

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(ФГБОУ ВО КНИТУ)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

д.т.н., профессор

А.Н. Сабирзянов



2018 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования «Казанский национальный  
исследовательский технологический университет»**

Диссертация «Термодинамические основы процессов экстракции нефтяных шламов и импрегнации пористых материалов с использованием сред в сверхкритическом флюидном состоянии» выполнена в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» на кафедре «Теоретические основы теплотехники».

В период подготовки диссертации соискатель Ахметзянов Талгат Рафинатович являлся аспирантом очной формы обучения кафедры «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

В 2014 году окончил ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» по специальности «Энергетика теплотехнологий».

С 2014 по 2018 гг. обучался в аспирантуре ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» по

направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2018 году ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2018 году ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Габитов Фаризан Ракибович, профессор кафедры «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

По итогам обсуждения диссертации Ахметзянова Талгата Рафинатовича «Термодинамические основы процессов экстракции нефтяных шламов и импрегнации пористых материалов с использованием сред в сверхкритическом флюидном состоянии» принято следующее **заключение**:

Обращение с нефтяными шламами является сложным и трудоемким делом. Применение существующих технологий приводит к выделению в атмосферу вредных веществ. Большинство технологий имеют собственные отходы, требующие захоронения на полигонах.

Сверхкритическая флюидная экстракционная (СКФЭ) технология переработки нефтяных шламов для получения товарного нефтепродукта, исследуемая в настоящей работе, является крайне актуальной, экологически оправданной и перспективной с точки зрения экономической целесообразности и рентабельности.

Другая проблема, связанная с использованием природных ресурсов это дефицит качественного щебня, которая вынуждает к поиску альтернативных дорожно-строительных материалов.

Поэтому, разработка новых технологий укрепления щебня из малопрочных карбонатных пород, является актуальной задачей. Ее решение

позволит улучшить качество щебня и получить высокоэффективный дорожно-строительный материал.

В основу подобной технологии предложено использовать СКФ импрегнационный процесс пропитки щебня деасфальтизатором, получаемым в процессе жидкостной пропан/бутановой экстракции из нефтяных остатков.

При этом необходимо констатировать практически полное отсутствие информации как по теплофизическим свойствам систем участвующих в процессах для СКФ технологий, как фазовое равновесие в системах с углеводородами, вязкость, теплоемкость, теплопроводность, так и кинематическим характеристикам процессов экстракции и импрегнации и других в СКФ состоянии.

**Научная новизна** заключается в следующем:

1) Создана оригинальная экспериментальная установка для исследования фазового равновесия бинарных систем в рамках статического метода, основной узел которой – экстрактор, защищен патентом на полезную модель № 157167.

2) Экспериментальные данные по фазовому равновесию для системы «нафталин – пропан/бутан» в диапазоне температур 403,15 – 443,15К и в интервале давлений 0,8 – 6,5 МПа получены впервые. Установлено, что фазовая диаграмма исследованной системы, относится к первому типу (по классификации D.F.Williams), которые характерны для систем с сильной взаимной растворимостью.

3) Экспериментальные данные по фазовому равновесию для системы «сера – пропан/бутан» в диапазоне температур 403,15 – 443,15К и в интервале давлений 5 – 25 МПа получены впервые. Установлено, что фазовая диаграмма исследуемой системы относится к пятому типу диаграмм, которые характерны для систем со слабой взаимной растворимостью.

4) Создана оригинальная экспериментальная установка для реализации СКФ экстракционного процесса обработки нефтяных шламов с пропан – бутановым экстрагентом в жидком и СКФ состояниях, основной узел которой – экстрактор, защищен патентом на полезную модель № 169873.

5) На основе закона соответственного состояния используя двухпараметрическое уравнение состояния Пенга – Робинсона проведено математическое описание фазового равновесия системы «сера – пропан/бутан».

6) Получены новые экспериментальные данные по экстракции углеводородов из нефтяного шлама с использованием жидкостной и СК пропан/бутановой смеси при  $T=358,15 - 433,15$  К и  $P=5 - 50$  МПа.

7) Экспериментальные данные по кинетике экстракции углеводородов из нефтяного шлама с использованием СК пропан/бутанового экстракционного процесса получены впервые.

8) Создана оригинальная экспериментальная установка для сквозной пропитки матриц веществами, растворенными в СКФ пропан – бутановой смеси.

9) Сквозная пропитка карбонатного щебня деасфальтизатором тяжелого нефтяного остатка с пропан-бутановым растворителем в СКФ состоянии проведена впервые. Установлены принципы оптимального проведения процесса импрегнации диасфальтизата в пористую матрицу карбонатного щебня.

**Практическая значимость** полученных результатов заключается в необходимости наличия достоверных данных по фазовому равновесию бинарных систем как нафталин-пропан/бутан свойствам термодинамических систем, участвующих в процессе, на этапе моделирования при переходе от лабораторных к промышленным масштабам установок. В частности, полученные соискателем результаты по свойствам бинарных систем приняты в качестве базы данных для создания современных технологий в нефтепереработке, о чем имеется справка о внедрении от ПАО «Татнефтехиминвест-холдинг», г.Казань.

**Личный вклад автора** состоит в разработке и создании оригинальных экспериментальных установок, а также в непосредственном проведении экспериментальных исследований и анализе полученных результатов.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных положений и выводов, а также четкостью изложения.

В диссертации соискатель Ахметзянов Т.Р. ссылается на авторов и источники заимствования материалов и отдельных результатов.

Материалы диссертации опубликованы в 26 работах, в том числе 8 научных статей в научных журналах перечня ВАК РФ, 1 монография, 2 патента, 7 статей опубликованы в других изданиях и 8 тезисов докладов на конференциях.

*По теме диссертации опубликованы следующие работы:*

*Из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендуемых ВАК РФ:*

1. Ахметзянов Т.Р. Увеличение функциональности карбонатного щебня посредством сверхкритической флюидной импрегнации битуминозными соединениями / Ф.М. Гумеров, М.И. Фарахов, В.Ф. Хайрутдинов, Р.Ф. Габитов, З.И. Зарипов, И.Ш. Хабриев, Т.Р. Ахметзянов // **Сверхкритические флюиды: теория и практика**. 2015. Т.10. №2. С. 4-16.

2. Ахметзянов Т.Р. Сверхкритическая флюидная пропан-бутановая экстракционная обработка нефтяных шламов / Ф.М. Гумеров, В.Ф. Хайрутдинов, Т.Р. Ахметзянов, Ф.Р. Габитов, З.И. Зарипов, М.И. Фарахов, А.В. Мухутдинов // **Сверхкритические флюиды: теория и практика**. 2016. Т.11. №2. С. 75-83.

3. Ахметзянов Т.Р. Пропитка щебня деасфальтизатором нефтяного остатка с использованием сверхкритических флюидов / Ф.М. Гумеров, М.И. Фарахов, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, З.И. Зарипов, Е.Е. Каменева, Т.Р. Ахметзянов // **Сверхкритические флюиды: Теория и практика**. 2016. Т.11. №4. С.54-65.

4. Ахметзянов Т.Р. Теплоёмкость смеси рапсового масла и спиртов, находящихся в суб и сверхкритических флюидных условиях / Р.Р. Габитов, И.Р. Габитов, Ф.Н. Шамсетдинов, Т.Р. Ахметзянов, Р.А. Усманов,

З.И. Зарипов // **Вестник Казанского технологического университета.** 2012. Т.15. №9. С. 56-58.

5. Ахметзянов Т.Р. Диспергирование поликарбоната допированного квантовыми точками CdS/CdSe с использованием метода SAS / Т.Р. Ахметзянов, И.Ш. Хабриев, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // **Вестник Казанского технологического университета.** 2013. Т.16. №10. С. 93-95.

6. Ахметзянов Т.Р. Исследование растворимости парацетамола в органических растворителях применительно к сверхкритическому флюидному SAS процессу диспергирования лекарственных препаратов / И.Ш. Хабриев, Т.Р. Ахметзянов, И.И. Набиуллин, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // **Вестник Казанского технологического университета.** 2014. Т.17. №22. С. 81-83.

7. Ахметзянов Т.Р. Экспериментальное исследование по диспергированию парацетамола с применением сверхкритических флюидных технологий для получения лекарственного препарата с улучшенными характеристиками / И.Ш. Хабриев, Т.Р. Ахметзянов, И.И. Набиуллин, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // **Вестник Казанского технологического университета.** 2014. Т.17. №22. С. 87-89.

8. Ахметзянов Т.Р. Пропитка щебня компонентами нефтяных шламов с использованием пропан - бутанового импрегнационного процесса, осуществляемого в сверхкритических флюидных условиях / Т.Р. Ахметзянов, Р.Ф. Габитов, И.Ш. Хабриев, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // **Вестник Казанского технологического университета.** 2014. Т.17. №22. С. 311-314.

#### ***Патенты:***

9. Пат. 157167 Рос. Федерация: На полезную модель «Экстрактор» / Фарахов М.И., Гумеров Ф.М., Хайрутдинов В.Ф., Габитов Ф.Р., Габитов Р.Р., Ахметзянов Т.Р., Габитов Р.Ф. №201512320/05. заявл. 18.06.15. опубл. 20.11.15. Бюл. №32. 5 с.

10. Пат. 169873 Рос. Федерация: На полезную модель «Экстрактор/ Сошин С.А., Гумеров Ф.М., Фарахов М.И., Хайрутдинов В.Ф., Габитов Р.Ф., Ахметзянов Т.Р., Яруллин Л.Ю., Габитов Р.Р. №201612423. заявл. 20.06.16. опубл. 04.04.17. Бюл. №10. 6 с.

***Монография:***

11. Advances in Environmental Research / F. M. Gumerov, V. F. Khairutdinov, M. I. Farakhov, Z. I. Zaripov, F. R. Gabitov, T. R. Akhmetzyanov. Increasing the Functionality of Carbonate Crushed Stone by Using Supercritical Fluid Impregnation with Bituminous Compounds // Monograph In: Nova Science Publisher, Inc. New York. 2018. Chapter 1. Volume 63. P.1-78. ISBN: 978-1-53613-918-1

***Работы, опубликованные в других изданиях:***

12. Ахметзянов Т.Р. Сверхкритическая флюидная пропан-бутановая экстракционная обработка нефтеносных песков / В.Ф. Хайрутдинов, Т.Р. Ахметзянов, Ф.М. Гумеров, И.Ш. Хабриев, М.И. Фарахов // **Теоретические основы химической технологии**. 2017. Т.51. №3. С. 288-294.

13. Akhmetzyanov T.R. Impregnation of carbonate rock by deasphalted oil with the use of a supercritical fluid impregnation process / Gumerov F.M., Farakhov M.I., Khairutdinov V.F., Akhmetzyanov T.R., Gabitov F.R., Kameneva E.E. // **Petroleum science and technology**. 2017. Т.35. №2. P.163-168.

14. Akhmetzyanov T.R. Extraction of oil-products from oil sludge with the use of liquid and supercritical fluid extraction processes with propane-butane extractant / Khairutdinov V.F., Akhmetzyanov T.R., Gabitov F.R., Zaripov Z.I., Farakhov M.I., Mukhutdinov A.V., Gumerov F.M. & Yarullin R. S. / **Petroleum science and technology**. 2016. Т.34. №.4. P.372-378.

15. Ахметзянов Т.Р. Некоторые равновесные свойства термодинамических систем, участвующих в процессах утилизации нефтяных шламов и деревянных железнодорожных шпал с использованием рабочих сред в сверхкритическом флюидном состоянии / Т.Р. Ахметзянов,

Р.Ф. Габитов, М.Р. Хазипов, Л.Ю. Яруллин, И.Ш. Хабриев, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // **Бутлеровские сообщения**. 2018. Т.56. №1. С.127-135.

16. Akhmetzyanov T. R. Disposal of oil sludge with the use of liquid and supercritical fluid extraction processes with propane-butane extractant / V.F. Khayrutdinov, T.R. Akhmetzyanov, F.R. Gabitov, Z.I. Zaripov, M.I. Farakhov, A.V. Mukhutdinov, F.M. Gumerov // **Contemporary Engineering Sciences**. 2016. Vol. 9. №1-4. P.163 – 174.

17. Akhmetzyanov T.R. Impregnation of carbonate rock with bituminous compounds. II. Improvement of the Impregnation Material / F.M. Gumerov, M.I. Farakhov, V.F. Khayrutdinov, F.R. Gabitov, Z.I. Zaripov, I.Sh. Khabriyev, T.R. Akhmetzyanov // **American journal of analytical chemistry**. 2015. №6. P. 1004-1009.

18. Akhmetzyanov T.R. Impregnation of Crushed Stone with Bitumenous Compounds using Propane/Butane Impregnation Process Carried out in Supercritical Fluid Conditions / F.M. Gumerov, M.I. Farakhov, V.F. Khayrutdinov, F.R. Gabitov, Z.I. Zaripov, I.Sh. Khabriyev, T.R. Akhmetzyanov // **American journal of analytical chemistry**. 2014. №5. P. 945-956.

19. Ахметзянов Т.Р. Анализ современной литературы по пропитке щебня с использованием пропан-бутанового импрегнационного процесса, осуществляемого в сверхкритических флюидных условиях / Т.Р. Ахметзянов, Р.Ф. Габитов, И.Ш. Хабриев, Л.Ю. Яруллин, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // **Вестник технологического университета**. 2015. Т.18. №8. С.81-84.

***Тезисы докладов научных конференций:***

20. Ахметзянов Т.Р. Исследование фазового равновесия бинарной системы «нафталин – СКФ растворитель» / Т.Р. Ахметзянов, В.Ф. Хайрутдинов, И.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров // XV Российская конференция (с международным участием) по теплофизическим свойствам веществ (РКТС-15) и научная школа молодых учёных: сб. тез. докл. – Москва, 2018. С. 40.



21. Ахметзянов Т.Р. Увеличение функциональности дорожных материалов посредством сверхкритической флюидной импрегнации битуминозными соединениями / В.Ф. Хайрутдинов, Ф.М. Гумеров, М.И. Фарахов, Р.Ф. Габитов, З.И. Зарипов, И.Ш. Хабриев, Т.Р. Ахметзянов // VIII Научно-практическая конференция «Сверхкритические флюидные технологии: фундаментальные основы, технологии, инновации»: сб. тез.докл. – Зеленоградск, 2015. С.119-121.

22. Ахметзянов Т.Р. Сверхкритическая флюидная пропан-бутановая экстракционная обработка нефтяных шламов / Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов, В.Ф. Хайрутдинов, Т.Р. Ахметзянов // VII Всероссийская школа-конференция молодых учёных «Сверхкритические флюидные технологии в решении экологических проблем: создание перспективных материалов»: сб. тез.докл. – Архангельск, 2016. С.100-105.

23. Ахметзянов Т.Р. Утилизация нефтяных шламов с использованием жидкостной и сверхкритической флюидной экстракционных процессов с пропан – бутановым экстрагентом / Т.Р. Ахметзянов, В.Ф. Хайрутдинов, Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов, М.И. Фарахов // IX Научно-практическая конференция «Сверхкритические флюиды: фундаментальные основы, технологии, инновации»: сб. тез.докл. - Сочи, 2017.С.292-293. и др.

Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на следующих конференциях: Всероссийская научно-практическая конференция «Экология, ресурсосбережение и охрана окружающей среды на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки» (г. Нижнекамск, 2017); IV Всероссийская студенческая научно-техническая конференция «Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология», (г. Казань, 2015); V Всероссийская студенческая научно-техническая конференция «Интенсификация тепло и массообменных процессов, промышленная безопасность и экология» (г. Казань, 2018).

### **Научная специальность, которой соответствует диссертация.**

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в части пункта 7 – «Экспериментальные и теоретические исследования процессов совместного переноса тепла и массы в бинарных и многокомпонентных смесях веществ, включая химически реагирующие смеси», и в части пункта 9 – «Разработка научных основ и создание методов интенсификации процессов тепло- и массообмена и тепловой защиты».

Автореферат полностью отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Ахметзянова Т.Р. является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Ахметзянову Т.Р.; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора Ахметзянова Т.Р., актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: «Термодинамические основы процессов экстракции нефтяных шламов и импрегнации пористых материалов с использованием сред в сверхкритическом флюидном состоянии» содержит решение задачи, имеющей значение для оптимизации и масштабирования процессов экстракции и импрегнации. Диссертация соответствует требованиям ВАК РФ и может быть представлена к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Диссертация Ахметзянова Талгата Рафинатовича рассмотрена и обсуждена на расширенном заседании кафедры «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», состоявшемся «11» октября 2018 г., протокол № 3.

Принимали участие в голосовании 26 человек. Результаты голосования: «За» - 26 человек, «Против» - нет, «Воздержались» -нет, протокол № 3 от «11» октября 2018г.

Председатель заседания



подпись

д.т.н., зав. каф. ТОТ  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Секретарь



подпись

Ф.М. Гумеров  
к.т.н., доцент каф. ТОТ  
ФГБОУ ВО «КНИТУ»  
И.И. Гильмутдинов

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический»  
университет»:

420015, г. Казань, ул.К.Маркса, 68, <http://www.kstu.ru>.

8-(843) -231-42-11. [tot@kstu.ru](mailto:tot@kstu.ru)