

AP19678770 «Радиоэкологические аспекты радиоактивности энергетических углей и золошлаковых отходов в контексте их влияния на окружающую среду» - н.р. Пак Ю.Н.

Актуальность

Актуальность результатов связывается с изучением радиоэкологических аспектов природной радиоактивности энергетических углей и золошлаковых отходов в контексте их негативного влияния на окружающую среду.

Радиационная опасность, связанная с естественными радиоактивными элементами, содержащимися в углях – одна из важных проблем угольной энергетики, которая недооценивается в Казахстане. Для снижения облучения персонала и населения проживающего в районах расположения угольных ТЭС необходим системный мониторинг радиоэкологической безопасности. Существующие нормы радиационной безопасности ограничены содержанием радионуклидов только в золошлаковых отходах при их использовании в строительных целях.

Цель проекта

Целью проекта является оценка влияния использования в топливной энергетике углей, содержащих естественные радиоактивные элементы на радиоэкологическую ситуацию окружающей среды.

Ожидаемые и достигнутые результаты

Достигнутые результаты

В ближайшие десятилетия доля угля в производстве электроэнергии будет еще весомой. Это обостряет экологические проблемы за счет радиационного загрязнения среды радионуклидами, концентрирующимися в золошлаковых отходах и летучей золе .

Естественная радиоактивность углей Казахстана изучена слабо. В ряде месторождений (Каражыра, Майкубинское) обнаружены повышенные концентрации радионуклидов. Средние содержания урана и тория в углях Казахстана составляют 1,8 и 2,2 г/т, а в золе - 8,7 и 10,6 г/т. Золошлаковые отвалы становятся техногенным месторождением радионуклидов. При сжигании углей на ТЭС часть радионуклидов выносятся дымовыми газами в атмосферу.

Инновационность данного проекта заключается в изучении распределения и форм нахождения ЕРЭ в углях для моделирования поведения радионуклидов в процессе сжигания и прогнозирования их потенциальной эмиссии в окружающую среду.

За 2023 год изучены особенности распределения природных радионуклидов урана, тория и калия в энергетических углях, их удельной активности и форм их нахождения в зависимости от марки угля и его качества (зольности). На примере энергетических углей определены удельные радиоактивности (концентрации урана (радия), тория и калия-40). В золошлаковых отходах, полученных при сжигании энергетических углей определены удельные радиоактивности естественных радиоактивных элементов. В процессе обработки результатов анализа сделаны предварительные выводы о значительном концентрировании содержания природных тяжелых радионуклидов в золошлаковых отходах

Определено достаточное количество отобранных представительных проб и образцов, данные о удельной активности каждого радионуклида, полученные на основании их анализа современными ядерно-радиометрическими, радиохимическими и рентгеновскими методами. Отобраны первичные представительные пробы и образцы энергетических углей Казахстана (на примере Экибастузского и Карагандинского месторождений). Отобранные пробы согласно ГОСТ подготовлены для анализа на содержание урана, тория и калия-40. 30 проб углей и 30 проб золошлаковых отходов переданы для определения в них удельной радиоактивности

природных радиоактивных элементов сертифицированным гамма-спектрометрическим способом. Частично выполнены исследования на правильность анализа и оценку случайных погрешностей. Проведены аналитические исследования по разработке модели поведения естественных радионуклидов при сжигании углей на ТЭС и прогнозированию потенциальной эмиссии этих радионуклидов в окружающую среду.

Опубликована 1 статьи в отечественном издании, рекомендованном КОКСНВО.

За 2024 год изучены закономерности распределения естественных радиоактивных элементов в ископаемых. Выявлено, что существует множество данных о формах нахождения урана, тория и калия-40 в ископаемых углях. Для углей с нижекларковым содержанием урана характерна преимущественно минеральная форма нахождения, а для углей, обогащенных ураном – органическая. Остается проблемным оценка баланса урана по формам нахождения в разных типах угля при различной концентрации. Нет ясности о роли диагенеза и угольного метаморфизма на форму нахождения урана. Накопление урана в угле зависит от формирования угольных пластов. В результате сорбции уран накапливается в органическом веществе, либо в кластогенном материале. Иногда значительное количество урана связано с растворимыми алюмосиликатными соединениями. В углях с аномальным содержанием урана преобладает рассеянная форма. На ранних стадиях углеобразования, основная масса накапливается в органическом веществе. В процессе углефикации (изменение структуры органического вещества) изменяется соотношение форм нахождения урана. Возрастает роль минеральных форм нахождения. Изучена геохимия тория. Сложилось представление о минеральной форме нахождения тория в углях. Основными носителями является монацит, редкоземельные фосфаты, силикаты и алюмосиликаты. Имеются также сведения о возможности концентрирования Th и в органическом веществе. В целом для тория в углях характерно высокая значимая положительная связь с зольностью угля. Для средnezольных углей характерно нахождение Th в органическом веществе. В процессе угольного метаморфизма происходит изменение форм нахождения с образованием собственных минералов. Радионуклид K^{40} в основном содержится в глинистых минералах, его концентрация тесно связана с зольностью угля.

Проведено обобщение мирового опыта по естественной радиоактивности углей свидетельствуют о слабой изученности угольных месторождений Казахстана на наличие природных радиоактивных элементов (уран, торий, калий-40). Угли Казахстана в целом характеризуются как слаборадиоактивные. Кларковые содержания урана и тория в каменных углях составляют соответственно 1,9 г/т и 3,1 г/т. Содержание этих природных радионуклидов в основных угольных месторождениях (Экибастузское, Карагандинское) близко к кларковому. Однако в ряже месторождений (Шубарколь, Майкубенское, отдельные пласты окисленных углей) наблюдаются повышенные концентрации урана. В процессе сжигания углей даже с низкими концентрациями радионуклидов в отходах сжигания (твердая зола, шлаки, летучая зола) содержание радионуклидов (уран-238 и его продукты распада, торий-232 и продукты его распада и калий-40) увеличивается в 3-8 раз по отношению к исходному углю. На примере Экибастузских и Карагандинских углей разной зольности определены удельные активности основных радионуклидов (U^{238} (Ra), Th^{232} и K^{40}) путем инструментального анализа 25 угольных проб Экибастузского месторождения гамма-спектрометрическим методом на основе полупроводникового детектора определены концентрации (удельные активности радионуклидов): уран-238 (радий-226) – 11,2-14,9 Бк/кг; торий-232 – 11,7-13 Бк/кг; калий-40 – 28-63 Бк/кг. В золошлаковых отходах ГРЭС сжигающей Экибастузские угли, удельные активности составили U (Ra) – 53-70 Бк/кг; Th – 50-67 Бк/кг; K – 220-270 Бк/кг.

Коэффициенты концентрирования радионуклидов (отношение концентрации радионуклида в золе и исходном угле) меняются в пределах 4,2-8,6. В золошлаковых отходах Топарской ГРЭС, сжигающей Карагандинские угли, коэффициенты концентрирования радионуклидов меняются

в диапазоне 2,5-10,9. Полученные результаты свидетельствуют о том, что при сжигании слаборадиоактивных углей происходит концентрирование радионуклидов в золошлаковых отходах. Степень концентрирования зависит от многих факторов: качества и марки сжигаемого угля, концентрации радионуклидов и формы их нахождения, технологий и условий сжигания и др. Золоотвалы, где складироваться зола и шлак, занимают огромные территории и, по сути, превращаются в квазитехногенные месторождения естественных радиоактивных нуклидов и многих токсичных, редких и редкоземельных элементов.

Опубликованы 1 статья в отечественном издании, рекомендованном КОКСНВО, получены 2 евразийских патента.

Результаты исследований представлены на 3 международных конференциях (КазНиТУ, г. Алматы, РГГУ им. С. Орджоникидзе, г. Москва, филиал МГУ имени Ломоносова, г. Душанбе), 1 учебнике, 1 учебном пособии.

За 2025 год

Определены экспериментальные данные об удельной активности каждого радионуклида в зольных остатках с помощью современных инструментальных способов анализа. Подготовлены 2 тезиса доклада на Международные конференции. Определен вклад удельной активности каждого естественного радионуклида в летучей золе с помощью радиохимических способов.

Опубликованы 1 статья в отечественном издании, рекомендованном КОКСНВО, получен 1 патент РК, 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 2023 год:

1. Pak D., Tebayeva A., Pak Yu. Instrumental express analysis of ferromanganese ores by nuclear-geophysical method. Труды университета / КарТУ им. А. Сагинова. – Караганда, – Вып. 4, 2023, – С. 104-108.

за 2024 год:

1. Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Пак Ю.Н. Геолого-геофизическое опробование железных руд гамма-альбедным методом. Труды университета / КарТУ им. А. Сагинова. – Караганда, – Вып. 2, 2024, – С. 100-107.

2. Пак Ю., Пак Д.Ю., Тутанов С.К., Булатбаев Ф.Н., Бегимбетова А.С., Кенетаева А.А., Тебаева А.Ю., Есендосова А.Н. Гамма-альбедный способ контроля эффективного атомного номера сложного вещества. Евразийский патент №046032, 2024.

3. Пак Ю., Пак Д.Ю., Тутанов С.К., Пономарева М.В., Пономарева Е.В., Тебаева А.Ю., Матонин Вл. В. Радиометрический способ оценки содержания природных радиоактивных элементов в углях. Евразийский патент №046319, 2024.

4. Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Пак Ю.Н. Лабораторный практикум по ядерным технологиям в геолого-геофизических исследованиях (III часть). Издательство НАО КарТУ им. А. Сагинова, 74с, 2024, Учебное пособие.

5. Pak Yu.N., Ibatov M. K., Pak Yu.N., Tebayeva A. Yu. Fundamentals of Scientific Research and Inventive Creativity. Учебник с грифом МНиВО РК. Караганда, Изд-во КарТУ, 2024, 151 с.

6. Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Пак Ю.Н. Ядерно-физический метод контроля зольности угля. Международная научная конференция «Геология в пространстве и времени», филиал МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Душанбе, 2024, с.100-1012.

7. Тебаева А.Ю., Пак Д.Ю., Пак Ю.Н. Анализ железомарганцевых руд с помощью ядерно-геофизического способа. Материалы XI Международной научной конференции молодых ученых «Молодые – Наукам о Земле», Москва, РГГУ им. Орджоникидзе, 2024.

8. Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Пак Ю.Н. Методологические исследования ядерно-геофизического контроля калорийности крупнодисперсного топлива. Труды Международной научно-практической конференции «SATBAYEV INTERNATIONAL CONFERENCE 2024 (Сатпаевские Чтения – 2024). Интеграция науки и технологий: Путь к устойчивому развитию, с.100-1012.

за 2025 год:

1. Y. Pak, D. Pak, D. Ibragimova, V. Matonin, A. Tebayeva. Assessment of Natural Radioactivity and Trace Element Composition of Coals and Ash and Slag Waste in Kazakhstan. Atmosphere 2025, 16, 125.

2. Пак Ю., Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Пономарева Е.В., Билимова Е.С., Турысбекова А.С., Жумагулов С.Е., Ахмет Е. К. Ядерно-радиометрический способ датирования геологических образований. Патент РК № 37186

3. Pak D., Safarov R., Pak Yu., Tebayeva A., Kolmakov Yu. Using the spectrometric gamma method to solve petroleum geophysics problems. Труды университета / КарГУ им. А. Сагинува. – Караганда, – Вып. 2, 2025, – С. 131-137.

4. Y. Pak, D. Pak, V. Matonin, D. Ibragimova, P. Timoshenko, Y. Barkov, A. Tebayeva, P. Medvedev. Study of radon radiation in the area of the Akchatau polymetallic mine, Republic of Kazakhstan. Atmosphere 2025, 16, 769.

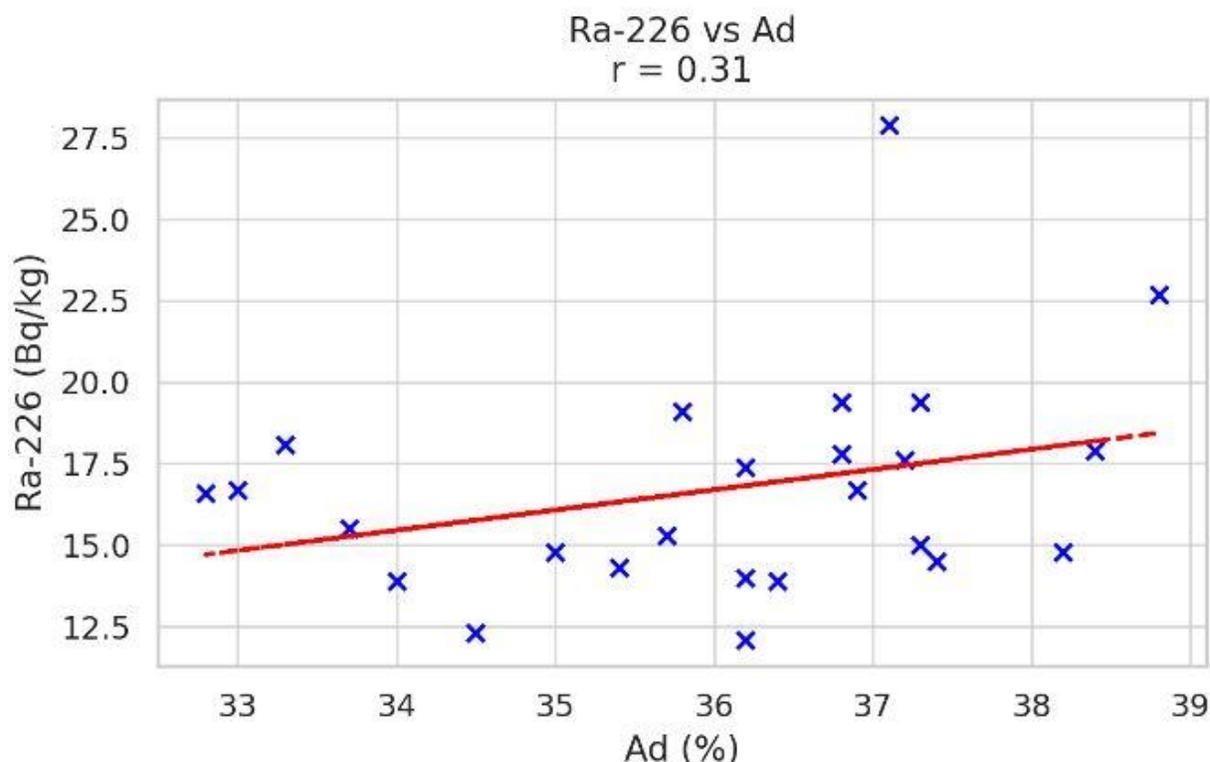


Рисунок 1 – Зависимость концентрации Ra-226 в угле от зольности Ad

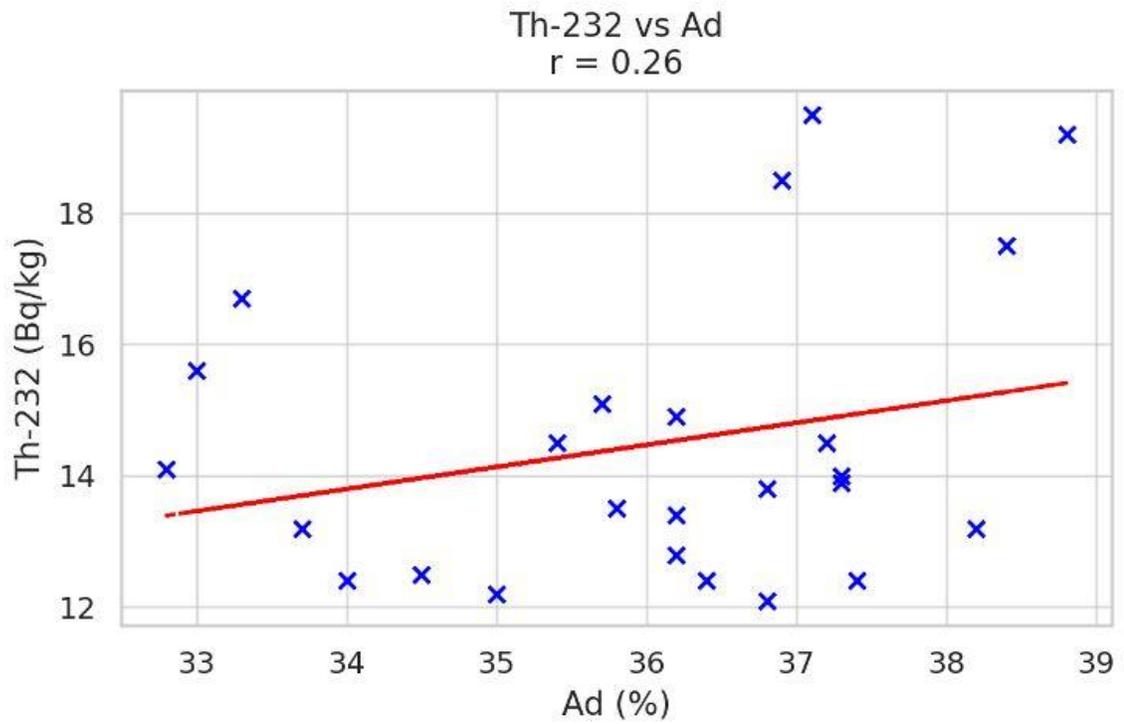


Рисунок 2 – Зависимость концентрации Th-232 в угле от зольности Ad

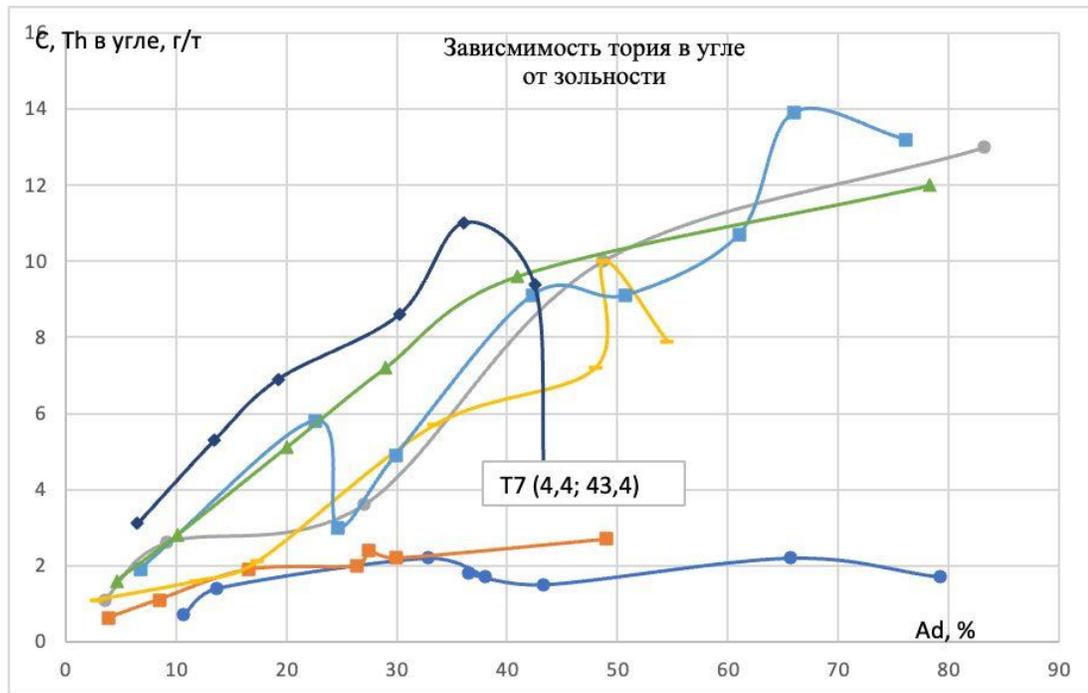


Рисунок 3 – Зависимость тория в угле от зольности

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. Тутанов Серикпай Куспанович – исполнитель, д.т.н., проф.

h-index Scopus: 1

Scopus Author ID: 6505626495

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>

Информация для потенциальных пользователей

Исследования о естественной радиоактивности углей и золошлаковых отходов, возникающих при их сжигании в угольной энергетике необходима для предприятий топливной энергетики и государственных служб экологического контроля

Область применения: Науки о земле и окружающей среде

Дата обновления информации: 01.07.2025г.