосходят аналогичные значения для ртутных ламп низкого давления в 2 - 20 раз. Применение комбинированного (УФ+H₂O₂) процесса для разрушения комплексона (ЭДТА) в водном растворе с использованием высокоинтенсивного излучения сплошного спектра характеризуется отсутствием генерации дополнительных потенциально опасных или токсичных продуктов. Температура раствора слабо влияет на эффективность деструкции непосредственно комплексона (ЭДТА), однако ее повышение заметно (~2 - 3 раза) снижает дозу излучения, требуемую для его полной минерализации. Обработка реальных ЖРО импульсными ксеноновыми лампами в технологическом процессе позволяет дополнительно снижать концентрации радиоактивных элементов: ¹³⁷Cs – до порога обнаружения, а эффективность очистки от ⁶⁰Co возрастает на 15 - 50%.

Во второй части третьей главы деструкции подвергался раствор с крайне высоким содержанием гемоглобина (до 5 г/л). Предложено снижать

концентрацию загрязнителя посредством физико-химических методов, а затем комбинированным фотоокислительным процессом проводить финишную очистку и обеззараживание сточной воды. Показано, что применение комбинированного (УФ+H₂O₂) процесса с использованием высокоинтенсивного излучения сплошного спектра позволяет эффективно разрушать высокомолекулярное соединение (гемоглобин) в водных растворах при его концентрациях, не превышающих 1 г/л, при больших значениях - с целью сохранения эффективности процесса требуется предварительная обработка воды химическими реагентами.

В четвертой главе автор кратко описывает выполненные им внедрения разрабатываемой технологии.

В заключении приведены основные результаты и выводы работы.

В качестве недостатков работы отметим следующие:

1. В разделе работы 1.1 автором рассматриваются источники УФ излучения: ртутные лампы низкого давления, ртутные лампы среднего давления, эксимерные лампы, светодиоды, импульсные ксеноновые лампы. Все они, за исключением последних, являются источниками с низкой интенсивностью излучения. Однако, в настоящее время известны эксимерные лазеры УФ диапазона, обладающие высокой интенсивностью излучения. Следовало бы, включить их в аналитический обзор.
2. Частица загрязнителя сама меняется в процессе движения в реакторе, в частности, за счет происходящих химических реакций. Поэтому меняются вдоль траектории движения локальный коэффициент оптического поглощения и другие параметры. Спрашивается, в какой мере и каким образом эти

флуктуации физических величин учитывались в предложенной модели?

3. В главе 3 не приведено спектров поглощения веществ (ЭДТА, пероксид водорода, экранирующие вещества, гемоглобин).
4. В разделе 4.2 автор ограничился очень кратким описанием разработанного и внедренного оборудования.
5. Также в работе замечен ряд опечаток на стр. 10, 11, 13, 15, 28, 31, 32, 69, 101 и 112 однако они носят исключительно технический характер. В целом замечания не затрагивают существа выносимых на защиту положений и не оказывают влияния на общую положительную оценку работы.

Диссертационная работа «Разработка методов и устройств окислительного разложения сложных органических соединений под воздействием высокоинтенсивного импульсного излучения сплошного спектра» является завершенной научно-квалификационной работой выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. В ней проведено моделирование физических явлений и процессов, а также выполнена разработка устройств, предназначенных для проведения экспериментальных исследований с целью изучения физических явлений и процессов, что соответствует формуле специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Представленные на защиту результаты характеризуются существенной новизной, практической значимостью и на настоящий момент уже внедрены в промышленность. Автореферат полно отражает содержание диссертации, раскрывая ее результаты и научные положения, выносимые на защиту, которые в свою очередь соответствуют необходимым критериям научной новизны и практической значимости.

Диссертация полностью отвечает всем требованиям ВАК РФ, изложенным в п.9. Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», (утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842), а ее автор, Новиков Дмитрий Олегович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.01 «Приборы и методы экспериментальной физики».

Официальный оппонент

доктор химических наук,
 профессор кафедры «Лазерной химии и
 лазерного материаловедения» Института химии
 Федерального государственного бюджетного
 образовательного учреждения высшего образования
 «Санкт-Петербургский государственный университет»
 электронная почта: balmakl@yandex.ru
 рабочий телефон: +7 (812) 363-67-22
 198504, Россия, Санкт-Петербург,
 Петродворец, Университетский пр. 26,



Бальмаков Михаил Дмитриевич

Личную подпись Бальмакова М.Д. заверяю



Михаил Д. Бальмаков
и.о. заместителя директора института
 Документ подготовлен в порядке исполнения трудовых обязанностей

29.03.2016