



УТВЕРЖДАЮ:

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР
ИМ. АКАДЕМИКА Н.В. МЕЛЬНИКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИПКОН РАН)

Директор ФГБУН ИПКОН РАН
академик РАН, профессор,
доктор технических наук



В.Н. Захаров

111020, Москва, Е-20, Крюковский тупик, д. 4
Тел.: +7 (495) 360-89-60, E-mail: ipkon-dir@ipkonran.ru
www.ipkonran.ru, www.ipkonran.ru
ИНН 7722013467, КПП 772201001

__ноября__ 2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации по диссертационной работе Соловьёва Тускула Михайловича
"Композитные топливные брикеты на основе бурых углей
Кангаласского месторождения и древесных отходов",
представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 2.6.12 "Химическая технология топлива
и высокоэнергетических веществ"

Представленная на отзыв диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, заключения; содержит 30 рисунков, 18 таблиц, список использованных источников из 127 наименований, 2 приложения, изложена на 137 страницах.

Актуальность темы работы несомненна и обусловлена, с одной стороны, возрастающей потребностью в высококалорийном топливе для коммунально-бытовых нужд; с другой стороны, необходимостью улучшения потребительских свойств добываемых бурых углей. Очевидно, что для получения из углей бытового топлива, соответствующего требованиям потребителей, целесообразно применение таких эффективных процессов, как брикетирование. Это соответствует "Программе развития угольной промышленности России на период до 2035 года", предусматривающей (раздел IV, пункт 3) "...создание территориальных комплексов (кластеров) по производству из угля термококса, бездымного топлива, брикетов и аналогичных продуктов, обеспечивающих облагораживание угля с низкой калорийностью...". Известно, что одним из перспективных направлений совершенствования процесса брикетирования углей является развитие способов, не предусматривающих применение связующего, поскольку это позволяет снизить

себестоимость брикетов, а также уменьшить загрязнение окружающей среды продуктами их сжигания.

Цель настоящей работы заключается в научном обосновании и разработке технологии изготовления топливных брикетов на основе бурого угля Кангаласского месторождения и древесных отходов, в качестве которых рассматриваются опилки от переработки сосны. Брикетирование без связующего материала представляется вполне логичным способом переработки бурых углей со сравнительно низкой степенью метаморфизма. Добавление отходов переработки древесины весьма важно также с экономической и экологической точек зрения как рациональное направление использования техногенного сырья.

В первой главе соискатель рассматривает состояние угольной промышленности Якутии, современные способы брикетирования углей и теоретические представления о механизмах этого процесса. На основании выполненного анализа показана целесообразность повышения качества добываемых в Якутии бурых углей для получения топлива, соответствующего требованиям потребителей. Показано, что принципиальная возможность получения брикетов без связующего обоснована тем, что бурые угли приобретают пластические свойства при нагревании, в определённом интервале значений температуры и давления. Рассмотрены закономерности процессов брикетирования с применением и без применения связующих веществ.

Во второй главе приведены методики экспериментальных исследований, включая: определение влажности, теплоты сгорания, элементного и петрографического составов углей; термический анализ углей; исследование вязкоупругих свойств древесины; определение характеристик брикетов. Эти методики являются современными, и обеспечивают получение комплекса данных, необходимых для выполнения задач настоящего исследования.

В третьей главе изучены свойства объектов исследования. Комплексный анализ бурых углей Кангаласского месторождения показал, что угли пластов "Нижний" и "Верхний" по составу и свойствам существенно не различаются. В то же время угли пласта "Нижний" характеризуются более высокой термической устойчивостью, и поэтому были выбраны в качестве сырья для получения брикетов. На основании анализа данных по элементному составу исследованных углей был

сделан вывод об отсутствии в них повышенных концентраций потенциально опасных элементов, способных загрязнять окружающую среду в процессе сжигания.

Также было выполнено исследование свойств древесного сырья. На примере опилок древесины сосны было показано, что пластичность этого материала имеет существенное значение в интервале температур от 80 до 200°C, причем для влажной древесины пластичность выражена сильнее, чем для сухой.

В четвёртой главе представлены результаты экспериментальных исследований по получению брикетов. Изучено влияние состава исходной смеси, температуры и давления прессования на теплотворную способность, прочность получаемых брикетов. Было установлено, что с увеличением массовой доли древесного сырья от 0 до 10 % прочность брикетов возрастает примерно в 2,3 раза. Показано, что наибольшая прочность брикетов достигается при следующих условиях прессования: давление 150-200 МПа, температура порядка 100°C, влажность угля 8-12 %.

На основании полученных экспериментальных данных была разработана технологическая схема брикетирования, включающая подготовку сырья, перемешивание бурого угля с отходами переработки древесины, прессование и охлаждение полученных брикетов. Также был разработан нормативно-технический документ "Технические условия. Брикеты из углей бурых Кангаласских. ТУ 19.30.12-001-03534081980004-2019".

В пятой главе изучены свойства полученных брикетов с массовой долей отходов переработки древесины от 5 до 15 %, включая теплотворную способность, прочность, влажность при различных условиях хранения. Приведенные значения низшей теплоты сгорания (до 21 МДж/кг) вполне приемлемы для использования полученных брикетов в качестве бытового топлива. Также обосновано применение нефтяного шлама в качестве добавки к брикетам для повышения их водостойкости.

Научная новизна работы.

- Получены новые данные по составу и свойствам углей Кангаласского месторождения, пластов "Верхний" и "Нижний" для их использования в качестве сырья для получения брикетов угля.
- На основании результатов комплексных исследований вещественного состава, дериватографических и структурно-механических характеристик бурых углей и

древесного сырья получены зависимости свойств бурых углей, древесины и композитных брикетов от давления прессования, температуры и соотношения этих компонентов. По этим данным обоснован выбор отходов переработки древесины сосны в качестве компонента смеси для брикетирования бурых углей Кангаласского месторождения без применения связующих веществ.

- На основании полученных экспериментальных зависимостей определены параметры процесса брикетирования бурых углей, включая: массовую долю отходов переработки древесины (10-15 %); интервалы значений температуры ($100 \pm 5^\circ\text{C}$), давления (150-200 МПа).

- Обосновано повышение водостойкости брикетов за счёт добавления к смеси для брикетирования нефтяного шлама, увеличивающего гидрофобность получаемых брикетов.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается: корректностью поставленных задач; применением современных методов экспериментальных исследований; значительным объёмом экспериментальных данных; хорошей сходимостью и воспроизводимостью результатов экспериментальных исследований; непротиворечивостью между данными экспериментов и теорией.

Значимость для науки и производства.

Соискателем обоснована концепция брикетирования бурых углей без связующего за счёт пластических свойств смеси углей с отходами переработки древесины сосны. Это создает возможности для разработки технологий производства брикетов из бурых углей разных месторождений и добавок различного природного и техногенного сырья, обеспечивающих повышение теплотворной способности углей и придающих пластические свойства брикетируемой массе при нагревании. Это, в свою очередь, может существенно расширить сырьевую базу для производства брикетов, и тем самым способствовать увеличению предложения высококачественного топлива для коммунально-бытовых нужд. Для районов, в которых отсутствует снабжение природным газом, это весьма существенно и будет способствовать решению проблемы обеспечения топливом. Предлагаемый состав брикетов обеспечивает относительно небольшое количество вредных выбросов в атмосферу при их сгорании, по сравнению с брикетами, изготовленными с применением связующих веществ. Также на основании результатов, полученных

соискателем, был разработан и утвержден нормативный документ "Технические условия. Брикеты из углей бурых Кангаласских. ТУ 19.30.12-001-03534081980004-2019".

Полученные результаты соответствуют современному уровню развития науки. Это подтверждается тем, что концепция работы и полученные данные не противоречат сведениям, известным из отечественной и зарубежной литературы по брикетированию бурых углей, но в то же время развивают и дополняют информацию о брикетировании без связующего с применением отходов переработки древесины в отношении выбора компонентов, режима брикетирования и свойств получаемых брикетов.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы.

Представляется целесообразным использование результатов работы для разработки технологий брикетирования бурых углей других бассейнов, например, Канско-Ачинского, в особенности таких марок, как Б1 и Б2. Возможность брикетирования углей марки Б3 без связующего требует дополнительной экспериментальной проверки. Исследования по тематике настоящей работы могут быть продолжены в организациях, выполняющих исследования по специальности 2.6.12 "Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ", например, в НИТУ "МИСиС", РХТУ им. Д.И. Менделеева; возможно, в ИПКОН РАН, Институте угля и углехимии СО РАН.

Замечания по диссертационной работе.

- 1) Формулируя п. 3 научной новизны работы (введение, с. 6 диссертации), автор утверждает, что "Основная стадия термохимической деструкции брикетов протекает при более низких температурах, по сравнению с бурым углем и смесью угля и древесины". Желательно подкрепить это утверждение конкретными численными данными и объяснить причину этого эффекта с химической точки зрения.
- 2) На с. 22 диссертации (подраздел 1.4) при рассмотрении механизмов формирования брикетов автор утверждает, что "Коллоидная теория дополняет гуминово-кислотную и капиллярную теории, и рассматривает угольные частицы в виде коллоидных гелей...". Это утверждение не вполне ясно и требует уточнения.
- 3) В качестве добавки к бурому углю для брикетирования автор предлагает древесину сосны (подраздел 3.2), причем не указано, была ли использована

древесина с удаленной смолой или нет. Неясно, будет ли разница в действии между образцами древесины с естественным содержанием смолы и образцами с частичным удалением смолы.

4) В подразделе 3.2 (рисунки 13 и 14) приведены результаты исследований структурно-механических свойств образцов древесины сосны: "сухих" и "увлажнённых". В связи с этим было бы желательно привести значения влажности исследованных образцов, поскольку неясно, как влияет влажность на их структурно-механические свойства.

5) Известно, что угли марки БЗ, как правило, брикетируют с применением связующих веществ. Поэтому было бы целесообразно более подробно объяснить, чем обусловлена возможность брикетирования без связующего углей этой марки Кангаласского месторождения.

6) Представляется не вполне корректным использование термина "фракционный состав" для классов углей по крупности. Правильнее использовать термин "гранулометрический состав".

7) Нумерация рисунков и таблиц в работе – сквозная. Правильнее применить нумерацию по разделам.

8) В автореферате отсутствуют сведения о месте и времени защиты, официальных оппонентах и ведущей организации.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку работы.

Основные её положения раскрыты в 19 научных работах, включая: 1 статью в журнале, индексируемом в базе данных Web of Science и 5 статей в журналах – Scopus, а также 1 патент РФ.

Содержание работы соответствует паспорту специальности 2.6.12 "Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ" (п. 8). Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертационной работы.

Диссертация Т.М. Соловьёва является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные технологические решения и разработки, имеющие существенное значение для развития угольной отрасли страны. Работа соответствует требованиям пп. 9-14 "Положения о порядке присуждения учёных степеней" (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям.

Автор работы Соловьёв Тускул Михайлович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.6.12 "Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ".

Настоящая работа обсуждалась на расширенном научном семинаре отдела № 4 "Проблем комплексного извлечения минеральных компонентов из природного и техногенного сырья" и отдела № 6 "Горной экологии" ИПКОН РАН 01 ноября 2022 г. (протокол № 3).

Главный научный сотрудник,
заведующий лабораторией 4.2
"Комплексная переработка
нетрадиционного минерального сырья"
ИПКОН РАН, доктор технических наук


А.А. Лавриненко

Ведущий научный сотрудник лаборатории 4.2
"Комплексная переработка
нетрадиционного минерального сырья"
ИПКОН РАН, доктор технических наук


Г.Ю. Гольберг

Подписи А.А. Лавриненко и Г.Ю. Гольберга заверяю:
Учёный секретарь ИПКОН РАН, д.т.н.



В.С. Федотенко

Сведения о ведущей организации

1.	Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук"
2.	Сокращённое наименование	ИПКОН РАН
3.	Ведомственная принадлежность	Министерство науки и высшего образования РФ
4.	Место нахождения	Г. Москва
5.	Почтовый адрес организации с указанием индекса	111020, Россия, Москва, Крюковский тупик, 4
6.	Телефон с указанием кода города	8-495-360-89-60
7.	Адрес электронной почты	ipkon-dir@ipkonran.ru
8.	Адрес официального сайта в сети «Интернет»	www.ipkonran.ru
9.	Руководитель организации	Захаров Валерий Николаевич
10.	Уполномоченный	Матвеева Тамара Николаевна
11.	Должность	Заместитель директора по научной работе
12.	Учёная степень	Доктор технических наук
13.	Учёное звание	-
14.	Список основных публикаций работников ведущей организации по тематике диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет (не более 15 публикаций)	<p>1) Бобин В.А., Грабский А.А., Грабская Е.П. Особенности и перспективы технологии образования метана при механохимической трансформации бахромы угольного вещества // Уголь. – 2022, № 2 (1151). – С. 10-13.</p> <p>2) Забурдяев В.С. Газопроницаемость угольных массивов // Безопасность труда в промышленности. – 2021, № 12. – С. 13-17.</p> <p>3) Ульянова Е.В., Малинникова О.Н., Пашичев Б.Н. Неоднородность микроструктуры угольного вещества и склонность шахтопластов к опасным явлениям // Углекислотная и экология Кузбасса. Сборник тезисов докладов, 2020. – С. 62.</p> <p>4) Романченко С.Б., Трубицын А.А., Кубрин С.С. Проблемы определения фактической плотности угольных частиц в процессах витания и седиментации // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. – 2020, № 1. – С. 6-14.</p> <p>5) Ульянова Е.В., Малинникова О.Н., Пашичев Б.Н. Влияние неоднородности структуры угля на особенности его термического разложения // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2020, № 2. – С. 71-81.</p> <p>6) Ульянова Е.В., Малинникова О.Н., Пашичев Б.Н.,</p>

	<p>Долгова М.О. Связь включений железа и серы в ископаемых углях с их склонностью к газодинамическим явлениям // Химия твердого топлива. – 2020, № 2. – С. 50-54.</p> <p>7) Лавриненко А.А., Попов Е.М. Исследование полимолекулярного состава технических лигносульфонатов в качестве связующих для брикетирования угольной мелочи // Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья: Материалы XXIV Международной научно-технической конференции, проводимой в рамках XVII Уральской горнопромышленной декады, Екатеринбург, 09-12 апреля 2019 г. – Екатеринбург: Форт Диалог-Исеть, 2019. – С. 122-125.</p> <p>8) Лавриненко А.А., Попов Е.М. Обоснование экологичности применения антрацитовых штыбов для производства топливных брикетов // Проблемы и перспективы эффективной переработки минерального сырья в 21 веке (Плаксинские чтения – 2019): Материалы Международного совещания. Иркутск, 9-14 сентября 2019 г. С. 399-402.</p> <p>9) Попов Е.М., Лавриненко А.А. Брикетирование мелких классов антрацитов с использованием модифицированного лигносульфоната в качестве связующего // Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых: 14 Международная научная школа молодых ученых и специалистов, Москва, 28 октября-01 ноября 2019 г. – М.: ИПКОН РАН, 2019. – С. 306-310.</p> <p>10) Лавриненко А.А., Попов Е.М. Разработка комплексного полимерного связующего для брикетирования антрацитовых штыбов и шламов // Обогащение руд. – 2019, № 4. – С. 49-53.</p> <p>11) Лавриненко А.А., Гольберг Г.Ю., Лусинян О.Г., Кузнецова И.Н. Разработка технологической схемы пневматического обогащения высокосольного угля марки "Д" // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019, № 3. – С. 199-209.</p>
--	--