

№ AP19678770 « Термиялық көмірлер мен қож қалдықтарының қоршаған ортаға әсері контекстіндегі радиоактивтілігінің радиоэкологиялық аспектілері» г.ж. – Пак Ю.Н.

Өзектілік

Нәтижелердің өзектілігі энергетикалық көмірдің және күл-қож қалдықтарының табиғи радиоактивтілігінің радиоэкологиялық аспектілерін олардың қоршаған ортаға теріс әсері контекстінде зерттеумен байланысты.

Көмірдің құрамындағы табиғи радиоактивті элементтермен байланысты радиациялық қауіп Қазақстандағы кем бағаланатын көмір энергетикасының маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Көмірмен жұмыс істейтін жылу электр станциялары орналасқан аумақтарда тұратын персонал мен халықтың радиациялық әсерін азайту үшін радиоэкологиялық қауіпсіздікке жүйелі мониторинг жүргізу қажет. Қолданыстағы радиациялық қауіпсіздік стандарттары құрылыс мақсаттарында пайдаланған кезде тек күл мен қож қалдықтарындағы радионуклидтердің мөлшерімен шектеледі.

Жобаның мақсаты

Жобаның мақсаты табиғи радиоактивті элементтері бар көмірді отын энергиясында пайдаланудың қоршаған ортаның радиоэкологиялық жағдайына әсерін бағалау болып табылады.

Күтілетін және қол жеткізілген нәтижелер

Қол жеткізілген нәтижелер

Алдағы онжылдықтарда электр энергиясын өндірудегі көмірдің үлесі бұдан да маңызды болады. Бұл қоршаған ортаның күл мен шлак қалдықтарында және күлде шоғырланған радионуклидтермен радиациялық ластануынан экологиялық проблемаларды күшейтеді.

Қазақстандағы көмірдің табиғи радиоактивтілігі нашар зерттелген. Бірқатар кен орындарында (Қаражыра, Майкөбі) радионуклидтердің концентрациясының жоғарылағаны анықталды. Қазақстандағы көмірдегі уран мен торийдің орташа мөлшері 1,8 және 2,2 г/т, күлде – 8,7 және 10,6 г/т. Күл және қож үйінділері радионуклидтердің жасанды кен орнына айналуға өтеді. Бұл жобаның инновациялық сипаты жану кезінде радионуклидтердің мінез-құлқын модельдеу және олардың қоршаған ортаға ықтимал эмиссиясын болжау үшін көмірдегі ЭРЭ таралуы мен пайда болу формаларын зерттеуде жатыр.

2023 жылы уранның, торийдің және калийдің табиғи радионуклидтерінің энергия өндіретін көмірлердегі таралу ерекшеліктері, олардың спецификалық белсенділігі және көмірдің сорты мен сапасына (күлділігіне) байланысты болу формалары зерттелді. Мысал ретінде энергия өндіретін көмірді пайдалана отырып, ерекше радиоактивтілік (уран (радий), торий және калий-40 концентрациясы) анықталды. Энергия өндіретін көмірді жағу кезінде алынған күл мен қож қалдықтарында табиғи радиоактивті элементтердің ерекше радиоактивтілігі анықталды. Талдау нәтижелерін өңдеу процесінде күл мен қож қалдықтарындағы табиғи ауыр радионуклидтердің айтарлықтай концентрациясы туралы алдын ала қорытындылар жасалды. Таңдалған репрезентативті үлгілер мен үлгілердің жеткілікті саны, қазіргі заманғы ядролық радиометриялық, радиохимиялық және рентгендік әдістермен талдау негізінде алынған әрбір радионуклидтің нақты белсенділігі туралы деректер анықталды. Қазақстанның энергия өндіруші көмірлерінің бастапқы репрезентативті үлгілері мен үлгілері таңдалды (мысал ретінде Екібастұз және Қарағанды кен орындарын пайдалану). Таңдалған үлгілер ГОСТ бойынша уран, торий және калий-40 бойынша талдауға дайындалды.

Сертификатталған гамма-спектрометриялық әдіспен олардағы табиғи радиоактивті элементтердің үлестік радиоактивтілігін анықтау үшін көмірдің 30 сынамасы және күл мен қож қалдықтарының 30 сынамасы ұсынылды. Талдаудың дұрыстығын тексеру және кездейсоқ қателерді бағалау үшін ішінара зерттеулер жүргізілді. Жылу электр станцияларында көмірді жағу кезінде табиғи радионуклидтердің мінез-құлқының моделін әзірлеу және осы радионуклидтердің қоршаған ортаға ықтимал эмиссиясын болжау мақсатында аналитикалық зерттеулер жүргізілді.

1 мақала KOKSNVO ұсынған отандық басылымда жарияланды.

Табиғи радиоактивті элементтердің қазбалардағы таралу заңдылықтары **2024** жылы зерттелді. Қазба көмірлердегі уран, торий және калий-40 формалары туралы деректер көп екені анықталды. Құрамында ураны кларктан төмен көмірлер негізінен пайда болу минералдық түрімен, ал уранмен байытылған көмірлер органикалық түрімен сипатталады. Уран балансын әртүрлі концентрациядағы көмірдің әртүрлі түрлерінде пайда болу нысандары бойынша бағалау проблемалық болып қала береді. Уран формасы бойынша диагенездің және көмір метаморфизмінің рөлі туралы нақты түсінік жоқ. Уранның көмірде жиналуы көмір қабаттарының пайда болуына байланысты. Сорбция нәтижесінде уран органикалық заттарда немесе кластогендік материалда жиналады. Кейде уранның айтарлықтай мөлшері еритін алюмосиликатты қосылыстармен байланысты. Аномальды уран мөлшері бар көмірлерде дисперсті түрі басым болады. Көмір түзілудің бастапқы кезеңінде негізгі массасы органикалық заттарда жиналады. Көмірдену процесінде (органикалық заттардың құрылымының өзгеруі) уран түрлерінің арақатынасы өзгереді. Минералды түрлердің рөлі артады. Торийдің геохимиясы зерттелді. Көмірдегі торийдің минералдық түрлері туралы түсінік қалыптасты. Негізгі тасымалдаушылар – монацит, сирек жер фосфаттары, силикаттар және алюмосиликаттар. Органикалық заттардағы Th концентрациясының мүмкіндігі туралы мәліметтер де бар. Жалпы, көмірдегі торий көмірдің күлділігімен жоғары маңызды оң байланыспен сипатталады. Орташа күлді көмірлерге органикалық заттарда Th тән. Көмір метаморфизмі процесінде түрлер өздерінің минералдарының түзілуімен өзгереді. Радионуклид K40 негізінен сазды минералдардың құрамында болады, оның концентрациясы көмірдің күлділігімен тығыз байланысты. Көмірлердің табиғи радиоактивтілігінің әлемдік тәжірибесін қорыту Қазақстандағы көмір кен орындарының табиғи радиоактивті элементтердің (уран, торий, калий-40) болуына нашар зерттелгенін көрсетеді. Қазақстан көмірлері әдетте аздап радиоактивті болып сипатталады. Тас көмірдегі уран мен торийдің кларк мөлшері сәйкесінше 1,9 г/т және 3,1 г/т құрайды. Бұл табиғи радионуклидтердің негізгі көмір кен орындарында (Екібастұз, Қарағанды) құрамы кларкқа жақын. Алайда кен орындарының жотасында (Шұбаркөл, Майкөбен, тотыққан көмірлердің жеке қабаттары) уранның жоғары концентрациясы байқалады. Көмірді жағу кезінде радионуклидтердің концентрациясы төмен болса да, жану қалдықтарында (қатты күл, қож, күл) радионуклидтердің (уран-238 және оның ыдырау өнімдері, торий-232 және оның ыдырау өнімдері және калий-40) мөлшері бастапқы көмірге қарағанда 3-8 есе артады. Күлділігі әр түрлі Екібастұз және Қарағанды көмірлерінің мысалында негізгі радионуклидтердің (U238 (Ra), Th232 және K40) спецификалық белсенділігі жартылай өткізгіш детектор негізіндегі гамма-спектрометрлік әдіспен Екібастұз кен орнының 25 көмір сынамасын аспаптық талдау арқылы анықталды. Концентрациялар (радинуклидтердің спецификалық белсенділігі) анықталды: уран-238 (радий-226) - 11,2-14,9 Бк/кг; торий-232 - 11,7-13 Бк / кг; калий-40 - 28-63 Бк / кг. Екібастұз көмірін жағатын ГРЭС күл-қож қалдықтарында үлестік әрекет U (Ra) – 53-70 Бк/кг; Th - 50-67 Бк / кг; K - 220-270 Бк / кг. Радионуклидтердің концентрация факторлары (күлдегі және бастапқы көмірдегі радионуклид концентрациясының қатынасы) 4,2-8,6 аралығында өзгереді. Қарағанды көмірін жағатын Топар ГРЭС-інің күл-қож қалдықтарында радионуклидтердің концентрация факторлары 2,5-10,9 аралығында өзгереді. Алынған нәтижелер радиоактивтілігі төмен көмірді

жағу кезінде күл мен қож қалдықтарында радионуклидтердің шоғырланатынын көрсетеді. Шоғырлану дәрежесі көптеген факторларға байланысты: жағылған көмірдің сапасы мен маркасы, радионуклидтердің концентрациясы және олардың пайда болу формасы, жану технологиялары мен жағдайлары және т.б. Күл мен қож жинақталған күл үйінділері кең аумақтарды алып жатыр және шын мәнінде табиғи радиоактивті улы ядролардың, сирек жер элементтерінің квазитехногенді кен орындарына айналады. KOKSNVO ұсынған отандық басылымда 1 мақала жарияланды, 2 еуразиялық патент алынды. Зерттеу нәтижелері 3 халықаралық конференцияда (ҚазҰТУ, Алматы, С.Орджоникидзе атындағы РМУ, Мәскеу, Ломоносов атындағы Мәскеу мемлекеттік университетінің филиалы, Душанбе, Душанбе), 1 оқулық, 1 оқу-әдістемелік құрал.

2025 жылға

Күл қалдықтарындағы әрбір радионуклидтің спецификалық белсенділігі туралы тәжірибелік деректер заманауи аспаптық талдау әдістерін қолдану арқылы анықталды. Халықаралық конференцияларға 2 баяндама тезистері дайындалды. Күлдегі әрбір табиғи радионуклидтің спецификалық белсенділігінің үлесі радиохимиялық әдістер арқылы анықталды.

KOKSNVO ұсынған отандық басылымда 1 мақала жарияланды, Қазақстан Республикасының 1 патенті алынды, Web of Science дерекқорының Science Citation Index Expanded жүйесінде индекстелген және (немесе) Scopus деректер базасында CiteScore пайыздық көрсеткіші кемінде 50 (елу) болатын рецензияланатын ғылыми журналдарда 2 мақала жарияланды.

Басылымдар тізімі

2023:

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.

2024:

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.

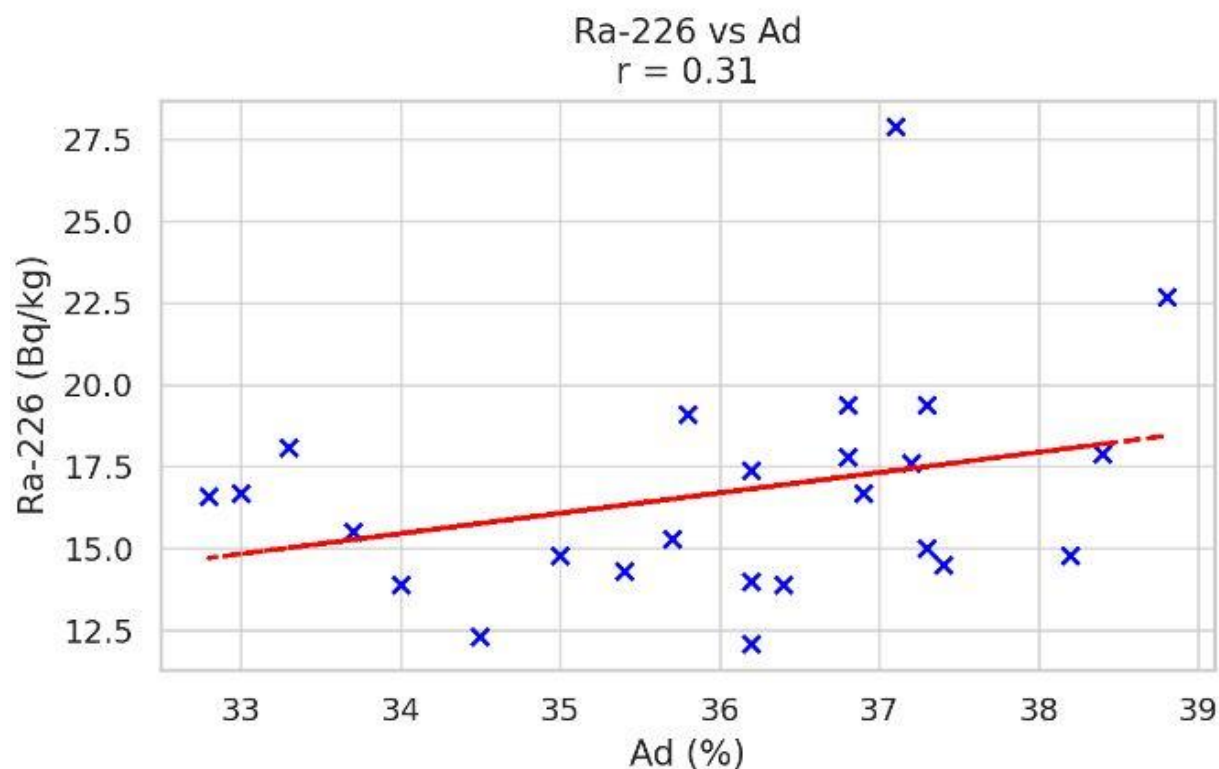
2025:

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.

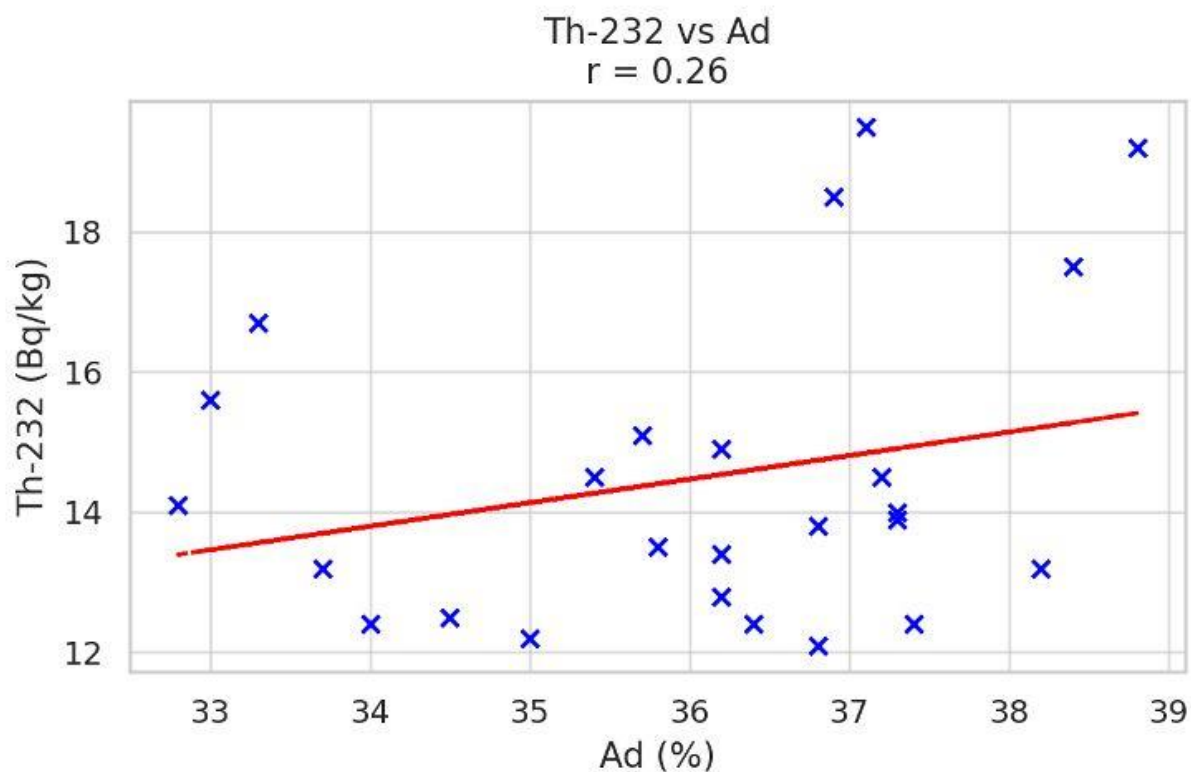
2. Пак Ю., Пак Д.Ю., Тебаева А.Ю., Пономарева Е.В., Билимова Е.С., Турысбекова А.С., Жумагулов С.Е., Ахмет Е. К. Ядерно-радиометрический способ датирования геологических образований. Патент РК № 37186

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

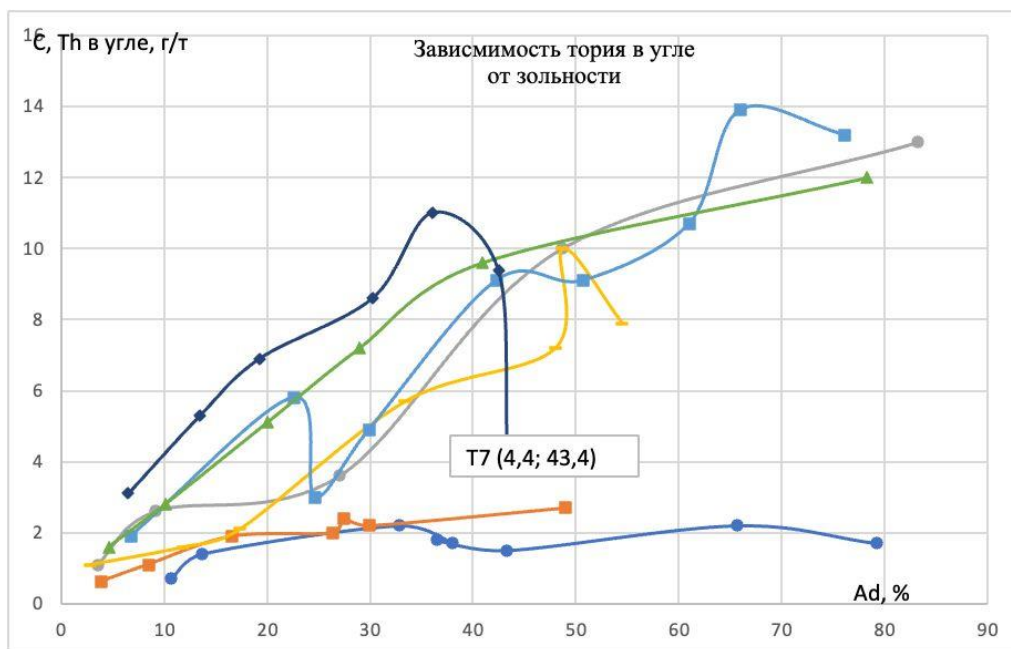
4. Y. Pak, D. Pak, V. Matonin, D. Ibragimova, P. Timoshenko, Y. Barkov, A. Tebayeva, P. Medvedev. Study of radon radiation in the area of the Akchatau polymetallic mine, Republic of Kazakhstan. Atmosphere 2025, 16, 769.



Сурет 1 – Көмірдегі Ra-226 концентрациясының күлге тәуелділігі Ad



Сурет 2 – Көмірдегі Th-232 концентрациясының күлге тәуелділігі Ad



Сурет 3 – Көмірдегі торийдің күл құрамына тәуелділігі

Зерттеу тобы және жобаны басқару

1. Пак Юрий Николаевич – ғылыми жетекші, т.ғ.д., проф.

h-index Scopus: 6

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

Scopus авторының идентификаторы: 7102674136

Зерттеуші идентификаторы: V-8724-2018

2. Пак Дмитрий Юрьевич – жауапты басшы, т.ғ.к., доцент.

h-index Scopus: 5

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

Scopus авторының идентификаторы: 45561507200

Зерттеуші идентификаторы: V-8176-2018

3. Тұтанов Серікпай Құспанұлы – орындаушы, т.ғ.д., проф.

h-index Scopus: 1

Scopus авторының идентификаторы: 6505626495

4. Ли Елена Сергеевна – орындаушы, аға оқытушы, PhD магистрі

h-index Scopus: 2

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

Scopus авторының идентификаторы: 57200985313

Зерттеуші идентификаторы: X-8542-2018

5. Тебаева Анар Юлаевна – орындаушы, шебер

h-index Scopus: 1

Scopus авторының идентификаторы: 57367955300

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

6. Ибрагимова Диана Андреевна – орындаушы, PhD докторы

h-index Scopus: 1

Scopus авторының идентификаторы: 57901957700

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

Потенциалды пайдаланушылар үшін ақпарат

Көмір энергетикасында көмірдің және олардың жануынан пайда болатын күл мен қож қалдықтарының табиғи радиоактивтілігін зерттеу отын энергетикасы кәсіпорындары мен мемлекеттік экологиялық бақылау қызметтері үшін қажет.

Қолдану аймағы

Жер және қоршаған орта туралы ғылымдар

Мәліметтің жаңартылған күні: 01.07.2025 ж