

АННОТАЦИЯ

Диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности «6D060700 – Биология»

Тастамбек Куаныш Талгатовича

Микробиологические аспекты получения энергоэффективного топлива на основе бурых углей

Общая характеристика работы. В диссертации рассмотрены основные аспекты процесса биологической переработки бурого угля (лигнитов) с месторождений Казахстана активными штаммами микроорганизмов с целью повышения энерготехнологических и экологических показателей.

Актуальность темы исследования. Весьма прогрессивным направлением устойчивого использования бурых углей является их биопереработка для производства энергетических ресурсов разного назначения.

Казахстан входит в десятку стран, на территории которых находятся самые большие залежи угля в мире. В общих запасах углей в Казахстане бурые угли составляют не менее 62% (более 24 млрд. т). Бурые угли характеризуются низкими значениями теплоты сгорания (около 26 МДж/кг), высокой влажностью (до 40%), низким содержанием углерода (около 60%) и водорода (около 6%), высоким – кислорода (17-34%), большим количеством летучих веществ (до 50%). Кроме того, они механически недостаточно прочны, на воздухе быстро теряют влагу, размельчаются и превращаются в обломочные, рыхлые породы. По этим причинам они менее пригодны для энергетического использования. При добыче, бурые угли выбрасываются в отвалы, где постепенно образуются терриконы, высота которых достигает 70-120 м и каждый из них вмещает до 2500 тыс. м³ породы с ежегодным большим пополнением. Эти терриконы занимая огромные земельные участки, приводят к интенсивному газопылевому загрязнению атмосферы и ухудшению плодородия земель. Разработка угольных месторождений негативно влияет на гидродинамический режим и на баланс подземных вод. При этом потенциальные ресурсы не только безвозвратно теряются, но и губят обитателей наземной и водной экосистем.

Текущая экологическая ситуация в отдельных странах предполагает необходимость строгих требований к качеству коммунального и промышленного топлива. Кроме того, топливо должно иметь низкое содержание серы, низкие выбросы дыма и золы, а также требуемый гранулометрический состав. Поэтому важно найти и внедрить современные экологические и экономические способы увеличения ресурсов топлива улучшенного качества.

Биологические процессы переработки угля, в том числе, их трансформация и конверсия должны быть направлены на получение из него

различных твердых, жидких и газообразных видов топлива и продуктов, а также на улучшение его технико-потребительских характеристик. При разработке биотехнологических подходов используют различные группы бактерий и грибов. Причем, процессы могут быть выполнены как в мезофильном, так и термофильном режимах в присутствии кислорода.

Растворение угля и его деполимеризация происходят быстро, когда уголь подвергается воздействию микроорганизмов. В дополнение к структурным модификациям, описанным выше, ряд бактерий может расти на угле, используя части подвижной фазы, которая представляет собой сложную смесь ароматических соединений с низким молекулярным весом. Более того, некоторые бактерии могут использовать алифатические соединения, такие как парафин, в качестве единственного источника углерода. В настоящее время нет информации о точной природе этих органических соединений, но исследования с использованием моделей с низким молекулярным весом показывают, что они содержат фенолы, бензойные кислоты, бифенилы и дифениловые эфиры, а также различные циклоалканы и n-алканы. Остаточная целлюлоза и гемицеллюлоза (например, ксилитол, сохраняющий структуру древесины), обнаруженные в некоторых углях, могут быть дополнительными источниками углерода для микроорганизмов. Кроме того, добавление минеральных растворов (N, P, S, ионов металлов или минеральных солей), стимулирует рост микробов.

Особый интерес в развитии сырьевой базы для производства окускованных видов угольного топлива уделяется бурым углям группы Б2-Б3, в связи с постоянным ростом их добычи. Интенсивность их применения определяется тем, что они добываются, в основном, открытым, т.е. наиболее дешевым, путем. Однако, эти угли отличаются высоким содержанием золы и влаги, характеризуются низкой теплотой сгорания, быстро разрушаются при хранении и не подлежат транспортировке. Расширение возможностей использования и увеличения объемов перевозок бурых углей может быть осуществлено модификацией свойств этих углей способом биотехнологического облагораживания, в частности, брикетированием. Основными причинами, определяющими необходимость и целесообразность получения брикетированного твердого топлива из казахстанских бурых углей, являются их относительная влажность, низкая зольность, возможность самовозгорания при хранении и значительные потери при транспортировке.

Дефицит сортового топлива на сегодняшний день является одной из важнейших проблем современности. Это в большинстве случаев приводит к вынужденному сжиганию в топках со слоевым сжиганием рядовых и небогатенных углей с высоким содержанием штыба и мелочи, что способствует существенному снижению теплового коэффициента печей и, следовательно, к непроизводительным потерям тепловой энергии топлива. Поэтому разработка наиболее современных и эффективных путей увеличения ресурсов улучшенного сортового угольного топлива и последующая реализация этих результатов имеет большое научно-экономическое значение.

Технология получения бездымного твердого топлива из бурых углей различных классов не получила промышленной реализации из-за отсутствия качественного связующего агента для брикетирования, а также высокой зольности и низкой теплоты сгорания. В связи с указанными обстоятельствами, разработка технологии получения брикетированного бездымного топлива из бурых углей месторождений Казахстана является актуальной. Учитывая, что в Казахстане значительная часть населения проживает в поселках и селах, проблема производства экологически чистых и безопасных топливных брикетов для коммунально-бытового потребления приобретает широкий энергетический и экологический смысл. Так как твердое топливо является экологически безопасным продуктом и горит почти бездымно, оно идеально подходит для обогрева разных помещений, включая производственные и служебно-бытовые площади (теплицы, парники, палатки, бани, бассейны, овощные ямы, утепленные грунты).

По перечисленным причинам, изучение взаимодействия бурых углей с микроорганизмами и поиск путей создания новых эффективных технологий для производства твердого топлива, в особенности, бездымного, является своевременным решением актуальной проблемы.

Цель исследовательской работы: Изучение биологических основ взаимодействия микроорганизмов с бурым углём месторождений Казахстана и разработка способов получения бездымного топлива на их основе.

Задачи исследовательской работы:

1. Изучение физических, химических, механических и термических свойств бурых углей месторождении Ленгера и Ойкарагай.
2. Определение таксономического состава и количества микробных сообществ лигнита, а также изучение их физиологических и биохимических характеристик.
3. Изучение физико-химических свойств биомодифицированной угольной суспензии, используемой в качестве сырья при производстве топливных брикетов из бурых углей.
4. Исследование технологических и конструктивных параметров производства биомодификаторов для брикетирования.
5. Разработка радикальной технологической схемы процесса разделения топливных брикетов, полученных биомодификацией бурых углей.
6. Разработка и внедрение безопасной технологии брикетирования с использованием биологических вяжущих агентов, которые являются прочными, водостойкими и беззольными, т.е. минимизируют образование отрицательных веществ при горении, позволяют получать бездымные жаростойкие брикеты.

Объекты исследования. Бурый уголь класса БЗ (угли месторождений Ленгер и Ой-Карагай) и бактериальные штаммы РКБ 7 - *Bacillus* sp., и РКБ 10 - *Providencia* sp.

Методы исследования. В ходе работы над диссертацией проводились лабораторные опыты с использованием современных методов физико-

химических, микробиологических, генетических и биохимических исследований.

Научная новизна исследования: впервые изучено микробиологическое разнообразие и проведен метагеномный анализ лигнита в Казахстане. В результате исследования из бурого угля были выделены чистые культуры бактерий.

Выявлены штаммы бактерий РКВ 7 - *Bacillus* sp., РКВ 10 - *Providencia* sp. и проведен их филогенетический анализ. Были изучены биосолубилизирующие свойства изолированных бактерий, в результате чего было обнаружено, что РКВ 7 - *Bacillus* sp., РКВ 10 - *Providencia* sp., активно выделяют поверхностно активные вещества в процессе конверсии угля.

В результате исследования получены высокоэффективные биобрикетируемые бездымные биобрикеты из Ленгерских и Ой-карагайских бурых углей и биовяжущих агентов. В результате исследования установлено, что топливно-энергетическая эффективность сжигания биобрикетов в бытовых печах, которую оценивают по тепловому КПД, выше (до 81,1 %) по сравнению с биобрикетами из первичного угля. Представлена принципиальная технологическая схема производства биобрикетов из бурого угля с использованием биосвязывающего агента, пригодного для длительного хранения и транспортировки.

Научная и практическая значимость работы. Выделенные штаммы РКВ 7 - *Bacillus* sp., РКВ 10 - *Providencia* sp. были включены в коллекцию Лаборатории прикладной микробиологии КазНУ им. Аль-Фараби для дальнейших исследований.

Разработана и запатентована технологическая схема производства биотоплива на основе биопереработки бурого угля («Способ переработки угля», №34536, 28.08.2020 г., «Способ переработки угля» №34556, 04.09.2020 г.). Для использования бурого угля на угольных месторождениях предлагалось использовать представленную в работе технологическую схему.

Создана теоретическая и методологическая база для получения биобрикетов.

Бактерии, выделенные в ходе научно-исследовательской работы, используются в лаборатории для производства биоудобрений и биоконкомпозитов (угольная зола + гумус + бактерии) из бурого угля.

Для повышения энергоэффективности был разработан новый лигнит из бурого угля. Результаты исследования могут быть использованы в качестве материала для специальных и теоретических курсов для студентов, магистрантов и докторантов в высших учебных заведениях.

Основные положения, вынесенные на защиту

1. Результаты физико-химических, механических и технических свойств бурого угля Ленгерского и Ой-Карагайского месторождений;
2. Определение таксономического состава и количества микробных сообществ в бурых углях, а также результаты физиолого-биохимических исследований;
3. Результаты изучения физико-химических свойств биообработанной

угольной суспензии, используемой в качестве сырья при производстве биобрикетов из бурого угля;

4. Результаты технологических и конструктивных параметров биопереработки для биобрикетирования;

5. Технологическая схема процесса производства топлива, полученного биоремедиацией бурого угля;

6. Результаты разработки технологии безопасного биобрикетирования с использованием биологических связующих, позволяющих получать высокопрочные биобрикеты, отличающиеся прочностью, водостойкостью, малозольностью, низким образованием отрицательных компонентов при сгорании.

Личный вклад автора. Все основные результаты работы, анализ литературы, определение целей и задач работы, проведение экспериментальных исследований, статистическая обработка и анализ результатов выполнены при личном участии автора.

Связь с планом основных научных работ. Диссертационная работа выполнялась в рамках АР05133758 «Разработка биотехнологии получения экологически чистого, бездымного брикетированного топлива на основе бурых углей Ленгерского угольного месторождения и сурфактант-синтезирующих микроорганизмов для топливно-энергоэффективного использования» и АР05134797 «Разработка биотехнологии получения высокоактивного препарата «биогурус-плюс» на основе окисленных бурых углей и зоомикробного консорциума» проектов.

Апробация работы. Основные положения диссертации и результаты исследований были представлены на следующих международных научных конференциях и симпозиумах:

1. Республиканская научно-методическая конференция «Современная биология и актуальные вопросы сохранения биоразнообразия в Республике Казахстан» (Алматы, 24 ноября 2017 г.);

2. Международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экологической генетики и экспериментальной биологии» (Алматы, 25 января 2018 г.);

3. 22-я Международная Пуштинская школа-конференция молодых ученых «Биология – наука XXI века» (Пушино, Россия, 23 – 27 апреля 2018 г.);

4. Международный симпозиум АСТАНА БИОТЕХ 2018, (Астана, 12-13 июня 2018 г.);

5. Вестник Южно-Казахстанской медицинской академии (Шымкент, 2018);

6. V Международные Фарабиевские чтения, Международная научная конференция «Мир Фараби» (Алматы, 10-11 апреля 2018 г.);

7. VI Международные Фарабиевские чтения, Международная научная конференция «Мир Фараби» (Алматы, 9-11 апреля 2019 г.);

8. Международная конференция «Современные проблемы химии и технологии органических веществ и материалов» (5-6 декабря 2019 г., г. Алматы);

9. International Conference on Recycling and Waste Management (30th July 2019, Toronto, Canada).

Публикации. Основное содержание диссертации отражено в 30 опубликованных работах, в том числе, 6 статьях в республиканских научных журналах Комитета по контролю в сфере образования и науки Республики Казахстан, 3 статьях в научных журналах, 3 статьях в базе данных Scopus и 13 тезисах представленных на международных конференциях и симпозиумах, опубликовано 2 патента, 2 свидетельства на произведение науки.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертация состоит из 127 страниц, определений и сокращений, введения, обзора литературы, объектов исследования, материалов и методов, результатов исследования и их обсуждения, заключительных разделов. В работе представлено 305 ссылок, 20 таблиц, 44 рисунка.