

Отзыв

официального оппонента на диссертационную работу Зо Е Наинг на тему «Ископаемые угли месторождений Мьянмы Калейва и Тижит, как источники сырья для технологии активных углей», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.7 – Технология неорганических вещества

Актуальность диссертационной работы.

Функционирующие многочисленные производства развивающейся экономики Мьянмы сопровождают разнообразные сбросы и выбросы, требующие глубокой очистки и обезвреживания, реализуемых в мировой практике с использованием преимущественно дорогостоящих и практически не производимых в стране активных углей. Оценка возможности и целесообразности переработки ископаемых углей двух наиболее доступных и эксплуатируемых месторождений Мьянмы в активные угли является весьма актуальной задачей, как для экологии, так и для экономики государства. Факт зависимости качества получаемых углеродных адсорбентов от вида и состава сырья широко известен и проведение систематизированных исследований состава и свойств углей, выявление условий их переработки и закономерностей зависимости изменения параметров получения адсорбентов от состава и свойств ископаемых углей является актуальной научной задачей, имеющей большое значение для экономики и экологии республики.

Целью работы является разработка теоретических положений и научно обоснованных технологических решений, ориентированных на обоснование реализации значимой для экономики Мьянмы проблемы организации производства на базе отечественных каменноугольных месторождений активных углей.

Степень разработанности темы. В доступных источниках научно-технической информации отсутствуют сведения об использовании ископаемых углей месторождений Мьянмы с целью получения на их основе адсорбентов. Наряду с этим широко известна принципиальная возможность такой переработки углей иных месторождений с получением целевых продуктов различного качества. В связи с этим автором диссертационной работы были поставлены и последовательно решены следующие **задачи исследования**:

- Анализ современного состояния вопросов термической переработки ископаемых углей с получением углеродных адсорбентов и использования активных углей в решении задач защиты биосферы.
- Исследование принципиальной пригодности ископаемых углей месторождений Калейва и Тиджит для указанной цели путем петрографических, термографических и химических исследований.
- Обоснование рациональных условий пиролиза названного сырья, его

химической активации и активации водяным паром целевых продуктов пиролиза с оценкой выхода и структурно-адсорбционных свойств получаемых материалов, сведением материальных балансов, выявлением состава побочных продуктов и направлений их использования.

- Выявление сопоставительной эффективности использования полученных углеродных адсорбентов в решении природоохранных задач.
- Примерная технико-экономическая оценка производства активных углей на базе ископаемых углей обоих месторождений.
- **Объекты исследований** – каменные угли месторождений Калейва и Тижит Республики Союз Мьянма, режимные и технологические параметры получения из них карбонизатов и адсорбентов на их основе для решения природоохранных задач, адсорбенты
- **Объем и структура работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений, изложена на 314 страницах машинописного текста, включающих 139 таблиц и 67 рисунков. Библиографический список представлен 306 наименованиями цитированных работ российских и зарубежных авторов.

Научная новизна. В работе в соответствии с паспортом научной специальности 2.6.7. «Технология неорганических веществ» впервые:

- результатами химических, петрографических и термических исследований внесен вклад в область научных знаний об ископаемых углях путем оценки характеристик углей месторождений Калейва и Тиджит, свидетельствующий о целесообразности их исследования в качестве сырья для получения углеродных адсорбентов,

- с привлечением термографического анализа в защитной и окислительной атмосферах установлены целесообразные пределы исследования термического воздействия на названное сырьё и науглероженные продукты его пиролиза при пиролизе названных ископаемых и активации его целевых продуктов водяным паром в атмосфере продуктов их деструкции,

- выявлены закономерности влияния сырьевых факторов и управляющих процессами пиролиза ископаемых углей названных месторождений параметров (интенсивности нагревания, предельной температуры и длительности изотермической обработки при ней), их химической активации (с использованием NaOH , KOH , ZnCl_2 , K_2CO_3) и активации продуктов пиролиза водяным паром на выход и структурно-адсорбционные свойства целевых продуктов,

- обоснованы условия получения активных углей химической активации с KOH и паровой активации на базе ископаемых углей месторождений Калейва и Тиджит, превосходящих известные аналоги в глубине очистки воды (в том числе

питьевой) от фенола и этилбензола, соответственно,

- совокупностью полученных результатов выявлены рациональные сочетания значений параметров, управляющих названными термическими переделами, с показателями выхода и структурно-адсорбционных свойств их целевых продуктов,

- установлены кинетические зависимости эффективности извлечения органических примесей полученными активными углями из производственных стоков от их дозы (применительно к многокомпонентным сточным водам выпуска № 1 АО «Москокс») и фиксации ими плавающих пленок дизельного топлива,

- оценены кинетические и равновесные характеристики процессов использования полученных активных углей при извлечении из воздушных потоков паров летучих органических растворителей (на примере н-бутанола).

итоги выполненных исследований свидетельствуют о расширении научных представлений о переработке ископаемых углей на углеродные адсорбенты и потенциально увеличена номенклатура активных углей.

Теоретическая и практическая значимость. В работе впервые:

- установлен характер влияния использованного сырья на режимные параметры операций его пиролиза, химической активации и активации водяным паром продуктов пиролиза,

- обоснованы целесообразные условия реализации названных операций, обеспечивающие рациональные сочетания выхода и структурно-адсорбционных свойств целевых продуктов,

- оценены тестированные показатели пористой структуры, поглощательных свойств и технических характеристик полученных адсорбентов, свидетельствующие наряду с результатами их прикладного использования о вероятной конкурентоспособности данных поглотителей,

- для активных углей, полученных на базе ископаемых углей обоих месторождений, осуществлена ориентировочная технико-экономическая оценка себестоимости их производства при производительности 50 т в год по целевому продукту,

- показана принципиальная возможность и целесообразность реализации в условиях Мьянмы разработанных технологий, в перспективе способных обеспечить национальные потребности и расширить номенклатуру активных углей на мировом рынке.

Личный вклад автора. Автору принадлежит идея выполнения исследования и частично обсужденных с консультантом его основных направлений. Им лично смонтированы необходимые лабораторные установки, выполнен большой объем разноплановых экспериментальных исследований, систематизированы, обсуждены и обработаны полученные результаты, ансамбль которых доведен до сведения научной общественности путем участия в конференциях различного уровня и самостоятельной подготовки научных статей,

опубликованных в соавторстве в специализированных изданиях.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. результаты химических, петрографических и термографических исследований сырья, ориентированных на теоретическое обоснование целесообразности его использования для получения углеродных адсорбентов, способы и последовательность технологических операций и процессов переработки сырья, оценку областей температурного воздействия на него при пиролизе и активации паром,

2. экспериментально обоснованные условия и закономерности реализации процессов пиролиза сырья, его химической активации и активации водяным паром карбонизированных продуктов пиролиза, обеспечивающие рациональное сочетание выхода и структурно-адсорбционных свойств целевых продуктов,

3. технические и поглотительные свойства полученных целевых продуктов, характеризующие их в качестве в отдельных случаях уникальных адсорбентов,

4. сопоставительные оценки эффективности использования полученных адсорбентов в процессах очистки производственных стоков и технологических растворов от органических примесей, фиксации пленочных разливов дизельного топлива на поверхности воды и извлечения паров летучих органических растворителей из их смесей с воздухом,

5. принципиальная аппаратурно-технологическая схема производства 50 т в год активных углей в условиях Мьянмы из названного сырья и итоги примерной оценки себестоимости их получения.

Содержание диссертационной работы.

Во введении автором обоснованы актуальность темы диссертации, формулируется цель, задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы.

В первой главе приведен аналитический обзор исследований, опубликованных в научно-технических источниках, относящихся к ископаемым углям, их структуре и свойствам, к активным углям, способам их применения. Рассматриваются природоохранные проблемы Мьянмы, которые требуют применения углеродных адсорбентов. В конце этого раздела сформулированы выводы по литературному обзору, представлены задачи диссертационной работы.

Во второй главе подробно изложена методология проведения исследований, описаны опытные установки для термической обработки ископаемых углей, паровой и химической активации карбонизата, охарактеризованы аналитические методы исследования исходных углей и полученных материалов, особенностей пористой структуры, адсорбционных характеристик с указанием использованных методик и приборов, обеспечивающих точность и надежность полученных результатов.

В третьей главе представлена оценка эффективности термической переработки ископаемых углей месторождений Мьянмы с последующей парогазовой и химической активацией. На основании исследования химического

состава и свойств ископаемых углей экспериментально обоснованы условия их пиролитической и химической переработки с получением карбонизатов и продуктов их термохимической переработки с получением активных углей (адсорбентов) различной пористой структуры, с различной структурой и широкой номенклатурой применения в зависимости от суммарного объема пор и адсорбционной активности по отношению к парам воды, четыреххлористому углероду, бензолу, иоду, метиленовому голубому. В этом разделе работы автором представлено систематизированное исследование последовательной постадийной переработки ископаемых углей месторождений Калейва и Тиджит в активные угли. Исследованы условия пиролиза, образования карбонизатов, жидких и газовых продуктов пиролиза, их состав и свойства, балансы процессов карбонизации. Выявлено влияние параметров процессов пиролиза исходных углей, их химической активации и активации водяным паром целевых продуктов его пиролиза (карбонизованного продукта) на выход и структурно-адсорбционные свойства получаемых углеродных адсорбентов. Подробно охарактеризованы твердые, жидкие и газообразные продукты пиролиза, химической активации различными реагентами и активации водяным паром. Определены физико-химические характеристики полученных углеродных адсорбентов, конденсатов и неконденсирующихся газов, образующихся в ходе термохимических процессов получения адсорбентов. Представлены рекомендации по возможным направлениям использования не только целевых, но и побочных продуктов процессов.

В четвертой главе диссертационной работы представлена оценка эффективности полученных адсорбентов в решении природоохранных задач. Исследованы очистка производственных сбросов от растворенных загрязнений органической природы, фиксация пленочных разливов на зеркале воды дизельного топлива и извлечения из воздушных выбросов паров летучих органических растворителей. Результаты исследования карбонизатов и адсорбентов на их основе в качестве активных углей при поглощении этилбензола, фенола, остатков нефтяных продуктов, свидетельствуют об их конкурентоспособности в процессах в сравнении с коммерческими активными углями. Показана возможность циклического использования карбонизатов и активных углей при фиксации разливов с возвратом в производство собранных продуктов.

В главе 5 автором на основании проведенного комплексного исследования технологических стадий процессов переработки ископаемых углей месторождений Мьянмы Калейва и Тиджит и полученных из них активных углей предлагается пооперационная технологическая схема производства активных углей путем химической активации с КОН, включающая ее аппаратное оформление. Для разработанной принципиальной схемы выполнен оценочный расчет себестоимости проектируемого производства активного угля 50 т в год с конкурентоспособной ценой.

В заключении представлены выводы по наиболее значимым результатам работы.

Достоверность полученных автором результатов не вызывает сомнений, подтверждается использованием сертифицированных приборов и методик анализа, точностью воспроизведения показателей качества продуктов.

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях

Основные положения диссертации получили полное отражение в 36 печатных работах, в том числе в 12 статьях в журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus, Web of Science, GeoRef, Chemical Abstracts, Springer. Результаты научного исследования подтверждены участием на научных мероприятиях: опубликовано 22 работы в материалах всероссийских и международных конференций. Получено 2 патента РФ.

Автореферат соответствует всем предъявляемым требованиям ВАК, отражает содержание диссертационной работы. Работа логично построена, четко изложена, основные ее научные положения и выводы аргументированы и не вызывают возражений.

Однако имеются также замечания к работе.

1. В работе при характеристике ископаемых углей – объектов исследования довольно много внимания уделено их петрографическому составу. Однако, не указано, какую роль именно петрографический состав играет в обосновании режимов переработки углей в карбонизат и активный уголь.
2. В обширном аналитическом обзоре публикаций по теме диссертационной работы приводятся сведения о применении активных углей для очистки газовых сред. Есть ли у автора диссертации сведения о пригодности для этих целей разработанных им активных углей, или карбонизатов.
3. При характеристике пористости активных углей автор определяет объем пор, но не их распределение по размерам, а это важно для оценки их применимости для очистки от примесей газов и жидких сред.
4. Не понятен термин «относительное время активации», как измеряется или вычисляется? В каких единицах измеряется?
5. В тексте автореферата встречаются неточности в описании работы. Например, на стр.9 реферата исследования, описанные в 3-й главе, отнесены ко 2-й главе., имеются слияния слов, ошибки в орфографии. Много опечаток и ошибок также в тексте диссертации.
6. На стр.117 диссертации есть ссылки на рис.16 и 2.3., однако сами рисунки отсутствуют. На стр.160 рис.30 (хроматограмма не читается, как и рис.33, 34 на стр. 167,168.

Сделанные замечания не снижают общей ценности диссертационной работы.

В целом диссертация Зо Е Наинг выполнена на высоком научном уровне представляет собой завершенное самостоятельное исследование, которое посвящено актуальной для республики Мьянма проблеме создания технологии активных углей из собственного сырья – ископаемых углей.

Диссертантом выполнен большой объем систематизированных исследований, позволивших выявить физико-химические закономерности при исследовании процессов пиролизических и активационных процессов, установить режимные параметры технологии и получить ценные продукты, убедительно продемонстрировать их активность при поглощении органических примесей из промышленных стоков. Разработанная принципиальная технологическая схема, предлагаемое ее аппаратное оформление имеет практическую значимость для реализации промышленного производства активных углей из ископаемых углей республики месторождений Калейва и Тижит Республики Союз Мьянма

Диссертация соответствует требованиям, предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химикотехнологический университет имени Д.И. Менделеева», утвержденного приказом ректора № 1030Д от 14 сентября 2023 г., а ее автор - Зо Е Наинг - заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по научной специальности 2.6.7 Технология неорганических веществ.

**Ведущий научный сотрудник
Университета науки и технологий МИСИС,
доктор технических наук,**



Бейлина Наталия Юрьевна

09 июня 2025 г.

Адрес: Ленинский проспект, д.4, 119049, г. Москва

Телефон (рабочий): +7 916 609-13-54

Адрес электронной почты: beilinan@mail.ru

Подпись Бейлиной Наталии Юрьевны заверяю:

ПОДПИСЬ
Проректор по
и общим вопро
НИТУ МИСИС

