

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.09 РХТУ им. Д.И. Менделеева
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 45/25
решение диссертационного совета
от «25» декабря 2025 г. № 13

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Федотовой Ольги Вячеславовны, представившей диссертационную работу на тему «Процессы переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах, криотропное гелеобразование и сушка» по научной специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий.

Диссертационная работа Федотовой О.В. принята к защите 20 ноября 2025 г., протокол № 11 диссертационным советом РХТУ.2.6.09 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 17 человек приказом ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 353 А от «08» сентября 2022 г. В состав диссертационного совета внесены изменения в соответствии с приказом и.о. ректора РХТУ №437 А от «20» октября 2022 г., №309 А от «26» октября 2023 г., №349 А от «22» ноября 2023 г., приказом ректора РХТУ № 204 ОД от «22» октября 2025 г. Полномочия диссертационного совета продлены приказом и.о. ректора 86 ОД от 05 мая 2025 г.

Соискатель Федотова Ольга Вячеславовна 1998 года рождения, в 2022 году с отличием окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», диплом серия 107731 номер 0505233.

В 2022 году поступила в аспирантуру ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» по научной специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий.

Соискатель с 2022 года работает в ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», в настоящий момент занимает должности ассистента кафедры химического и фармацевтического инжиниринга, по совместительству инженера-исследователя и младшего научного сотрудника кафедры химического и фармацевтического инжиниринга.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий выполнена на кафедре химического и фармацевтического инжиниринга федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Тема диссертационной работы «Процессы переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах, криотропное гелеобразование и сушка» утверждена на заседании Ученого совета РХТУ им. Д.И. Менделеева от 28.09.2022 (протокол №2).

Научный руководитель – профессор, доктор технических наук **Меньшутина Наталья Васильевна**.

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор **Абиев Руфат Шовкетович**, ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры».

Кандидат технических наук, доцент **Мазанов Сергей Валерьевич**, ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технологический университет, Доцент кафедры «Теоретических основ теплотехники».

Ведущая организация – **Акционерное общество «Росхимзащита»**.

Основные положения и выводы диссертационного исследования в полной мере изложены в 17 научных работах, опубликованных соискателем, в том числе в 7 публикациях в изданиях, индексируемых в международных базах данных.

Результаты работы пробируются на 2 научных конференциях всероссийского и 8 научных конференциях международного уровня.

Личный вклад соискателя в работах, выполненных в соавторстве, составляет 60-75% и заключается в непосредственном участии в планировании работ, проведении экспериментов, анализе данных, обсуждении полученных результатов и написании текста работ.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Menshutina N., Fedotova O., Trofimova K., Tsygankov P. Investigation of Gelation Techniques for the Fabrication of Cellulose Aerogels // Gels. – 2023. – Vol. 9, No. 12. – P. 919. (**Web of Science, Scopus**).

2. Menshutina N., Fedotova O., Abramov A., Golubev E., Sulxhanov Y., Tsygankov P. Processes of Obtaining Nanostructured Materials with a Hierarchical Porous Structure on the Example of Alginate Aerogels // Gels. – 2024. – Vol. 10, No. 12. – P. 845. (**Web of Science, Scopus**).

3. Safarov R., Fedotova O., Uvarova A., Gordienko M., Menshutina N. Review of Intranasal Active Pharmaceutical Ingredient Delivery Systems // Pharmaceuticals. – 2024. – Vol. 17, No. 9. – P. 1180. (**Web of Science, Scopus**).

4. Федотова О.В. Исследование влияния параметров получения высокопористых целлюлозных материалов на их структурные характеристики / О.В. Федотова, К.В. Трофимова, П.Ю. Цыганков, Р.Р. Сафаров // Известия высших учебных заведений. Серия: Химия и химическая технология. – 2023. – Т. 66, № 2. – С. 107-113. (**Chemical Abstracts**).

5. Лебедев И.В. Использование клеточно-автоматного подхода для создания цифровых двойников иерархических пористых структур / И.В. Лебедев, В.И. Гашенко, О.В. Федотова [и др.] // Теоретические основы химической технологии. – 2025. – Т. 59, № 2. – С. 47-57. (**GeoRef**).

6. Федотова О.В. Получение альгинатных частиц аэрогеля с иерархической пористой структурой с использованием зеина в качестве порообразующего компонента / Федотова О.В., Бондаренко А.К., Цыганков П.Ю., Меньшутина Н.В. // Химическая промышленность сегодня. – 2025. – № 2. – С. 37-41 (**Chemical Abstracts**).

7. Федотова О.В. Разработка процессов получения высокоэффективных целлюлозных сорбентов из макулатуры / Федотова О.В., Цыганков П.Ю., Меньшутина Н.В. // Химическая промышленность сегодня. – 2022. – № 2. – С. 2-7 (**Chemical Abstracts**).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Отзыв официального оппонента** – доктора технических наук по научной специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий, профессора, заведующего кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры» ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет) **Абиева Руфата Шовкетовича**. В отзыве отмечены актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, достоверность полученных данных и общий обзор работы. Отзыв положительный. Замечания и рекомендации:

1. На с. 52 диссертации указано «Из данных, приведенных в таблице 2.1, можно сделать вывод о том, что наилучший результат по диспергированию агломератов был достигнут при амплитуде 65% и продолжительности 7,5 минут». Как автор объясняет более благоприятный результат по сравнению, например, с обработкой при амплитуде 80% и продолжительности 10 минут? Следовало бы также уточнить, по какому количественному критерию оценивался результат диспергирования агломератов.

2. В формуле (2.1) используется переменная «индекс кристалличности». Следовало бы сразу же дать определение данной характеристики материала, в том числе применительно к микрокристаллической целлюлозе. Впервые расчетная формула

представлена на с. 61 (формула 2.17).

3. В п. 2.3. сначала приведены данные по влиянию температуры, давления и времени реакции на выход (в табл. 2.2), а сразу за этим (на рис. 2.4) представлены данные по выходу нанокристаллической целлюлозы от плотности воды и времени. Здесь следовало бы привести комментарии о том, как произведен переход от первого набора входных переменных ко второму, в том числе по каким формулам проводился расчет плотности воды.

4. Результаты расчетов, представленных в таблице 2.6, отличаются не столь значительно. Относительный размах значений не превышает 17%. Необходимо было бы рассчитать относительную погрешность рассчитанных значений и определить статистическую значимость различий между опытами 1-8 в таблице 2.6.

5. На рис. 3.6 непонятна надпись «Начало УЗ-воздействия» – то ли начало УЗ-воздействия совпадает с достижением температуры начала кристаллизации, то ли УЗ-воздействия включаются в нулевой момент времени.

6. С. 69. Было бы уместно указать технические характеристики ротор-статорного гомогенизатора IKA T 25 digital ULTRA-TURRAX: размеры ротора и статора, количество прорезей, размер радиального зазора, диапазон частот вращения ротора и т.п. Оценить уровень касательных напряжений в зазоре, амплитуду и частоту пульсаций давления и скорости в прорезях, а также их влияние на процессы диспергирования.

7. В формуле (3.2) используется понятие «диаметр образца». Нужно было бы представить информацию об отклонении формы образцов от цилиндрической. Для этого следовало проводить измерения в разных плоскостях и при различных азимутальных углах. Здесь же следовало бы определить погрешность измерений.

8. В разделе 4.1.1 следовало бы не только привести фотографию гидрофобного сорбента с каплей воды, но и определить угол смачивания, а также удельную поверхностную энергию образца сорбента.

9. В п. 4.2 следовало бы пояснить, почему не были использованы классические методы, с использованием уравнений гидродинамики, конвекции и диффузии для моделирования процесса сорбции в высокопористых материалах на основе целлюлозы.

В диссертации замечены некоторые опечатки и стилистические неточности.

Однако количество опечаток не столь велико, а сделанные замечания ни в коей мере не снижают общее положительное впечатление от диссертационной работы.

Диссертационная работа Федотовой О.В. на тему «Процессы переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах, криотропное гелеобразование и сушка» соответствует паспорту специальности научных работников 2.6.13 Процессы и аппараты химических технологий в части: п. 5. Способы, приемы, методология исследования химических процессов, протекающих в условиях взаимного влияния на них гидродинамики и теплообмена, совершенствование их аппаратного оформления; п. 9. Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы; п. 10. Методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов. По результатам исследования опубликовано необходимое количество печатных работ в рецензируемых изданиях. Оформление диссертации и автореферата выполнено в соответствии с требованиями, изложение выстроено логично. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Диссертационная работа Федотовой Ольги Вячеславовны соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД. Федотова Ольга Вячеславовна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по

специальности 2.6.13: Процессы и аппараты химических технологий.

2. **Отзыв официального оппонента** - кандидата технических наук по научным специальностям 01.04.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника; 02.00.15. – Кинетика и катализ, доцента, доцента кафедры «Теоретических основ теплотехники» ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технологический университет **Мазанова Сергея Валерьевича**. В отзыве отмечены актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, достоверность полученных данных и общий обзор работы. Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. На этапе методики переработки целлюлозы в субкритической воде осуществляется отделение твердого осадка от раствора, содержащего побочные продукты реакции. Для чего используется фильтр с диаметром пор 1 мкм? Ведь выбор размера пор фильтра для отделения наночастиц требует экспериментального или литературного обоснования, так как существует риск прохождения через него более мелких фракций. Также необходимо пояснить причины использования разных материалов фильтров (нейлон, стекловолокно) на различных этапах методики.

2. В главе 3 не обоснован выбор параметров диспергирования (частота оборотов и время) при получении суспензии целлюлозы.

3. На рисунке 3.2 приведена схема установки для проведения сверхкритической сушки. По тексту диссертации сказано, что контроль расхода газообразного потока осуществляется с помощью ротаметра (14). Но его позиция отсутствует на данной схеме.

4. Не представлено обоснование выбора параметров проведения сверхкритической сушки (давление, температура, длительность процесса, скорость сброса давления). Почему были выбраны только единичные условия для эксперимента? Какова оценка диаграммы фазовых равновесий бинарной системы «CO₂ – изопропиловый спирт» при выбранных температурно-барических условиях на предмет соответствия критических параметров состояния для смеси и удаленности от критической точки?

5. Почему влияние ультразвукового воздействия было исследовано только на одной концентрации целлюлозы?

6. Техничко-экономический расчет показал себестоимость 190,03 руб/л. Сравнительный анализ с коммерческими сорбентами в пересчете стоимости не на литр объема, а на грамм сорбированной нефти позволил бы более наглядно продемонстрировать экономическую эффективность Вашего материала, учитывая его высокую сорбционную емкость.

7. Насколько стабильны гидрофобные свойства полученных сорбентов при длительном хранении и многократном использовании? Возможно ли проведение регенерации сорбентов после насыщения нефтью?

8. По тексту диссертации имеются незначительные орфографические ошибки.

Несмотря на сделанные замечания, считаю, что они не снижают значимости полученных научных результатов. Диссертационная работа Федотовой О.В. является законченной научно-квалификационной работой, в котором решена актуальная задача разработки экологических процессов переработки целлюлозы. По результатам исследования опубликовано необходимое количество печатных работ в рецензируемых изданиях.

Диссертационная работа Федотовой О.В. соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»; утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Федотова Ольга Вячеславовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

3. Отзыв ведущей организации – АО «Росхимзащита». В отзыве отмечены актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, достоверность полученных данных и общий обзор работы. Отзыв положительный.
Замечания по диссертационной работе:

1. Во 2 главе недостаточно обоснован выбор режимов проведения процесса (давления, температуры, продолжительности процесса) на основе предварительных экспериментов или теоретических представлений.

2. В разделе 2.3 при анализе влияния параметров процесса на выход НКЦ использованы линейные регрессионные модели. Хотя рассчитанные модели являются статистически значимыми, теоретическое обоснование выбора именно линейной формы регрессионных уравнений отсутствует. Полученные регрессионные уравнения, характеризующиеся простотой и удобством использования, потенциально обладают ограниченной точностью и воспроизводимостью при применении к условиям, отличающимся от экспериментального диапазона исследований.

3. В разделе 3.1.2 описана методика криотропного гелеобразования, однако недостаточно информации о контроле температурных режимов при замораживании. Было бы целесообразным исследование влияния параметров УЗ-обработки (интенсивность, частота, длительность импульсов) на морфологию и структуру аэрогелей. Рекомендуется провести детальное параметрическое исследование с построением зависимостей ключевых характеристик аэрогелей (размер пор, удельная площадь поверхности, механическая прочность) от УЗ-параметров, что позволило бы разработать практические рекомендации по оптимизации процесса для получения материалов с заданными свойствами. Рекомендуется произвести анализ воспроизводимости структурных характеристик при повторных экспериментах, выполненных в идентичных условиях.

4. В работе было проведено большое количество аналитических исследований, однако соответствующие методики описаны неполно, не приведены условия подготовки образцов, параметры проведения анализа, не указаны погрешности измерений.

5. Полученные материалы на основе целлюлозы демонстрируют сорбционную емкость до 46 г/г для дихлорметана и 18-32 г/г для нефти, однако данные значения приводятся без сравнения с литературой и промышленными аналогами.

6. Хотя в работе представлены расчеты себестоимости предложенного процесса переработки бумажных отходов (190,03 руб/л), отсутствует сравнение с существующими методами производства аналогичных высокопористых материалов. Рекомендуется провести такое сравнение, чтобы дать полную оценку экономической конкурентоспособности разработанного метода.

Диссертационная работа Федотовой Ольги Вячеславовны на тему «Процессы переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах, криотропное гелеобразование и сушка» является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые технологические решения, направленные на получение нанокристаллической целлюлозы, аэрогелей на основе целлюлозы и высокопористых материалов из переработанных бумажных отходов.

Диссертационная работа Федотовой О.В. соответствует требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД, а ее автор, Федотова Ольга Вячеславовна,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий.

4. Отзыв на автореферат доктора химических наук, профессора, член-корреспондента РАН, заведующего лабораторией тонкого органического синтеза им. И.Н. Назарова ФГБУ ИОХ им. Н.Д. Зелинского РАН **Злотина Сергея Григорьевича**. Отзыв положительный. В качестве замечания можно отметить, что в автореферате практически не комментируются количественные показатели сорбции органических жидкостей на образцах высокопористых материалов на основе целлюлозы, приведенные в таблице 3.

5. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, ведущего эксперта Курчатовского комплекса физико-химических технологий (ККФХТ) НИЦ «Курчатовский институт» **Никулиной Елены Аркадьевны**. Отзыв положительный. По автореферату имеются следующие замечания:

1) В материалах автореферата не указано какая установленная производительность технологической установки по переработке бумажных отходов принималась при расчете себестоимости единицы высокопористого материала на основе целлюлозы;

2) На рис. 9 стр. 14 автореферата не приведено время обработки образца на этапе криотропного гелеобразования;

3) Из текста автореферата непонятно, о каких коммерческих аналогах идет речь: также о пористых сорбентах на основе целлюлозы или на основе других материалов;

4) В автореферате представлены коэффициенты для регрессионного уравнения, но не приведены результаты оценки адекватности по критерию Фишера, которые необходимы для проверки статистической значимости модели в целом.

6. Отзыв на автореферат доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой процессов и аппаратов химических технологий имени Гельперина Н.И. ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет» **Таран Юлии Александровны**. Отзыв положительный. По автореферату имеются следующие замечания:

1. Учитывая, что максимальный выход нанокристаллической целлюлозы был достигнут при граничных значениях давления (20 МПа) в рамках основного плана экспериментов, представляется целесообразным расширить исследование в область более высоких давлений.

2. В разделе публикации указано, что «основные положения диссертации получили полное отражение в 7 статьях, опубликованных в журналах, индексируемых в международных базах данных Web of Science, Scopus, Chemical Abstract и GeoRef», при этом не отмечено, сколько из них входят в перечень ВАК по специальности 2.6.13 – Процессы и аппараты химических технологий, в перечне публикаций эта важная информация тоже отсутствует.

7. Отзыв на автореферат кандидата химических наук, заведующего лабораторией сверхкритических флюидных технологий Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН **Паренаго Ольги Олеговны**. Отзыв положительный. По автореферату диссертации имеются следующие вопросы и замечания:

1. Каков механизм разложения целлюлозы в субкритической воде? Какие свойства субкритической воды обеспечивают эффективность этого процесса?

2. В работе сказано (стр.15), что сорбционные свойства получаемых аэрогелей превосходят на порядок свойства, в частности сорбционную емкость сорбентов других классов. О каких классах и значениях сорбционной емкости идет речь?

8. Отзыв на автореферат кандидата технических наук, заместителя генерального директора по производству ООО «РусСилика» **Зеркаева Александра Игоревича**. Отзыв положительный. Замечаний нет.

На все замечания Федотовой Ольгой Вячеславовной даны полные и исчерпывающие ответы.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:
достоверность экспериментальных и аналитических работ, результаты которых получены на сертифицированном аналитическом оборудовании с использованием современных научно-исследовательских методов, стандартизированных методик, показана воспроизводимость результатов исследования;
установлена адекватность клеточно-автоматной модели, описывающей процесс сорбции нефти высокопористыми материалами на основе целлюлозы.

Личный вклад соискателя состоит в участии на всех этапах процесса: в постановке и реализации задач исследований, в планировании и проведении экспериментальных и аналитических работ, а также в обработке полученных результатов; в систематизации, интерпретации и оценке полученных результатов, формулировке выводов, подготовке материалов для публикаций и представления результатов исследований на российских и международных научных мероприятиях.

Работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий по своей теме, содержанию и методам исследования в части направления исследований: п. 5. Способы, приемы, методология исследования химических процессов, протекающих в условиях взаимного влияния на них гидродинамики и теплообмена, совершенствование их аппаратного оформления; п. 9. Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы; п. 10. Методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертационная работа Федотовой О.В. на тему «Процессы переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах, криотропное гелеобразование и сушка» является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, представляющей собой совокупность научно-обоснованных решений по развитию методов переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах и получения материалов широкого спектра применения, которые имеют существенное значение для экономики РФ в области целлюлозно-бумажной промышленности.

По актуальности, научной новизне, теоретической и практической значимости диссертационная работа Федотовой О.В. на тему «Процессы переработки целлюлозы в суб- и сверхкритических флюидах, криотропное гелеобразование и сушка» полностью соответствует пунктам Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева от 14.09.2023 г. № 103 ОД.

На заседании диссертационного совета РХТУ.2.6.09 РХТУ 25.12.2025, принято решение о присуждении ученой степени кандидата технических наук Федотовой Ольги Вячеславовны.

Присутствовало на заседании 14 членов совета,
в том числе докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 7.

в том числе в режиме видеоконференции 6.

При проведении голосования члены диссертационного совета по вопросу присуждения ученой степени проголосовали:

Результаты тайного голосования:

«за» **8,**

«против» **нет,**

«воздержались» **нет.**

Проголосовали 6 членов диссертационного совета, присутствующие на заседании в режиме видеоконференции:

«за» **6,**

«против» **нет,**

«воздержались» **нет.**

Итоги голосования:

«за» **14,**

«против» **нет,**

«воздержались» **нет.**

Председатель диссертационного совета



д.т.н., профессор Глебов М.Б.

Ученый секретарь диссертационного совета

к.т.н., доцент Василенко В.А.

Дата «25» декабря 2025 г.

