

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12
по диссертации Першина Егора Александровича
на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

Диссертация «Физико-химические основы технологии получения активированных углей с использованием продуктов коксования» по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ принята к защите 26 июня 2025 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.12, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 27 января 2022 г. № 5-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Химия и биотехнология» в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Ходяшев Николай Борисович, заведующий кафедрой «Химия и биотехнология» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Милютин Виталий Витальевич, доктор химических наук, старший научный сотрудник, 02.00.14 – Радиохимия, заведующий лабораторией хроматографии радиоактивных элементов ФГБУН «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук» (ИФХЭ РАН);

Баннов Александр Георгиевич, доктор химических наук, доцент, 2.6.12 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ, профессор кафедры Химии и химической технологии ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»;

дали *положительные* отзывы диссертации.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)» - СПбГТИ(ТУ). Отзыв ведущей организации утвержден Шевчиком Андреем Павловичем, доктором технических наук, доцентом, ректором, заслушан на заседании кафедры Химической технологии материалов и изделий сорбционной техники (протокол №12 от 1 июля 2025 г.), подписан Самониным Вячеславом Викторовичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой Химической технологии материалов и изделий сорбционной техники; Григорьевой Людмилой Владимировной, кандидатом технических наук, доцентом кафедры Химической технологии материалов и изделий сорбционной техники. В отзыве указано, что диссертационная работа Першина Е.А. «Физико-химические основы технологии получения активированных углей с использованием продуктов коксования» представляет собой завершенную научную работу, в которой представлено научное обоснование возможности использования продуктов коксохимической переработки в качестве сырьевого источника при получении разных форм активированных углей; диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ (п.1, п.4, п.6), а ее автор Першин Егор Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обоснован их научными достижениями в области физико-химических основ технологии неорганических веществ, которые по предметной области соответствуют направлению диссертационного исследования соискателя; наличием достаточной квалификации для оценки научной и практической значимости, обоснованности и достоверности полученных выводов.

По теме диссертации соискателем опубликовано 3 научных труда, в том числе 1 – в издании, индексируемом в международных базах цитирования Web of Science, Scopus, 2– в ведущих рецензируемых изданиях, а также 2 патента РФ на изобретение. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

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 °С 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.

Результаты диссертационной работы прошли апробацию на 8 Международных и Всероссийских научно-практических конференциях и симпозиумах.

На диссертацию и автореферат поступило 5 отзывов, все отзывы положительные: **Казakov Дмитрий Александрович**, кандидат химических наук, доцент, ведущий научный сотрудник ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» в г. Перми; **Баширов Ильгиз Ильдусович**, кандидат технических наук, начальник производственно-диспетчерской службы ООО «Ачимгаз»; **Назаров Алексей Михайлович**, доктор химических наук, профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; **Залозная Лариса Анатольевна**, кандидат химических наук, руководитель научно-технической группы ООО «Зелинский групп»; **Савостьянов Александр Петрович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Химические технологии», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова».

В отзывах дана высокая оценка научного уровня диссертации Першина Егора Александровича, ее теоретической и практической значимости. Отмечено, что диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 2.6.7. Технология неорганических веществ, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны физико-химические основы процесса получения дробленых активированных углей на основе нефтяного кокса и гранулированных активированных углей с использованием коксохимических смол в качестве связующего;

определен оптимальный режим проведения процесса карбонизации нефтяного кокса;

доказана эффективность обработки нефтяного кокса раствором ортофосфорной кислоты, что позволяет повысить показатели пористой структуры дробленых активированных углей на основе нефтяного кокса в 1,3 раза;

установлено положительное влияние добавки неионогенного ПАВ в состав связующего для получения гранулированных активированных углей на основе коксохимических смол, позволяющее снизить динамическую

вязкость связующего на ~35% и повысить характеристики пористой структуры гранулированных активированных углей в 1,5-2,3 раз в зависимости от условий активации.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

установлена зависимость влияния термического модифицирования нефтяного кокса в процессе получения активированных углей на характеристики готового продукта;

определены технологические параметры процесса получения активированных углей на основе нефтяного кокса (карбонизация в режиме термического удара, активация перегретым водяным паром);

установлена возможность улучшения реологических характеристик коксохимической смолы как связующего при получении гранулированных активированных углей путем введения добавки поверхностно-активного вещества неионогенного типа;

отмечено влияние введенной добавки на характеристики гранулированных активированных углей на разных этапах их получения.

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

разработан способ получения дробленого активированного угля (патент РФ №2799322) путем обработки нефтяного кокса неорганическим активатором, термообработки в инертной среде и активации перегретым водяным паром;

создан способ получения гранулированного активированного угля (патент РФ №2832065) с использованием в качестве углеродсодержащего сырья каменного угля и связующего на основе коксохимической смолы с добавкой поверхностно-активного вещества неионогенного типа;

представлены технологические регламенты по получению укрупненных образцов активированных углей на основе продуктов коксования в условиях испытательного стенда АО «Сорбент».

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные работы проведены в лабораторных условиях с применением современных экспериментальных методов получения образцов активированных углей, изучения их характеристик с использованием методов низкотемпературной адсорбции-десорбции азота, синхронного термического анализа, пиролитической газовой хроматографии, электронной микроскопии, анализа реологических характеристик связующих;

идея базируется на анализе и обобщении отечественного и зарубежного опыта применения общепринятых стандартных методов исследования;

установлено, что результаты, полученные автором, согласуются с данными, представленными в современной научной литературе по данной тематике.

Личный вклад соискателя заключается в проведении экспериментальных и теоретических исследований, анализе, обработке и интерпретации полученных данных и их оформлении в виде научных

публикаций. Постановка задач исследований, программы работ, определение способов решения задач и обсуждение полученных результатов осуществлялись при непосредственном участии автора.

Диссертационный совет пришел к выводам о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 28.05.2024 № 27-О: в работе изложены и научно обоснованы физико-химические основы технологии получения активированных углей с использованием продуктов коксохимической переработки, внедрение которых вносит существенный вклад в развитие химической промышленности Российской Федерации.

На заседании 18 сентября 2025 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.12 принял решение присудить Першину Егору Александровичу ученую степень кандидата технических наук (протокол № 8 от 18 сентября 2025 г.).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 5 докторов наук по специальности защищаемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 14, против присуждения ученой степени – 0, воздержавшихся – 0.

Председатель

диссертационного совета Д ПНИПУ.05.12
доктор технических наук

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат технических наук

Рудакова Л.В.

Ильиных Г.В.

« 18 » сентябрь 20 25 г.