

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.479.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И  
ТЕХНОЛОГИЙ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 28.04.2026 г. № 6

О присуждении Аетову Алмазу Ураловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Теплофизические свойства веществ и закономерности процесса окисления молибденсодержащего промышленного водного стока в сверхкритических флюидных условиях» по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 10 февраля 2026 года, протокол заседания № 3, диссертационным советом 24.2.479.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уфимский университет науки и технологий», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Заки Валиди, 32. Приказ Минобрнауки о создании диссертационного совета № 518/нк от 24.03.2023 г.

Соискатель Аетов Алмаз Уралович, 20 января 1993 года рождения. В 2015 году окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» по специальности 240302 Технология электрохимических производств с присвоением квалификации инженер.

В 2019 году окончил аспирантуру по очной форме обучения ФГБОУ ВО «КНИТУ» по направлению подготовки 13.06.01 Электро- и теплотехника, направленность (профиль) образовательной программы: «Теплофизика и теоретическая теплотехника» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

Диплом об окончании аспирантуры выдан федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» в 2019 г.

Справка со сведениями о сданных кандидатских экзаменах выдана федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» в 2025 г.

Работает в должности старшего преподавателя кафедры теоретических основ теплотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретических основ теплотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Гумеров Фарид Мухамедович, профессор кафедры теоретических основ теплотехники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Официальные оппоненты:

1. Садыков Айдар Вагизович, доктор технических наук (1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника), доцент, профессор кафедры высшей математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет»;

2. Абдуллаев Расул Нажмудинович, кандидат физико-математических наук (01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника), заведующий лабораторией термодинамики веществ и материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук (01.04.14 — Теплофизика и теоретическая теплотехника), профессором, профессором кафедры теплотехники и энергетического машиностроения Поповым Игорем Александровичем и доктором технических наук (1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника; 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов), доцентом, доцентом кафедры теплотехники и энергетического машиностроения Алтуниным Константином Витальевичем и утвержденном и.о. проректора по научной деятельности и цифровизации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», кандидатом технических наук, доцентом Матвеевым Станиславом Алексеевичем, указала, что диссертация Аетова Алмаза Ураловича, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является завершённой и представляет собой цельную научную работу. Автореферат написан качественным научным

языком и в полной мере отражает основные положения диссертации. Полученные в работе результаты хорошо обоснованы, обладают научной новизной и имеют теоретическую и практическую значимость. Результаты исследований могут быть применены при проектировании промышленных установок для утилизации жидких отходов нефтехимических производств. Диссертационная работа Аетова Алмаза Ураловича на тему «Теплофизические свойства веществ и закономерности процесса окисления молибденсодержащего промышленного водного стока в сверхкритических флюидных условиях» является завершённой научно-квалификационной работой, соответствующей критериям пунктов 9-11, 13 и 14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Аетов Алмаз Уралович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 11 в изданиях, входящих в международную реферативную базу данных Web of Science/Scopus (из них 1 Q1 и 3 Q2), 4 – в журналах, входящем в базу данных RSCI, 9 научных статей в прочих рецензируемых журналах. Получено 4 патента РФ и 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, а также опубликовано 30 тезисов докладов на конференциях Всероссийского и международного уровня. Общий объем публикаций 12,93 п. л., из них личный вклад автора составляет 10,34 п. л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Zaripov Z.I., Aetov A.U., Nakipov R.R., Khairutdinov V.F., Gumerov F.M., Abdulagatov I.M. Isobaric heat capacity of the binary liquid (water + 1,2–propanediol) mixtures at high-temperatures and high-pressures // The Journal of Chemical Thermodynamics. – 2021. – Vol. 152. – P. 1–15. – DOI: 10.1016/j.jct.2020.106270.

2. Zaripov Z.I., Aetov A.U., Nakipov R.R., Khairutdinov V.F., Gumerov F.M., Abdulagatov I.M. Isobaric heat capacity of 1,2-propanediol at high temperatures and high pressures // *Journal of Molecular Liquids*. – 2020. – Vol. 307. – P. 1–9. – DOI: 10.1016/j.molliq.2020.112935.

3. Mazanov S.V., Phan Q.M., Aetov A.U., Zaripov Z.I., Starshinova V.L., Karalin E.A., Usmanov R.A., Gumerov F.M., Abdulagatov I.M. Heterogeneous Catalytic and NonCatalytic Supercritical Water Oxidation of Organic Pollutants in Industrial Wastewaters Effect of Operational Parameters // *Journal Symmetry*. – 2023. – Vol. 15, Issue 2. – P. 1–23. – DOI: 10.3390/sym15020340.

4. Aetov A.U., Mazanov S.V., Usmanov R.A., Gabitova A.R., Gumerov F.M., Shapovalov Yu.A., Zaripov Z.I., Musin R.Z. Oxidation of Phenol and Acetone in a Model Water Flow in Continuous Mode at High Pressure // *The Eurasian Chemico-Technological Journal*. – 2024. – Vol. 26, No. 1. – P. 21–27. – DOI: 10.18321/ectj1562.

5. Zaripov Z.I., Nakipov R.R., Mazanov S.V., Sadykov A.Kh., Gabitova A.R., Aetov A.U., Gumerov F.M. Heat Capacity of Fish Oil at High Temperatures and Pressures // *The Eurasian Chemico-Technological Journal*. – 2024. – Vol. 26, No. 3. – P. 185–192. – DOI: 10.18321/ectj1642.

6. Aetov A.U., Usmanov R.A., Gabitov R.R., Mazanov S.V., Vol'eva V.B., Ryzhakova A.V., Musin R.Z., Gumerov F.M., Varfolomeev S.D. Chemical Transformations of Fatty Acids in the Hydrolysis of Triglycerides. Selective Isolation of Oleic Acid from Rapeseed Oil under Sub- and Supercritical Water Conditions // *Russian Journal of Organic Chemistry*. – 2024. – Vol. 60, No. 4. – P. 625–631. – DOI: 10.1134/S1070428024040092.

7. Aetov A.U., Usmanov R.A., Mazanov S.V., Gumerov F.M. Treatment of molybdenum-containing wastewater in supercritical environment // *Tsvetnye Metally*. – 2020. – No. 7. – P. 68-73. – DOI: <https://doi.org/10.17580/tsm.2020.07.09>.

8. Zaripov Z.I., Aetov A.U., Gumerov F.M., Nikitin V.G., Mazanov S.V., Gabitova A.R., Kurdyukov A.I. The Regularities of Change of Organic Compounds

Oxidation Activation Energy in Aqueous Medium Under Supercritical Fluid Condition // International Journal of Emerging Trends in Engineering Research. – 2020. – Vol. 8, No. 1. – P. 182–194. – DOI: 10.30534/ijeter/2020/25812020.

9. Aetov A.U., Mazanov S.V., Gabitova A.R., Zaripov Z.I., Usmanov R.A., Kayumov R.A., Gumerov F.M. Concentration of Molybdenum Oxides and Salts in a Supercritical Water Medium // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2019. – Vol. 14, Issue 1. – P. 265–269. – DOI: 10.3923/jeasci.2019.265.269.

10. Габитова А.Р., Аетов А.У., Зарипов З.И., Гумеров Ф.М., Усманов Р.А., Мазанов С.В. Моделирование и технико-экономический анализ сверхкритических флюидных методов переработки промышленного водного отхода ПАО "Казаньоргсинтез" применительно к модельному стоку // Экология и промышленность России. – 2025. – Т. 29, № 2. – С. 42–48. – DOI: 10.18412/1816-0395-2025-2-42-48.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

На диссертацию и автореферат поступили положительные отзывы:

**1. Ведущей организации** – федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) В диссертационной работе Аетова А.У. измерение коэффициента теплопроводности проводилось методом нагретой нити, в то время как существует импульсный метод измерений, который позволяет исключить влияние радиационной составляющей. Чем обусловлен выбор именно метода нагретой нити? 2) Для доказательства работоспособности экспериментальной установки по измерению коэффициентов теплопроводности, а также методики проведения эксперимента были выполнены исследования по измерению коэффициентов теплопроводности н-октана. По какой причине был выбран именно н-октан в качестве тестовой жидкости для апробации? 3) Измерения теплофизических

свойств (изобарная теплоемкость и коэффициент теплопроводности) компонентов реакционной смеси и самого молибденсодержащего водного стока проводились в основном при температурах до 473 К, что ниже рабочего диапазона процесса СКВО (673-873 К). Насколько корректно экстраполировать полученные данные на область сверхкритических температур? 4) В работе исследовано влияние ультразвукового эмульгирования на изобарную теплоемкость стоков различной концентрации (рис. 4.8). Наблюдается интересный эффект: теплоемкость эмульгированных образцов приближается к значениям дистиллированной воды. С чем автор связывает данное явление и может ли оно быть использовано для интенсификации процесса СКВО в промышленных масштабах? 5) В тексте главы 5 диссертационной работы упоминается о сформированном технико-технологическом предложении для ПАО «Нижекамскнефтехим» по инновационной СКФ-технологии утилизации молибденсодержащего стока процесса эпоксидирования пропилена. Целесообразно было бы привести основные положения этого предложения в виде отдельного подраздела в главе 5 в краткой форме. 6) В диссертации эффективность очистки водных стоков оценивалась по химическому потреблению кислорода (ХПК). Почему не были использованы другие способы оценки, например, такие как определение предельно допустимых концентраций (ПДК) отдельных компонентов, биохимическое потребление кислорода (БПК) или анализ по материальному балансу компонентов?

**2. Официального оппонента**, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры высшей математики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет» Садыкова Айдара Вагизовича. Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) Во введении диссертационной работы при обосновании актуальности темы подробно рассмотрены преимущества метода СКВО, однако недостаточное внимание уделено технологическим

трудностям его реализации. В частности, следовало бы отметить, что процесс требует создания и поддержания высоких давлений и температур, а высокая коррозионная активность сверхкритической водной среды обуславливает необходимость применения дорогостоящих коррозионно-стойких сплавов для изготовления реактора и соединительных элементов установки, что может существенно влиять на экономические показатели технологии. 2) В диссертации представлены результаты измерения теплофизических свойств (изобарная теплоемкость и коэффициент теплопроводности) при температурах до 473 К и давлениях до 30 МПа. В то же время процесс сверхкритического водного окисления, исследованный в работе, реализуется при существенно более высоких температурах (673-873 К). Чем обусловлен выбор именно такого температурного диапазона для измерений? 3) В четвертой главе представлены результаты исследования теплофизических свойств компонентов водного стока. Автором детально изучена изобарная теплоемкость монопропиленгликоля и его 25 % водного раствора, тогда как ацетофенон исследован только в чистом виде. Хотелось бы получить пояснение, чем обусловлен выбор именно такого подхода, учитывая, что в реальном стоке данные компоненты присутствуют в смеси, и их свойства в растворе могут отличаться от свойств индивидуальных веществ. 4) В работе проведено исследование влияния ультразвукового эмульгирования на изобарную теплоемкость молибденсодержащих стоков, а также представлены экспериментальные данные процесса СКВО для эмульгированных и неэмульгированных образцов (глава 5, рисунки 5.5—5.12). Однако в дальнейшем тексте этот аспект упоминается лишь кратко. Остается не до конца ясным, какова цель этих исследований и какое значение полученные результаты имеют для понимания и оптимизации процесса утилизации стока. 5) В пятой главе упоминается разработанная соискателем программа для ЭВМ, предназначенная для расчета эффективности окисления компонентов промышленного стока, а в приложении 5 приведен график прогнозирования эффективности утилизации в зависимости от температуры и избытка

кислорода. Оппонент полагает, что данная информация представлена недостаточно подробно. Было бы целесообразно привести сведения об используемых уравнениях, положенных в основу расчетов, а также о языках программирования и программной среде, в которой реализована программа.

6) Развивая предыдущее замечание, следует отметить, что пункт 3 пятой главы, посвященный технико-экономическому обоснованию предлагаемой технологии, также заслуживает более развернутого изложения. Учитывая важность экономических аспектов для последующего внедрения разработки в производство, детализация исходных данных, допущений и методики расчета существенно повысила бы ценность работы.

7) В тексте диссертации встречаются отдельные опечатки, грамматические погрешности и стилистически неудачные выражения (например, ошибки в окончаниях слов, пропуски или избыточное употребление знаков препинания). Указанные недостатки не носят принципиального характера и не влияют на понимание материала, однако их отсутствие способствовало бы повышению качества работы.

**3. Официального оппонента**, кандидата физико-математических наук, заведующего лабораторией термодинамики веществ и материалов федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук Абдуллаева Расула Нажмудиновича. Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) В литературном обзоре (главы 1 и 2) следовало бы более системно представить информацию о наличии в существующих базах данных (NIST, DDBST, PPDS и др.) теплофизических свойств компонентов, входящих в состав исследуемого промышленного стока. Это позволило бы более четко обозначить пробелы в имеющихся данных и наглядно обосновать необходимость проведения дополнительных экспериментальных исследований, выполненных автором. 2) В главе 5, на рис. 4.12 приводится один из важных результатов данной работы — температурная зависимость теплопроводности молибденсодержащего водного стока при

атмосферном давлении и ее сравнение с соответствующей зависимостью для воды. Однако, приведенное ниже в тексте диссертации описание данного рисунка запутывает и дезориентирует читателя. Во-первых, указано, что теплопроводность воды и стока падают с ростом температуры (что не согласуется с рис. 4.12 и, как известно, совершенно не верно для воды). Во-вторых, указано, что значения теплопроводности молибденсодержащего водного стока систематически ниже, чем у воды (что также не согласуется с рис. 4.12). Соискателю следовало более внимательно отнестись к описанию приведенных на рис. 4.12 зависимостей. 3) Остается не до конца ясным вопрос о том, каким образом в модернизированной установке для измерения изобарной теплоемкости учитываются тепловые потери измерительной ячейки через присоединительную трубку, и оказывает ли это влияние на точность получаемых результатов. 4) Требуется пояснения выбор объектов для исследования теплофизических свойств. В работе детально изучены изобарная теплоемкость и коэффициент теплопроводности монопропиленгликоля и ацетофенона. Однако, исходя из данных главы 5, исследуемый промышленный сток имеет многокомпонентный состав и содержит также другие углеводороды (этилбензол, толуол, стирол и др.). Чем обусловлен выбор для детального исследования именно указанных двух компонентов? 5) При описании установки по измерению изобарной теплоемкости указано, что расширенная неопределенность измерений температуры  $\pm 15$  мК. Однако, известно, что использование хромель-алюмелевой термопары позволяет измерять температуру с погрешностью около  $\pm 1,5$  К. Как удалось добиться такой высокой точности измерения температуры? 6) При описании установки по измерению изобарной теплоемкости указано, что она позволяет определять теплоемкость гетерогенных систем при давлениях до 60 МПа. Далее, в той же главе, указано, что формула (3.8) применяется для определения теплоемкости гетерогенных систем при давлениях до 30 МПа. При этом, в главе 4 для разных исследованных объектов приводятся результаты до 24,5 МПа, 50 МПа, 100 МПа и даже 147 МПа. Какова, все-таки, верхняя граница интервала давлений

для использованной в данной работе установки? 7) В главе 5 при описании экспериментов на модельных жидкостях не указано, по какой причине в качестве таких жидкостей были выбраны именно олеиновая и уксусная кислоты. Обоснование этого выбора усилило бы понимание методологии исследования. 8) В тексте диссертации встречаются отдельные опечатки, стилистические погрешности, недостаточно высокого качества изображения схем использованных экспериментальных установок и неудачные формулировки. Однако, следует подчеркнуть, что указанные недостатки носят незначительный характер и не влияют на достоверность и значимость полученных результатов и сделанных выводов.

4. Кандидата технических наук, доцента, заведующего кафедрой энергообеспечения предприятий Института механики и машиностроения федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» **Анисимова Павла Николаевича**. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) В автореферате представлены результаты измерения теплоемкости и теплопроводности при температурах до 473,15 К, однако не поясняется, почему выбран именно этот диапазон, тогда как процесс СКВО реализуется при существенно более высоких температурах (673-873 К). Вероятно, это обусловлено техническими возможностями измерительного оборудования, но пояснение было бы уместным. 2) Качество некоторых иллюстраций (например, рис. 7, 24) оставляет желать лучшего - часть обозначений трудночитаема, что несколько затрудняет восприятие представленной информации.

5. Доктора технических наук, доцента, директора института морских технологий, энергетики и строительства федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» **Александрова Игоря Станиславовича**. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) Экспериментальные данные (за исключением монопропиленгликоля), полученные автором и имеющие важное научное практическое значение, представлены в диссертации в виде рисунков. Отсутствие численных данных затрудняет их дальнейшее использование другими исследователями. 2) Масштаб рисунков 5 – 20 и размеры шрифта в наименованиях осей не позволяют в полной мере оценить представленные результаты.

6. Доктора технических наук, главного научного сотрудника НИЛ «Внутрипластовое горение» института геологии и нефтегазовых технологий федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет» **Вахина Алексея Владимировича.**

Имеются замечания: 1) На странице 19 автореферата упоминается об использовании программного продукта для инженерных расчетов и моделирования. Данный расчет, несомненно, является важной основой для проектирования и оптимизации технологических процессов. Однако результаты этого моделирования в автореферате не отражены достаточно подробно, что следовало бы сделать, несмотря на ограниченный объем автореферата. 2) В автореферате приведены результаты кинетических исследований процесса окисления, однако не указаны значения энергий активации и предэкспоненциальных множителей для исследованных реакций, что затрудняет использование полученных данных другими исследователями.

7. Кандидата технических наук, младшего научного сотрудника кафедры химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» **Мочаловой Марии Сергеевны**. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) Значительный объем исследований теплофизических свойств посвящен такому компоненту, как монопропиленгликоль. Из автореферата не совсем ясно, с чем связано столь

пристальное внимание именно к данному соединению. 2) В автореферате не представлены и не описаны данные расчета стоимости перехода от лабораторного оборудования к промышленному для рассматриваемого процесса. Исходя из пункта «Краткое содержание работы» (стр. 8), литературный обзор и анализ по данному направлению проводился. Рецензенту, было бы интересно понять, каким образом в экономическом плане усложнится процесс при переходе от лабораторного стенда к промышленно значимым объемам.

8. Кандидата физико-математических наук, доцента, старшего научного сотрудника лаборатории механики сплошной среды ИММ-структурного подразделения федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук» **Саламатина Артура Андреевича**. Отзыв положительный.

Имеются замечания: 1) На странице 3 автореферата автор отмечает, что неорганическая составляющая стока выпадает в осадок, из которого впоследствии можно выделить ценные компоненты. Считаю это предложение многообещающим направлением развития работы соискателя ученой степени, которое может быть реализовано в рамках докторской работы. 2) В автореферате не упоминается, проводились ли соискателем аналогичные исследования с другими типами промышленных водных стоков. Такая информация была бы полезной, учитывая многокомпонентность отходов реальных производств и перспективы масштабирования предлагаемой технологии на другие предприятия нефтехимического комплекса.

9. Кандидата химических наук, доцента, старшего научного сотрудника федерального исследовательского центра «Институт катализа им. Г.К. Борескова Сибирского отделения Российской академии наук» **Чибирева Андрея Михайловича**. Отзыв положительный.

Имеются вопросы и замечания: 1) В автореферате, посвящённой Главе 3, сказано, что «определение состава ... образцов продукта реакции окисления

осуществлено хроматографическим методом» (цитата, стр. 10), но ничего не сказано о результатах применения этого метода, т.е. о химическом составе органических примесей. Почему? Какие компоненты являются главными загрязнителями? Насколько эффективно метод СКВО «справляется» с органическими примесями-загрязнителями? 2) В тексте автореферата отсутствует описание неорганической части химического состава молибденсодержащего шлама, причём как до СКВО-обработки сточных вод, так и после. Насколько полно удаётся извлекать соединения молибдена? 3) Поскольку полученные экспериментальные значения изобарных теплоёмкостей  $C_p$  и коэффициентов теплопроводности  $\lambda$  сточных вод являются одним из главных результатов диссертационной работы (см. Выводы), возникает закономерный вопрос: делалась ли попытка оценки вклада в эти величины органических и неорганических (молибденовых) загрязнителей? 4) В Главе «Заключение» хотелось бы увидеть не только перечисление основных результатов соискателя, но и реальные **ВЫВОДЫ** из проделанной работы, довольно большой по объёму выполненных исследований.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой профессиональной квалификацией, наличием публикаций по проблематике, связанной с темой диссертации, компетенцией в вопросах, имеющих отношение к теме работы. Ведущая организация и оппоненты не имеют совместных проектов и публикаций с соискателем.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** оригинальная экспериментальная установка проточного типа с индукционным нагревом для исследования процессов утилизации промышленных водных стоков в сверхкритических флюидных условиях, а также модернизированные установки для измерения изобарной теплоемкости и коэффициента теплопроводности жидкофазных сред;

**предложены** способ реализации процесса сверхкритического водного окисления и программа для ЭВМ для прогнозирования эффективности утилизации молибденсодержащих сточных вод;

**доказано**, что ключевыми факторами эффективности процесса утилизации молибденсодержащих сточных вод являются время пребывания стока в реакторе и избыток кислорода воздуха, обеспечивающие снижение ХПК до уровня технической воды при степени деструкции органических загрязнителей 97–99 %;

**впервые получены** новые экспериментальные данные по изобарной теплоемкости и коэффициенту теплопроводности монопропиленгликоля, его водного раствора, ацетофенона и молибденсодержащего стока в широком диапазоне температур и давлений, а также кинетические параметры окисления стока в проточном режиме;

**реализован** проточный режим реакции сверхкритического водного окисления применительно к утилизации молибденсодержащих сточных вод.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказано** существенное пополнение базы данных по теплофизическим свойствам веществ, участвующих в процессе СКВО (монопропиленгликоль, ацетофенон, реальный молибденсодержащий сток), что вносит вклад в развитие научных представлений о поведении многокомпонентных систем в сверхкритических водных средах;

**применительно к проблематике диссертации использован** комплекс стандартизированных методик экспериментального исследования теплофизических свойств (метод адиабатического динамического сканирующего калориметра, метод нагретой нити) и современное сертифицированное оборудование;

**изложены** закономерности изменения изобарной теплоемкости и теплопроводности от температуры, давления и концентрации компонентов; установлено, что теплоемкость монопропиленгликоля при высоких давлениях

уменьшается с ростом давления, а теплопроводность стока ниже теплопроводности чистой воды в среднем на 13 %;

**раскрыты** технологические закономерности окисления органических загрязнителей в сверхкритических флюидных условиях, определено влияние температуры, избытка кислорода и времени пребывания на эффективность процесса;

**изучены** кинетические характеристики окисления молибденсодержащего стока с использованием кислорода воздуха в проточном реакторе с индукционным нагревом; рассчитаны константы скорости и энергии активации реакции;

**проведена** модернизация двух экспериментальных установок (для измерения изобарной теплоемкости и теплопроводности), обеспечивающая повышение точности измерений за счет внедрения ПИД-регулирования и аналогово-цифрового преобразователя.

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

**разработаны и внедрены** экспериментальная установка для окисления промышленных водных стоков в СКФ условиях (уровень готовности УГТ-5) и методики исследования теплофизических свойств, которые могут служить прототипом для промышленных аппаратов; результаты внедрены в деятельность АО «Татнефтехиминвест-холдинг», ООО ИВЦ «Инжехим», ООО «Ферри Ватт», ООО «К-Точка», что подтверждено актами о внедрении;

**определены** оптимальные режимные параметры процесса СКВО, обеспечивающие выполнение экологических требований к очищенной воде;

**создана** программа для ЭВМ, позволяющая прогнозировать эффективность утилизации стока в зависимости от температуры и избытка кислорода;

**представлены** технико-экономическое обоснование и результаты моделирования процесса, подтверждающие экономическую целесообразность

предлагаемой технологии по сравнению с традиционными методами утилизации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** результаты получены на сертифицированном оборудовании, обоснованы калибровкой по эталонным веществам (вода, н-октан, н-бутанол), показана воспроизводимость измерений (все эксперименты проводились не менее 5 раз), выполнена оценка неопределенностей (расширенная неопределенность для теплоемкости 2,4 %, для теплопроводности 1,6 %);

**теория** построена на известных фундаментальных законах термодинамики и тепло- и массообмена, согласуется с опубликованными экспериментальными данными для эталонных веществ;

**идея** базируется на критическом анализе литературных данных и выявленных пробелах в базах данных по теплофизическим свойствам компонентов промышленных стоков;

**использовано** сравнение авторских данных с данными, полученными ранее другими исследователями, установлено количественное совпадение в пределах заявленных погрешностей (отклонения не более 2–3 %).

**Личный вклад соискателя** заключается в формулировке и постановке задач научного исследования, разработке методик и создании экспериментальных установок, включая модернизацию установок для измерения изобарной теплоемкости и коэффициента теплопроводности, а также проектирование и сборку оригинальной проточной установки с индукционным нагревом для реализации процесса сверхкритического водного окисления; соискателем лично проведены все экспериментальные исследования, выполнены обработка и анализ полученных результатов, сформулированы научные положения и выводы, проведено моделирование и технико-экономическое обоснование предлагаемой технологии. Автором самостоятельно написаны и опубликованы статьи по теме диссертационного

исследования в ведущих рецензируемых научных журналах, получены патенты РФ и свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

В ходе заседания были высказаны критические замечания о выборе метода нагретой нити для измерения теплопроводности и о температурном диапазоне измерений (до 473 К, тогда как СКВО проводится при 673–873 К).

Соискатель Аетов А. У. ответил, что выбор метода нагретой нити обусловлен его классическим характером и высокой надежностью для жидкофазных сред, а диапазон температур ограничен техническими возможностями оборудования, при этом полученные данные позволяют уточнить параметры уравнений состояния для экстраполяции в сверхкритическую область.

На заседании 28.04.2026 г. диссертационный совет принял решение: за решение научной задачи утилизации молибденсодержащих промышленных водных стоков методом сверхкритического водного окисления, требующей экспериментального исследования данного процесса и расширения базы известных теплофизических свойств веществ, присудить Аетову Алмазу Ураловичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника (технические науки), участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – 0.

Председатель  
диссертационного совета

д.т.н., профессор



Валиуллин Рим Абдуллоевич

Ученый секретарь диссертационного  
совета, к.ф.-м.н.

Хабиров Тимур Раильевич

28 апреля 2026 г.