

№ AP23485184 «Технология ядерно-геофизического опробования углей по спектрометрии гамма-излучения природных радиоактивных элементов» - н.р. Пак Ю.Н.

Актуальность

В настоящее время на горнодобывающих предприятиях в основном применяются стандартные способы опробования углей, предусматривающие отбор первичных проб, их разделку (дробление, измельчение, сокращение) и непосредственно термовесовой анализ, заключающийся в сжигании аналитической навески (~0,1 мм) угля (1-2 грамм) с последующим расчетом зольности. Существенными недостатками традиционного способа опробования являются высокая трудоемкость и низкая представительность (качество партии угля (сотни тонн) оценивается по результатам термовесового анализа аналитической пробы). В ряде случаев заключительная стадия опробования заменяется инструментальными ядерно-физическими методами, предусматривающими использование радиоизотопных источников гамма и нейтронного излучений. При этом погрешности за счет неоднородности углей, возникающие на трудоемких стадиях отбора проб и их пробоподготовки сохраняются. Предлагается инновационный подход к опробованию твердого топлива, заключающийся в измерении спектрометрии гамма-излучения, испускаемого природными радиоактивными элементами (уран-238; торий-232 и калий-40), что позволит оценивать качество углей в больших массах без предварительной пробоподготовки с высокой чувствительностью и точностью. Практическая значимость результатов исследований состоит в создании новой ядерно-геофизической технологии опробования углей по спектрометрии природного гамма-излучения, позволяющей на основе оперативной и объективной информации о зольности внедрить систему управления качеством в процессе добычи и переработки углей.

Цель проекта

Цель проекта – разработка новой технологии ядерно-геофизического опробования углей по спектрометрии естественного гамма-излучения природных радиоактивных элементов (U^{238} , Th^{232} , K^{40}) с избирательным учетом удельной активности каждого радионуклида на основе интерпретационно-алгоритмического обоснования комплексных гамма-спектрометрических измерений, обеспечивающих высокую чувствительность оценки качества углей в больших массах.

Ожидаемые и достигнутые результаты

Достигнутые результаты:

за 2024 год:

- изучены особенности существующего стандартного способа опробования партии угля, предусматривающего представительный отбор первичных проб (их количество и массу), их дробление, сокращение, измельчение и подготовку аналитических проб (~0,074мм) для термовесового анализа зольности. Уголь на каждой стадии его обработки рассматривается как неоднородный. Неоднородность оценивается средним квадратическим отклонением качественного параметра (зольности угля). На каждой стадии стандартного опробования формируется составляющая погрешность: за счет отбора первичных проб, дробления, сокращения, измельчения, подготовки аналитических проб и непосредственно термовесового анализа. Выявлено, что погрешность за счет отбора проб наиболее весома. Она составляет около 70-80% общей погрешности опробования. Все стадии стандартного опробования углей весьма длительны и вносят заметную погрешность в оценке качества топлива и не могут рассматриваться как средства управления качеством угля на этапах добычи и переработки. На основе полученных результатов подготовлены материалы для совершенствования существующей системы опробования на основе спектрометрии природного гамма-излучения.

Отобраны представительные первичные пробы углей Экибастузского и Карагандинского месторождений. Отобранные первичные пробы разного компонентного и гранулометрического состава подверглись стандартным схемам пробоподготовки: высушивание, дробление, сокращение, измельчение и доведение до аналитической крупности (~0,074 мм). Подготовлены 200 проб углей этих месторождений для инструментального определения в них концентраций (удельной активности) урана-238 и продуктов их распада, тория-232 и продуктов их распада и калия-40 различными ядерно-физическими способами (гамма-спектрометрический, нейтронно-активационный, рентгенофлуоресцентный). Начаты работы по инструментальному анализу подготовленных проб для оценки удельной активности различных радионуклидов.

Обобщены результаты исследований по распространению природных радиоактивных нуклидов (U, Th и продуктов их распада) в ископаемых углях и формам их нахождения. В углях с относительно низким содержанием урана преобладает минеральная форма их нахождения. Более богатые ураном угли содержат его преимущественно в органическом веществе. Основная масса Th находится в минеральной части угля. Распределение U, Th в целом в угольных бассейнах неравномерное и определяется совокупным влиянием ряда факторов: степень углефикации и возраст, неоднородность состава пород, зольность и др. Получены предварительные результаты о взаимосвязях основных компонентов угля с зольностью и удельной активностью радионуклидов.

за первое полугодие 2025 года:

- выбраны обоснованные аналитические гамма-линии урана-238, тория-232 и калия-40 с точки зрения максимальной относительной интенсивности гамма-линий. В зависимости от типа спектрометра (детектора) выбраны оптимальные энергетические окна (интервалы) в области выбранных аналитических гамма-линий определяемых радионуклидов, обеспечивающих максимальную чувствительность. Найдены инструментальные сигналы гамма-спектрометрических измерений, тесно связанные с концентрациями определяемых радионуклидов в опробуемых углях.

Ожидаемые результаты:

- за 2026 год:

- Будут рассчитаны основные метрологические характеристики новой технологии ядерно-геофизического опробования (случайные и систематические погрешности, статистическая и аппаратурная погрешности, точность, правильность, чувствительность анализа).

- Будут получены методические рекомендации по улучшению метрологических характеристик, в частности минимизации погрешности опробования за счет уточнения выбранных аппаратурно-энергетических параметров спектрометра и совершенствования интерпретационного алгоритма, учитывающего многообразие радиогеохимических и петрофизических характеристик опробуемых углей.

- Будет получен патент, включенный в базу данных Derwent Innovations Index (Web of Science, Clarivate Analytics), посвященный интерпретационно-алгоритмическому обоснованию новой технологии ядерно-геофизического опробования.

- По результатам проведенных исследований будут опубликованы 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в Science Citation Index Expanded базы Web of Science и (или) имеющих проценты по CiteScore в базе Scopus не менее 50 (пятидесяти).

Список публикаций

за 2024 год:

1. Пак Ю., Нургужин М.Р., Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Николаенко Н.А. Инструментальный способ радиометрического определения удельной радиоактивности золошлаковых отходов. Евразийский патент №047897.

2. Пак Ю., Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Айткалиев А.К., Оспанова С.М. Инструментальный способ рентгенорадиометрического анализа руд сложного состава. Евразийский патент №047642.

3. Тебаева А.Ю., Ибрагимова Д.А., Пак Д.Ю., Пак Ю.Н. Природная радиоактивность ископаемых углей: Проблемы и перспективы использования. Материалы VI Международной конференции молодых ученых и специалистов памяти академика А.П. Карпинского, Санкт-Петербург, Институт Карпинского, 2024, с.183-186.

за 2025 год:

1. Пак Ю., Пак Д.Ю., Нургужин М.Р., Тебаева А.Ю., Ибрагимова Д.А., Оспанова Ж.Н. Гамма-альбедный способ инструментального опробования твердого топлива. Патент РК №37162.

2. Пак Ю., Сагинтаева С.С., Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Сулейменов Н.М., Кабыкен А.Б. Инструментальный способ ядерно-геофизического контроля качества твердого топлива. Евразийский патент №049325.

3. Pak D., Pak Y., Ibragimova D., Tebayeva A., Nikolayenko N. Assessment of Radioecological Safety of Coals and Ash and Slag Waste. Труды университета / КарТУ им. А. Сагинова. – Караганда, – Вып. 1, 2025, – С. 121-127.

4. Pak Yu., Pak D., Tebayeva A., Aitkaliyev A. Instrumental testing of quasi-binary ore materials by the gamma-albedo method. Журнал «Material and Mechanical engineering technology», №2, 2025, Караганда, С. 3-10.

Исследовательская группа и управление проектом

1. Пак Юрий Николаевич - научный руководитель, д.т.н., проф.

h-index Scopus: 6

<https://orcid.org/0000-0002-0699-6764>

Scopus Author ID: 7102674136

ResearcherID: V-8724-2018

2. Пак Дмитрий Юрьевич – ответственный исполнитель, к.т.н., доц.

h-index Scopus: 5

<https://orcid.org/0000-0002-7215-7846>

Scopus Author ID: 45561507200

ResearcherID: V-8176-2018

3. Кропачев Петр Александрович – исполнитель, к.т.н., доц.

h-index Scopus: 3

Scopus Author ID: 55378112200

4. Ли Елена Сергеевна – исполнитель, старший преподаватель, PhD магистр

h-index Scopus: 2

<https://orcid.org/0000-0003-4856-5222>

Scopus Author ID: 57200985313

ResearcherID: X-8542-2018

5. Тебаева Анар Юлаевна – исполнитель, магистр

h-index Scopus: 1

Scopus Author ID: 57367955300

<https://orcid.org/0000-0001-5404-7195>

6. Ибрагимова Диана Андреевна – исполнитель, PhD

h-index Scopus: 1

Scopus Author ID: 57901957700

<https://orcid.org/0000-0002-2588-3028>

7. Вдовкина Дарья Игоревна – исполнитель, магистр, геолог горного сектора

h-index Scopus: 1

Scopus Author ID: 57476789200

Информация для потенциальных пользователей

Радиоэкологическая обстановка в районах действующих ТЭС на основе мониторинга уровня радиоактивности позволит дать объективную оценку о влиянии топливно-энергетического сектора на природную среду и прогнозные рекомендации о рациональном применении золошлаковых отходов в строительной отрасли.

Область применения

Науки о земле и окружающей среде

Дата обновления информации: 01.07.2025г.