

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

Пермского национального

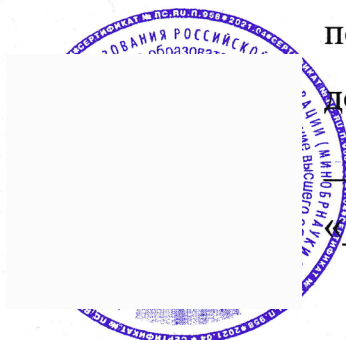
исследовательского

политехнического университета,

доктор физ.-мат. наук, доцент

Швейкин А.И.

31 » марта 2025 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Физико-химические основы технологии получения активированных углей с использованием продуктов коксования» выполнена на кафедре «Химия и биотехнология».

В период подготовки диссертации соискатель Першин Егор Александрович работал на кафедре «Химия и биотехнология» в должности ведущего инженера.

В 2020 году Першин Е.А. окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 19.04.01 «Биотехнология».

В 2024 году окончил аспирантуру очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский

политехнический университет» по направлению 18.06.01 Химическая технология (период обучения – «1» октября 2020 г. по «30» сентября 2024 г.).

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Ходяшев Николай Борисович, работает в должности заведующего кафедрой «Химия и биотехнология».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем: анализ литературных данных; планирование и проведение экспериментов, в частности определение технологических параметров процессов и получение образцов активированных углей, исследование их свойств; формирование предложений по внедрению новых сырьевых ресурсов в технологию получения активированных углей; обработка и обсуждение полученных результатов исследований; подготовка научных статей, патентов, тезисов докладов конференций; участие в конкурсах, симпозиумах и конференциях.

2. Научная новизна диссертационного исследования:

Разработаны физико-химические основы процесса переработки нефтяного кокса с повышенным содержанием летучих веществ в дробленые углеродные сорбенты путём проведения стадии карбонизации при температуре 800°C методом термического удара с последующей активацией в среде перегретого водяного пара при температуре 900°C, что позволяет получать микропористые активированные угли, обладающие объемом сорбционных пор 38-51% в суммарном объёме пор, который составляет 0,40-0,44 см³/г. Показано влияние сложного состава продуктов пиролиза нефтяного кокса на формирование пористой структуры дробленых активированных углей на его основе и установлена зависимость формирования объема сорбционного

пространства от концентрации неорганического модифицирующего агента – раствора ортофосфорной кислоты.

Разработано композиционное связующее для получения гранулированных активированных углей на основе коксохимической смолы, включающее в состав поверхностно-активное вещество неионогенного типа в количестве 1-5 масс. %. Установлена зависимость выхода карбонизованного полупродукта от содержания неионогенного поверхностно-активного вещества в составе связующего. Показана зависимость объемов сорбционных пор гранулированных активированных углей, полученных с использованием композиционного связующего, от технологических параметров проведения процесса активации.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований

Достоверность научных результатов обеспечивается использованием апробированных методов, применением в экспериментальных исследованиях аттестованного оборудования и поверенных средств измерения. Обоснованность и достоверность результатов научных положений подтверждается полнотой теоретических и практических исследований, их положительной оценкой на научных конференциях и публикацией результатов в ведущих научных журналах.

4. Практическая и теоретическая значимость диссертационного исследования

Теоретическая значимость работы заключается в установлении влияния термического модифицирования нефтяного кокса в процессе получения активированных углей на характеристики готового продукта, а также в установлении технологических параметров процесса получения активированных углей на основе нефтяного кокса; в установлении возможности улучшения реологических характеристик коксохимической смолы как связующего при получении гранулированных активированных углей путем

введения добавки поверхностно-активного вещества неионогенного типа, а также в определении влияния введенной добавки на характеристики гранулированных активированных углей на разных этапах их получения.

Практическая значимость заключается в расширении сырьевой базы и ассортимента выпускаемых активированных углей, улучшении свойств существующего сырья, установлении технологических параметров и разработке принципиальных схем процесса получения активированных углей на основе предложенного сырья с целью проектирования новых технологических линий на производстве углеродных сорбентов. Практическая значимость исследования подтверждается актом внедрения результатов на предприятии АО «Сорбент» и актом внедрения в учебный процесс ФГАОУ ВО ПНИПУ.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертационной работы Першина Егора Александровича опубликовано 18 научных работ, в том числе 3 в ведущих рецензируемых изданиях, из них 1 – в изданиях, индексируемых в международных базах цитирования Web of Science и Scopus. Основные положения и результаты работы отражены в следующих научных публикациях в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий, и в базы цитирования Web of Science, Scopus, а также в патентах:

1. Фарберова, Е.А. Исследование термических свойств нефтяного кокса в процессе получения активированных углей / Е.А. Фарберова, Е.А. Першин, А.С. Максимов, Н.Б. Ходяшев, С.А. Смирнов, К.Г. Кузьминых // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. – 2023. – Т. 66. - №6. – с. 102-110. (вклад автора 5 с. / 9 с.) (база Web of Science и Scopus)

В статье исследованы изменения структуры и свойств нефтяных коксов на разных стадиях получения активированных углей. Определен оптимальный режим проведения процесса первичной термической обработки (карбонизации) нефтяного кокса (режим термического удара при температуре 800°C в течение 1 ч.). Обоснована необходимость введения стадии предварительной химической модификации нефтяного кокса с целью улучшения характеристик пористой структуры активированного угля на его основе. Показано, что использование кислотной обработки исходного нефтяного кокса позволяет повысить удельную площадь поверхности и объем сорбционных пор активированных углей на его основе.

Личный вклад Першина Е.А. заключается в получении образцов активированных углей, определении параметров пористой структуры и определении функциональных групп полученных образцов, анализе полученных результатов, участии в подготовке текста статьи к публикации.

2. Першин, Е.А. Исследование возможности использования коксохимических смол как связующего при получении гранулированных активированных углей / Е.А. Першин, Е.А. Фарберова, А.С. Максимов, А.В. Долгих, А.Д. Чучалина, Н.Б. Ходяшев // Вестник технологического университета. – 2024. – Т. 27. – №6. – с. 70-74. (вклад автора 3 с. / 5 с.) (перечень ВАК)

Работа посвящена исследованию характеристик коксохимических смол и возможности их использования в качестве основного компонента связующего при получении гранулированных активированных углей. Показано, что коксохимические смолы представляют собой сложные смеси органических соединений, обладающие высокой динамической вязкостью. Авторами исследовано влияние введения добавок (поверхностно-активных веществ различного типа, а также дистиллированной воды) в состав коксохимической смолы на ее реологические характеристики. Установлено, что введение добавки

поверхностно-активного вещества неионогенного типа способствует снижению динамической вязкости коксохимических смол. Использование коксохимических смол в качестве связующего при получении гранулированных активированных углей позволяет получать высококачественные сорбенты, при этом введение добавки поверхностно-активного вещества неионогенного типа в состав связующего позволяет повысить характеристики пористого пространства гранулированных активированных углей.

При подготовке статьи Першиным Е.А. проведено получение образцов гранулированных активированных углей, а также выполнен анализ полученных образцов и сырья для их получения методами низкотемпературной адсорбции азота и качественной ИК-спектроскопии. Першин Е.А. принимал непосредственное участие при подготовке текста статьи к публикации.

3. Патент № 2799322 Российская Федерация, МПК C01B 32/33 (2017.01), C01B 32/336 (2017.01), C01B 32/342 (2017.01), B01J 20/20 (2006.01), C02F 1/28 (2006.01). Способ получения дробленого активированного угля : № 2022130011 : заявл. 18.11.2022 : опубл. 04.07.2023 / Е.А. Фарберова, Е.А. Першин, Е.А. Тиньгаева, М.В. Першина, В.А. Стрелков, А.С. Ширкунов, Н.Б. Ходяшев.

В патенте отражен способ получения дробленого активированного угля, который включает обработку нефтяного кокса неорганическим активатором, термообработку в инертной среде и активацию перегретым водяным паром. В качестве неорганического активирующего вещества используют раствор H_3PO_4 с концентрацией 1-10% масс. в массовом соотношении кокс:раствор кислоты, равном 1:2. Представленное изобретение позволяет получить сорбенты, имеющие сорбционную емкость по бензолу 140-210 мг/г сорбента, степень извлечения фенола из раствора с концентрацией 1 г/л более 99%, уменьшить количество жидких отходов и продолжительность процесса.

Вклад Першина Е.А. заключается в отработке технологических параметров процессов карбонизации и активации, получении образцов

дробленых активированных углей (включая стадию химического модифицирования) и исследовании параметров их пористой структуры, разработке формулы изобретения.

4. Патент № 2832065 Российская Федерация, МПК C01B 32/312 (2017.01), C01B 32/384 (2017.01). Способ получения гранулированного активированного угля : №2024109529 : заявл. 09.04.2024 : опубл. 18.12.2024 / **Е.А. Першин, Е.А. Фарберова, Н.Б. Ходяшев.**

В патенте отражен способ получения гранулированного активированного угля на основе каменного угля и композиционного связующего – коксохимической смолы с добавкой неионогенного поверхностно-активного вещества. Технический результат изобретения заключается в улучшении вязкостных характеристик связующего, облегчении процесса смешения углеродсодержащего материала и связующего, процесса формования гранул, получении гранулированного активированного угля с высокой прочностью и долей микропор в сорбционном объеме пор 88-95%.

Вклад Першина Е.А. заключается в подборе поверхностно-активных веществ и обосновании их введения в состав связующего, получении образцов гранулированных активированных углей на основе подобранных рецептур связующего, а также исследовании их характеристик пористой структуры, разработке формулы изобретения.

5. Стрелков, В.А. Исследование возможности использования нефтяного кокса в производстве дробленых углеродных сорбентов / В.А. Стрелков, **Е.А. Першин, Е.А. Фарберова, А.С. Ширкунов, В.Г. Рябов** // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2023. – Т.85. - №1(95). – с. 249-254 (вклад автора 3 с. / 6 с.) (перечень ВАК)

Работа посвящена исследованию возможности использования нефтяного кокса в качестве сырья при получении дробленых активированных углей. В работе показана необходимость проведения стадии карбонизации нефтяного

кокса в технологии получения активированных углей на его основе, что позволяет увеличить удельную площадь поверхности активированного угля в 2-3 раза.

При подготовке статьи Першиным Е.А. в соавторстве предложено проведение процесса карбонизации нефтяного кокса. Для полученных образцов активированных углей Першиным Е.А. проведено определение параметров пористой структуры и их влажности. Першин Е.А. принимал непосредственное участие при подготовке текста статьи к публикации.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Тема и содержание диссертационной работы соответствуют формуле специальности 2.6.7: технологические процессы получения неорганических продуктов: соли, кислоты и щелочи, минеральные удобрения, изотопы и высокочистые неорганические продукты, катализаторы, сорбенты, неорганические препараты (п. 1), способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, промежуточных и побочных продуктов, вторичных материальных ресурсов (отходов производства и потребления) в неорганические продукты (п. 4), свойства сырья и материалов, закономерности технологических процессов для разработки, технологических расчетов, проектирования и управления химико-технологическими процессами и производствами (п. 6).

7. Соответствие диссертационной работы требованиям, «Положения о присуждении ученых степеней», «Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ».

Диссертация Першина Егора Александровича отвечает требованиям п. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней» постановления Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, требованиям

«Порядка присуждения ученых степеней в ПНИПУ», предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Диссертация «Физико-химические основы технологии получения активированных углей с использованием продуктов коксования» Першина Егора Александровича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7 «Технология неорганических веществ».

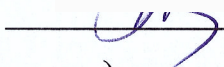
Заключение принято на заседании кафедры «Химия и биотехнология».

Присутствовало на заседании 17 чел. Результаты голосования: «за» - 17 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 7 от «25» марта 2025 г.

Зам. заведующего кафедрой

«Химия и биотехнология»

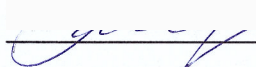
к.х.н., доцент


подпись / Л.С. Пан /
ФИО

Ученый секретарь кафедры

«Химия и биотехнология»

к.х.н., доцент


подпись / М.М. Соколова /
ФИО

Заключение подготовлено

25 марта 2025 г.


подпись / М.М. Соколова /
ФИО