

Ғылыми мақала

КОНСЕРВАЦИЯЛАНҒАН «ШАҢТӨБЕ» УРАН КЕН ОРНЫНЫҢ КУТУНГУЗ ӨЗЕҢІНЕ РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ

Айқын А. Нұрахмет¹ , Аманбек Зандыбай¹  б.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Гульнур С. Нурахметова² 

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан; aikyn1117@gmail.com (ААН); amanbek_z@mail.ru (АЗ)

² «Қазгидромет» РМК, Астана қ., Қазақстан; nurakhmetova_g@meteo.kz (ГСН)

* Автор корреспонденциясы: Айқын А. Нұрахмет, aikyn1117@gmail.com

ТҮЙІН СӨЗДЕР

рекультивация, уран
өндіру, ионданушы
сәулелену
көздері, радиациялық әсер

АБСТРАКТ

Рекультивацияланған және консервацияланған уран кен орындары қызметі тоқтағаннан кейін де қоршаған ортаға, әсіресе жер үсті су объектілеріне айтарлықтай әсер етеді. Бұл зерттеуде Ақмола облысы аумағында орналасқан «Шаңтөбе» консервацияланған уран кен орнының Кутунгуз өзенінің табиғи радионуклидтермен ластануына әсері көрсетілген. Кутунгуз өзені су сынамаларының көпшілігінде жиынтық альфа белсенділік ауыз суға арналған ұлттық санитарлық нормативтерден де, дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ) ұсынымдарынан да артық. Барлық су сынамаларындағы жалпы бета белсенділік нормативтік (скринингтік) шектерден төмен. Өзен суындағы радионуклидтер шоғыры әсіресе, өзеннің №3 нүктесінде фондық нүктемен салыстырғанда уран изотоптары (^{234}U – 9 есе, ^{238}U – 19 есе) жоғары. Түптік шөгінділер мен судағы таралу коэффициенті уран изотоптары су бетімен миграциялануы жақсы екенін көрсетіп отыр және радий изотоптары көбінесе түптік шөгінділерде жинақталуға бейім және судағы шоғырмен байланысы әлсіздігін көрсетті. Зерттеу нәтижелері өзендегі ұзақ мерзімді бақылау (маусымдық, тізбектік) қажеттілігін көрсетеді және аймақтың "уран мұрасы" су экосистемалерінің радиоэкологиялық әсерін растайды.

1. КІРІСПЕ

Мақала жайында:

Жіберілді: 18.12.2025
Қайта қаралды: 27.07.2026
Қабылданды: 09.09.2026
Жарияланды: 01.10.2026

Дәйексөз үшін:

Нұрахмет А., Зандыбай А.,
Нурахметова Г.,
Консервацияланған
«Шаңтөбе» уран кен
орнының Кутунгуз өзеніне
радиоэкологиялық әсерін
бағалау//
Гидрометеорология және
экология, 123 (3), 2026, 97-
111.

Әлемдегі уран кен орындарының шамамен 96 %-ы 11 елдің аумағында шоғырланған, оның ішінде қорлардың 90 %-ға жуығы 9 елге тиесілі. Уран – атом энергетикасының негізгі шикізаты, алайда ол жер қыртысында әдетте төмен концентрацияда таралған [1]. Экономикалық тұрғыдан тиімді кен орындары біркелкі орналаспаған, олардың басым бөлігі құмтас типіне жатады [2]. Уран қоры бойынша жетекші елдер қатарына Австралия (28 %), Қазақстан (13 %), Канада (10%), Ресей (8 %) және Намибия (8 %) кіреді [3]. Ал өндіру көлемі бойынша көшбасшылар қатарында Қазақстан (41,1 %), Австралия (13,1 %), Намибия (11,4 %), Канада (8,2 %) және Өзбекстан (7,4 %) бар [4]. Қазіргі уақытта Қазақстанда уран өндіруді бүкіл әлемде көшбасшы компания болып табылатын «Қазатомөнеркәсіп» ҰАҚ АҚ жүзеге асырады. Холдингтің әдеттегі тобына 20 шахтаны игерумен айналысатын толық және ішінара меншік құқығы бар 16 кәсіпорын кіреді. Республикадағы уран кен орындары Оңтүстік Қазақстан, Қызылорда және Ақмола облыстарының аумағында орналасқан.

Радионуклидтер көптеген дамыған елдерде маңызды мониторинг көрсеткіші ретінде саналады [5] және радиоактивті сәулеленудің 85 % табиғи радионуклидтер әсерінен болады [6]. Адамдар ауа, топырақ, тау жыныстары, су және т.б. қоса алғанда, әртүрлі көздерден келетін радиацияға үнемі ұшырайды. Адам әсерінен болатын техногендік өзгерістер қоршаған ортадағы радионуклидтер мен ауыр металдар көлемін

арттырады [7]. Өнеркәсіп нәтижесінде қалыптасатын бос тау жыныстарының үйінділері, радиоактивті қалдықтар, шахталық су төгінділері қоршаған ортаға елеулі әсерін тигізеді [8]. Ластанған өзендердегі ықтимал улы металл қалдықтары жауын-шашын, микроорганизмдер, су өсімдіктері мен жануарларда жиналуы мүмкін. Сонымен қатар, бұл металдар шөгінді ортаның өзгеруіне байланысты "қайталама ластануды" оңай тудыруы мүмкін және қоректік тізбек немесе басқа көші-қон жолдары арқылы биологиялық және адам денсаулығына үлкен ықтимал зиян келтіруі мүмкін [9]. Тиісті басқару болмаса немесе қайта қалпына келтіру жұмыстары жүйелі түрде жүргізілмеген жағдайда қоршаған ортаға үлкен әсер етуі мүмкін.

Әлемде радионуклидтердің қоршаған ортаға әсерін бағалау бойынша көптеген зерттеулер жүргізілген [10...14]. Зерттеулердегі табиғи сулардағы уранның және оның ыдырау элементтерінің концентрациясы (ДСҰ) нормативтерінен жоғары екенін көрсетті және кен игеру процестерінің қоршаған ортаға негативті әсері кен орындарын пайдалану аяқталғаннан кейін де жалғасатыны көрсетті.

Қазақстан Республикасында зерттеу тақырыбына сәйкес жүргізілген зерттеулер нәтижелері [15...19] жұмыс істеп тұрған уран кен орындарына жақын орналасқан елді мекендердің тұрғындары арасында аурулардың жоғары таралуын көрсеткен, кен үйінділер учаскелерінде ауытқулардың болуын көрсетеді. Сонымен қатар кен орындарына жақын орналасқан өзен, көлдердегі радионуклидтердің жиынтық альфа белсенділігі жоғары екендігін көрсетті.

Елімізде, басқа орталық Азия елдерімен салыстырғанда «уран мұраларын» консервациялау және рекультивациялау бағдарламасы ертерек қолға алынып, халықтың және қоршаған ортаның қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін 2001...2010 жылдары «Уран кеніштерін консервациялау және кен орындарын игергеннен кейін аумақтарды рекультивациялау» бағдарламасы іске асырылды және жұмыстарды жүзеге асыру үшін республикалық бюджеттен 4,2 млрд. теңге сомасында қаражат бөлінді [20]. Алайда, 2010 жылы кәсіпорын тоқтатылғаннан кейін радиациялық жағдайды бақылау және объектілерді техникалық бақылау тоқтатылды. Бүгінгі таңда Солтүстік Қазақстанның уран шахталарының көпшілігі ашық күйінде қалып, ескерту белгілерімен қоршалмаған. Аталған жайттар қоршаған ортаның ластану қаупін, оның ішінде жер асты және беткей сулардың ластану қаупін тудырады.

Бұл зерттеудің негізгі мақсаты консервацияланған «Шаңтөбе» уран кен орнының Кутунгуз өзеніне ықтимал радиоэкологиялық әсерін анықтау. Осы мақсатты орындауда келесі міндеттер қойылды:

Кутунгуз өзені сулары мен түптік шөгінділердегі табиғи радионуклидтердің белсенділігін сандық бағалау;

Олардың кеңістіктік таралуын бағалау;

Радионуклидтердің қозғалыштығын анықтайтын геохимиялық факторларды (корреляция, Kd, U-қатар теңгерімсіздігі) талдау;

Алынған нәтижелерді фондық нүктемен салыстыру.

2. МӘЛІМЕТТЕР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу ауданы

Зерттеу аймағы Ақмола облысы Сандықтау ауданында, Солтүстік Қазақстан уран провинциясы шегінде орналасқан. Әкімшілік бағыныштылығы жағынан Степногорск қаласының әкімшілігіне қарайды. Елді мекен Астана қаласынан 420 км, Көкшетау қаласынан 170 км және Степногорск қаласынан солтүстік-батысқа қарай 450 км жерде орналасқан. Кеніштің өнеркәсіп алаңына іргелес, шығысқа қарай 4 км жерде Шаңтөбе елді мекені және батысқа қарай 2 км жерде Новокронштадк елді мекені орналасқан.

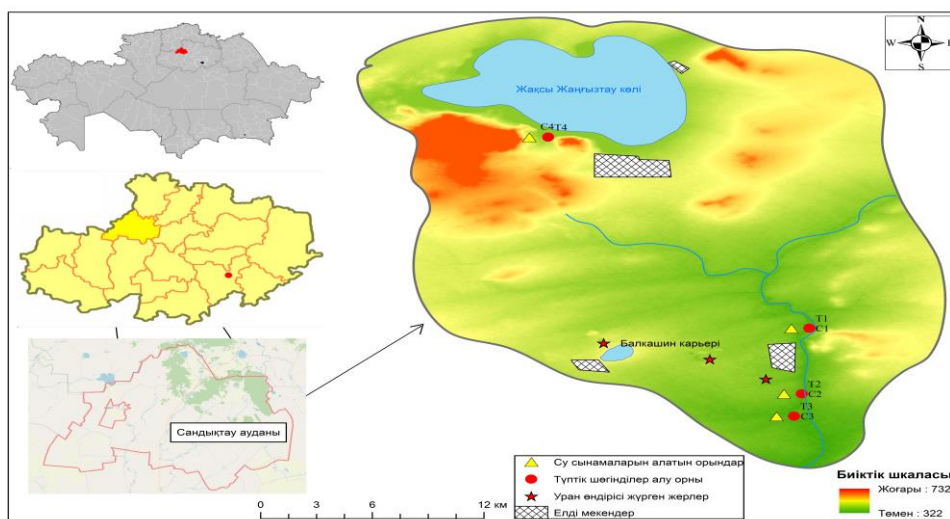
Ауданның климаты күрт континенталды, қысы қарлы және жазы құрғақ, ыстық. Ауаның орташа жылдық температурасы +18 °С, қаңтардағы айлық орташа температура

-16,8 °C, шілдедегі айлық орташа температура +20,4 °C. Желдің орташа жылдық жылдамдығы - 5,3 м/сек. Жауын-шашынның орташа мөлшері 326 мм [21].

Шаңтөбе кен орны 2014 жылы консервацияланған. Оған әртүрлі көлемдегі кен орындарының тобы кіреді (Восток, Звездное). Кен өндіру жер асты өндіру әдістерімен жүзеге асырылды, шахта аумағында сілтілеу учаскелері, тау жыныстарының қалдықтары үйінділері және бірнеше булану тоғандары бар. Кен орындарында уран өндірудің негізгі технологиясы күкірт қышқылымен үйінділі шаймалау болды.

Аудан аумағы Есіл өзені бассейнінің құрамына кіретін қалың гидрографиялық желімен қамтылған. Есіл өзеніне оның кең бөлігінде ағатын ең ірі су ағындары – Жыланды өзені, негізгі салалары – Ащылы, Жекебұяқ, Кутунгуз, Жабай өзендері. Жоғарыда аталған өзендерден бөлек атаусыз арналар жүйелерін құрайтын шағын су айдындарынан құралған. Ауданның солтүстік-батыс бөлігінде Жақсы-Жалғызтау көліне құятын Қарасу өзені және Есіл өзенінің саласы Аққанбұрлық өзені қысқа мерзімде ағып өтеді. Ауданның негізгі өзендері: Жабай, Жыланды, Аққанбұрлық, Қоңыр, Аршалы, Бақсық тұрақты су ағыны бар, қалғандары жаз кезінде кеуіп кетеді.

Зерттеу аумағында негізгі өзен саласы – Кутунгуз өзені, өзенге Кіші Кутунгуз, Балапан, Түнкөз өзендері құяды. Зерттеу нысаны – консервацияланған «Шаңтөбе» уран кен орны теңіз деңгейінен 365 метр биіктікте орналасқан, негізгі еңкіштігі – оңтүстік шығысқа қарай көбейеді. Кутунгуз өзені теңіз деңгейінен 340 метрде орналасқан. Сәйкесінше, консервацияланған уран кеніштерінің беткей су нысандарына әсер етуі – Кутунгуз өзені деңгейінде. Жақсы-Жалғызтау көлі – зерттеу аумағынан алшақтау орналасқандықтан, сонымен қатар Шаңтөбе кентінің ауыз су қоры ретінде саналатындықтан – фондық, таза аумақ ретінде алынды (Сурет 1).



Сурет 1. Зерттелетін аумақта сынама алу нүктелерінің таралуы. Т – түптік шөгінділер үлгілерін, ал С – су сынамалары үлгілерін білдіреді

Далалық жұмыстар

Зерттеу аумағынан түптік шөгінділер мен су сынамаларының 8 үлгі-сынамасы алынды, оның ішінде 4 түптік шөгінді үлгісі, 4 беткей су нысандарының үлгісі. Түптік шөгінділер үлгілері 5...10 см сынама алу тереңдігінде Ван-Винн құрылғысы арқылы алынды және 1000 г диапазондағы сынамалар алынды. Барлық үлгілер герметикалық полиэтилен пакеттерге мұқият орналастырылды және одан әрі талдау үшін зертханаға жеткізілді. Су бөтелкелері су сынамаларын алмас бұрын үш рет жуылды. Бұл су сынамаларының ластануын болдырмау үшін жасалады. Түптік шөгінділердің үлгілері 1 кг қапшықта, ал су үлгілері сынама алу үшін пайдаланылатын 5000 мл бөтелкеде сақталды. Іріктеуден кейінгі барлық үлгілер зертханаға жеткізілді. Зертханаға дейінгі

арақашықтықтың ұзақтығына байланысты су үлгілері HNO_3 (азот қышқылы) көмегімен су сынамаларын $\text{pH} < 1$ консервациялау-100 мл-5 литрге мөлшерінде жүргізілді [22].

Аумақтағы гамма-сәулелену дозасының қуатын өлшеу су және түптік шөгінділер алынған аумақтарды қамтыды. Өлшеу жұмыстар «РКС-01-СОЛО» (ТОО «Соло-ЛТД», Алматы, Қазақстан) радиометр-дозиметрі көмегімен жүргізілді. Өлшеу жұмыстары мемлекеттік санитариялық-эпидемиологиялық қадағалау комитеті төрағасының 2011 жылғы 8 қыркүйектегі №194 «Радиациялық гигиена бойынша ұсыныстар» әдістемелік құралдарды бекіту туралы бұйрығына №4 қосымшаға сәйкес жүргізілді [23]. Ашық гамма-сәулелену дозасының қуаты қоршаған ауаның эквивалентті дозасының қуат бірліктерімен өлшенді. Өлшеу жерден 1 м биіктікте жүргізілді.

Су сынамаларын іріктеу «Радиациялық бақылау. Жер үсті және ағынды сулардың сынамаларын алу» ҚР СТ 1545-2006» сәйкес жүргізілді [24]. Түптік шөгінділердің сынамаларын алу «Гидросфера. Ластануға талдау жасау үшін су объектілерінің түптік шөгінділерін іріктеуге қойылатын жалпы талаптарға» МемСТ 17.1.5.01-80 сәйкес таңдалды [25].

Далалық зерттеулер 2025 жылы консервацияланған «Шаңтөбе» уран кен орны аумағында жүргізілді. Сынамаларды іріктеу бір маусымда (жазда) жүргізілді. Алынған сынамалардың шектеулігін және маусымдық бақылауды ескере отырып, алынған мәліметтер радионуклидтердің көші-қон механизмдерін нақтылауға бағытталған әрі қарайғы зерттеулердің қажеттілігін көрсетеді және кеңейтілген бақылаулар мен сандық салыстырмалы талдау негізінде қосымша растауды қажет етеді.

Зертханалық талдаулар

Зертханада үлгілер талдау алдында алдын ала өңдеуден өткізілді. Органикалық материалдар, тамырлар, өсімдіктер мен қиыршық тастар алынып тасталды. Үлгілер алдымен кептіріліп, оларды паллеттерге жайып, содан кейін муфельдік пеште $110\text{ }^\circ\text{C}$ температурада 24 сағат бойы тұрақты құрғақ салмаққа жеткенше кептірілді. Топырақ сынамаларындағы ^{226}Ra , ^{232}Th және ^{40}K радионуклидтердің концентрациясы NaI(Tl) - $6,3\text{ см} \times 6,3\text{ см}$ детектормен жабдықталған "МКС-АТ1315" бета-гамма-спектрометрінің көмегімен анықталды (УП «Атомтех», г.Минск, Беларусь). Рұқсат етілген негізгі салыстырмалы қателік шектері $\pm 15\%$ -ды құрайды. Гамма-сәуле шығаратын радионуклидтердің деректерін жинау және талдау көп арналы анализатор (МКА) және РСА бағдарламалық жасақтамасы арқылы жүргізілді. Зерттеу әдісіне нормативтік құжаттар - №KZ.07.00.03310-2016 «МКС-АТ 1315» гамма-бета-спектрометрлерде радий-226, торий-232, калий-40 табиғи радионуклидтерінің меншікті үлестік белсенділігін өлшеуді орындау әдістемесі».

Түптік шөгінділердің сынамаларында уран изотоптарын - ^{234}U және ^{238}U өлшеу «Мультирад» МКС-01А құралын («Амплитуда» ЖШҚ, Зеленоград, Ресей) қолдана отырып жүргізілді. Зерттеу әдісіне нормативтік құжаттар - №KZ.07.00.03550-2017 «Уран изотоптарының (^{238}U , ^{234}U , ^{235}U) топырақ, түптік шөгінділер, тау жыныстары мен құрылыс материалдарының сынамаларында олардың негізінде радиохимиялық дайындығы бар альфа-спектрометриялық әдіспен үлестік белсенділігін өлшеу әдістемесі».

Табиғи судағы альфа және бета сәуле шығаратын радионуклидтердің жиынтық белсенділігін және ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb изотоптарының көлемдік белсенділігін өлшеу «УМФ-2000» («Доза» ғылыми-өндірістік кәсіпорны, Мәскеу, Ресей) альфа-бета радиометрінің көмегімен жүргізілді. Сынақты жүргізу «Радиациялық гигиена бойынша әдістемелік ұсыныстар» ҚР Бас санитарлық дәрігерінің 08.09.2011 жылғы №194 бұйрығына сай жүргізілді. Полоний (^{210}Po) және қорғасынның (^{210}Pb) көлемдік белсенділігін анықтау әдістемесі - №KZ.07.00.03146-2015 «Табиғи және сарқынды технологиялық сулардағы полоний-210 (^{210}Po) және қорғасын-210 (^{210}Pb) радионуклидтерінің көлемдік белсенділігін (КБ) сынамаларды алдын ала радиохимиялық дайындаумен альфа-бета радиологиялық әдіспен анықтау әдістемесі». Аталған зерттеу

әдістемелері Қазақстан Республикасының өлшем бірлігін қамтамасыз етудің мемлекеттік жүйесіне енгізілген.

Үлгілердің зертханалық радиохимиялық және радиоспектрометриялық талдаулары Астана медициналық университеті Радиобиология және радиациялық қорғау институты сынақ зертханасы (аккредиттеу аттестаты 20.08.2024ж.KZ.T.01.1431) жүргізілді. Зертхана сынақ және калибрлеу зертханаларының құзыреттілігіне қойылатын жалпы талаптар "МЕМСТ ИСО/МЭК 17025-2009 [26] талаптары сәйкестігі Қазақстан Республикасының аккредиттеу жүйесінде аккредиттелген.

Нәтижелерді статистикалық өңдеу Microsoft Excel және Statistica 6.0, ArcGIS 10.8 бағдарламаларын қолдана отырып, жалпы қабылданған әдістермен жүргізілді.

Түптік шөгінділер мен судағы радионуклидтердің таралу коэффициенті

Түптік шөгінділер мен судағы радионуклидтердің таралуы келесі (1) теңдеу арқылы есептелді.

$$K_d (L/kg) = A_{\text{sediment}} (Bq/kg) / A_{\text{water}} (Bq/L) \quad (1)$$

бұл жерде, A_{sediment} – түптік шөгінділердегі концентрация, Бк/кг, A_{water} – судағы концентрация, Бк/л [27].

Жоғары K_d мәндері түптік шөгінділер радионуклидтің күшті сорбциясын көрсетеді, ал төмен мәндер су фазасындағы көбірек қозғалғыштықты көрсетеді. Талдау радий (^{226}Ra) және уран изотоптары (^{234}U , ^{238}U) арасында есептелді.

3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Зерттелген аумақтағы топырақ профилінің беткі қабаттарындағы гамма сәулелену дозалары.

Жұмыстың бірінші кезеңінде бос тау жыныстары үйінділеріндегі және зерттеу нысандары - беткей су нысандары аумақтарында гамма-сәулелену дозасыны жер бетінен 1 метр жоғары деңгейі радиометр – дозиметр РКС-01-СОЛО («СОЛО ЛТД» ЖШС, Алматы, Қазақстан) қолдана отырып жүргізілді. Құрал метрологиялық тексеруден өткен. Өлшеудің бір нүктесінде төрт өлшеу жүргізілді, содан кейін орташа мән есептелді. Сәулелену дозасының қуатын өлшеу нәтижелері зерттелетін аумақтағы гамма сәулелену дозалары қалыпты екенін көрсетті. Дозаның амбиенттік эквивалентінің қуаты 1 м қашықтықта осы объектілер ауданындағы жер тиісінше жоғарғы мәні – 0,19...0,20 мкЗв/сағатты құрады (Кесте 1). Зерттеу барысында барлығы 20 сынама алынды.

Кесте 1

Беткей су нысандары аумағындағы гамма-түсірілім нәтижесі

Сынама алу орыны	МЭД гамма сәулелену(мкЗв/сағат)		
	min	max	орташа
ҚР бойынша рұқсат етілген деңгей			0,3
Жергілікті жердің табиғи фоны			0,10-0,12
Кұтынгөз өзені, №1 нүкте	0,09	0,32	0,20
Кұтынгөз өзені, №2 нүкте	0,14	0,40	0,27
Кұтынгөз өзені, №3 нүкте	0,08	0,25	0,16
Жақсы-Жалғызтау өзені	0,18	0,20	0,19

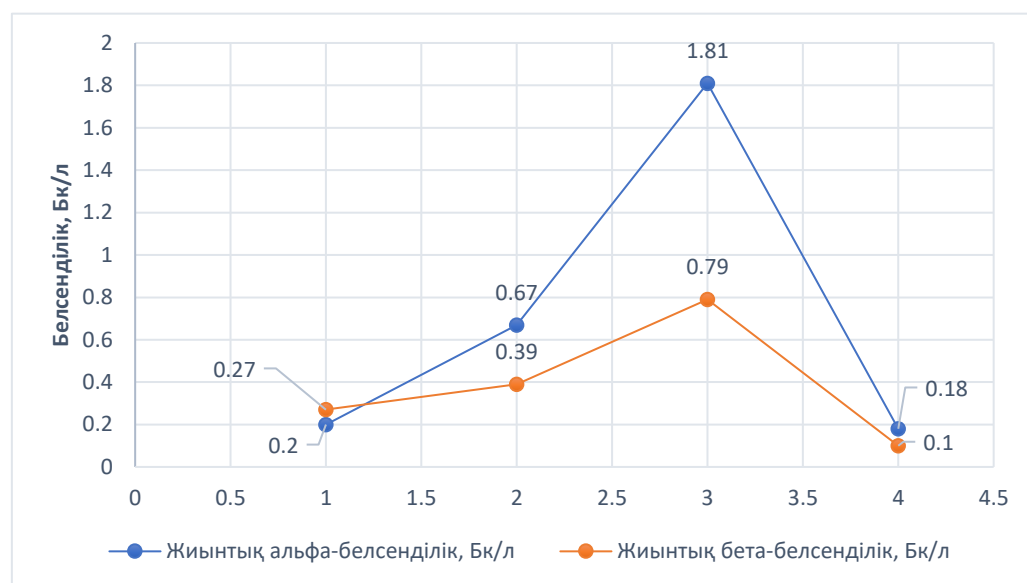
Зерттелген аумақтағы жиынтық альфа және бета белсенділік мөлшері.

Табиғатта радионуклидтердің бета белсенділігінің 1 Бк/л артуы өте сирек кездеседі, одан артқан жағдайда су құрамында қолдан пайда болған радионуклидтердің бар екендігін білдіреді. Табиғи сулардағы альфа белсенділік әлемдегі орташа мәні – 0,4...0,8 Бк/л аралығында, әлемдік зерттеулердің көрсеткен нәтижесі бойынша нақты радиациялық мәселе сулардағы альфа белсенділік 0,4...0,5 Бк/л аралығында болғанда туындауы мүмкін [28]. Аймақтың геологиялық құрылымы, минералды компоненттің

шоғырлануы және осы аумақтағы адам қызметінің сипаты жалпы альфа және бета белсенділігінің маңыздылығын анықтайтын үш негізгі фактор болып табылады [29].

Экологиялық геохимиялық сипаттамаларды зерттеуде дұрыс фондық мәндер маңызды рөл атқарады [30]. Зерттелетін аймақтағы табиғи сулардың және түптік шөгінділер мен фондық концентрация деректерінің болмауына байланысты, фондық мәндері зерттелетін аумақтан шамамен 16 шақырымда орналасқан және Шаңтөбе кентінің тұрғындары үшін ауыз суға пайдалатын Жақсы-Жалғызтау көлі таңдалып алынды.

Кутунгуз өзені мен фондық нүктедегі альфа және бета белсенділігінің көрсеткіші сурет 2-де көрсетілген.



Сурет 2. Кутунгуз өзенінің №1,2,3 (1,2,3) нүктелері және фондық нүктедегі (4) альфа және бета белсенділіктің мәндері

Жиналған деректерді талдау альфа-радиоактивтіліктің жиындық белсенділігі жалпы бета-радиоактивтілікпен салыстырғанда айтарлықтай жоғары екенін көрсетеді. Кутунгуз өзенінен алынған су сынамадар бойынша жиынтық альфа белсенділіктің мәндері 0,2...1,8 Бк/л және бета белсенділік 0,27...0,79 Бк/л аралығында өзгерді. Фондық (Жақсы-Жалғызтау көлі) мәндермен салыстырғанда Кутунгуз өзенінің жер үсті суының жиынтық альфа-белсенділігінің айтарлықтай өсуі байқалады.

Кутунгуз өзенінің бойында жиынтық альфа және бета белсенділік көрсеткіштері өзеннің төменгі ағысына қарай біртіндеп артады. Ең жоғары белсенділік өзендегі № 3 нүктеде (болжалды шахта суларының төгілу нүктесінен кейін 3 км) 1,81 Бк/л-ге дейін жоғарылаған, фондық нүктемен салыстырғанда 10 есе жоғары, бета белсенділікте Кутунгуз өзеніндегі № 3 нүктесінде ең жоғары мәнге ие – 0,79 Бк/л, бұл фондық нүктедегі мәннен 8 есе жоғары. Мұндай динамика өзеннің төменгі бөлігіне қарай радионуклидтердің жинақталу үрдісін немесе кеніштер орналасқан аймақтардан келетін ықпалды ластануын көрсетеді.

Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы [31] судың сапасын алдын ала бағалауға арналған скрининг деңгейін 0,55 Бк/л және 1,0 Бк/л ұсынады, Қазақстан Республикасының ауыз судағы жиынтық альфа-белсенділіктің скринингтік деңгейі 0,2 Бк/л, ал жиынтық бета-белсенділіктің шекті деңгейі 1,0 Бк/л болып табылады [32]. Осы скринингтік деңгейлермен салыстырғанда, зерттелген аймақтағы Кутунгуз өзенінің №1 нүктесі мен фондық нүкте ғана сәйкес келеді, қалған сынама нәтижелері альфа-белсенділік көрсеткіштері шекті мәннен асып түскен, ал бета-белсенділік нормативтерге сәйкес келеді.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері бойынша жиынтық альфа және бета белсенділіктің артуы уран өндіріс аймағындағы табиғи радионуклидтердің су экожүйесіне көшуін сипаттайды. Мұндай радиациялық фонның ұзақ мерзімді сақталуы экожүйе компоненттерінде (шөгінділер, биота, өсімдік жамылғысы) радионуклидтердің жиналуына және трофикалық тізбек арқылы таралуына әкелуі мүмкін.

Судағы уран изотоптарының (^{234}U , ^{238}U) және оның ыдарау элементтері радий (^{226}Ra), полоний (^{210}Po) қорғасынның (^{210}Pb) мөлшері.

БҰҰ-ның атом радиациясының әрекеті жөніндегі Ғылыми комитеті мәліметтері бойынша, ауыз судың сәулеленудің жалпы дозасына қосқан үлесі халық басым емес (жекелеген өңірлерді қоспағанда) және негізінен суда болатын уранның және торийдің табиғи қатарларының радионуклидтеріне байланысты [33]. Суды тұтыну есебінен сәулелену дозасын қалыптастыруға ең үлкен үлесті уран изотоптары (^{234}U и ^{238}U), радий (^{226}Ra и ^{228}Ra), радон (^{222}Rn), полоний (^{210}Po), аз мөлшерде - қорғасын (^{210}Pb) және торий изотоптары (^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th) береді. Әдетте, ауыз суға қатысатын калийдің үлесі (40К), тритий (3Н) және көміртегі - (14С), сондай-ақ жасанды радионуклидтер ^{137}Cs және ^{90}Sr үлесі өте аз.

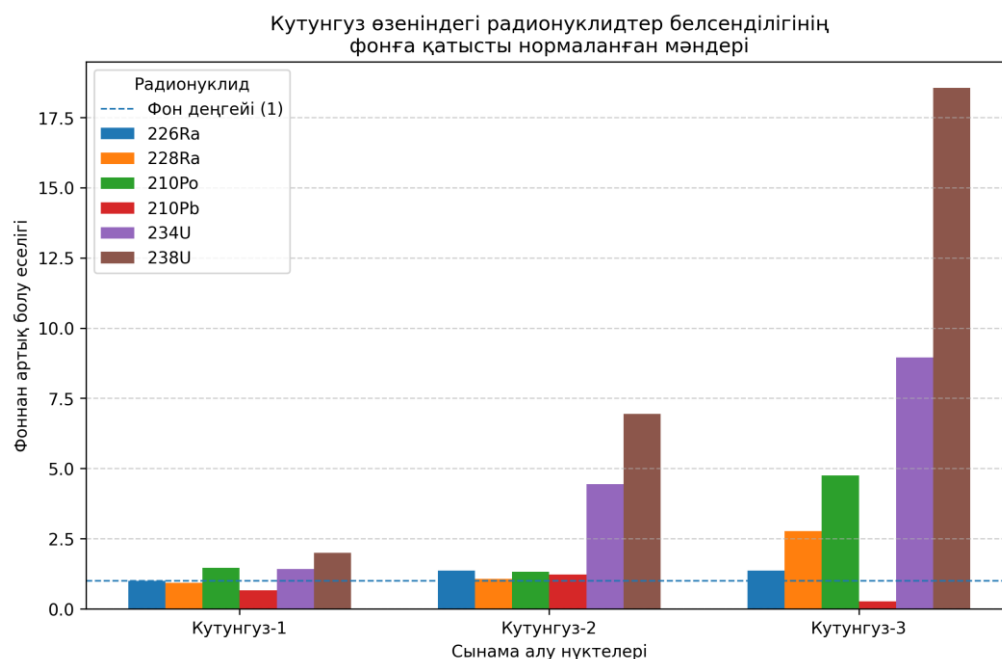
Зерттеу барысында Кутунгуз өзенінің үш нүктесінен және фондық нүкте ретінде алынған Жақсы-Жалғызтау көлінен су сынамаалары радиоспектрометриялық әдістермен талданды. Радиоактивті элементтердің құрамын анықтау үшін уран (^{234}U , ^{238}U), радий (^{226}Ra , ^{228}Ra), полоний (^{210}Po) және қорғасын (^{210}Pb) изотоптарының көлемдік белсенділігі өлшенді. Өлшеулер «УМФ-2000», МКС-01Ф «Мультирад» радиометрі және радиохимиялық бөлу әдістері арқылы жүргізілді. Табиғи сулардағы табиғи радионуклидтердің белсенділігі кесте 2-де көрсетілген.

Кесте 2

Кутунгуз өзені және фондық нүктедегі су сынамааларын зерттеу нәтижелері

Сынама алу орны	Радий изотоптарының көлемдік белсенділігі, Бк/л	Полоний (^{210}Po) және қорғасынның (^{210}Pb) көлемдік белсенділігі, Бк/л	Уран изотоптарының көлемдік белсенділігі, Бк/л
Кутунгуз өзені, №1 нүкте	^{226}Ra -0.11±0.03	(^{210}Po)	^{234}U – 0,071±0,018
	^{228}Ra -0.12±0.05	0,041± 0,018	^{238}U -0,04±0,011
		(^{210}Pb) 0,035±0,027	
Кутунгуз өзені, №2 нүкте	^{226}Ra -0.15±0.06	(^{210}Po)	^{234}U – 0,222±0,042
	^{228}Ra -0.14±0.07	0,037± 0,012	^{238}U -0,139±0,027
		(^{210}Pb) 0,065±0,033	
Кутунгуз өзені, №3 нүкте	^{226}Ra -0.15±0.06	(^{210}Po)	^{234}U – 0,448±0,073
	^{228}Ra -0.36±0.17	0,133± 0,045	^{238}U -0,371±0,059
		(^{210}Pb) 0,014±0,005	
Жақсы-Жалғызтау көлі (фон)	^{226}Ra -0.11±0.03	(^{210}Po)	^{234}U – 0,05±0,012
	^{228}Ra -0.13±0.05	0,028± 0,009	^{238}U -0,02±0,009
		(^{210}Pb) 0,053±0,03	

Кутунгуз өзеніндегі ^{226}Ra концентрациясы 0.11±0.03-0.15±0.06 Бк/л, ^{228}Ra 0.12±0.05-0.36±0.17 Бк/л аралығында өзгереді. Полоний (^{210}Po) 0,037±0,012-0,133±0,045 Бк/л, қорғасын (^{210}Pb) 0,014±0,005-0,065±0,033 Бк/л, уран изотоптары - ^{234}U -0,071±0,018-0,448±0,073 Бк/л, ^{238}U -0,04±0,011-0,371±0,059 Бк/л аралығында өзгереді. Уран изотоптарынан (^{234}U , ^{238}U) басқа радионуклидтер фондық нүкте концентрациясымен шектес. Уран изотоптары Кутунгуз өзенінің төменгі ағысына қарай жоғарылайды, яғни №3 нүктесінде фондық нүктемен салыстырғанда ^{234}U – 9 есе, ^{238}U – 19 есе жоғары. Кутунгуз өзенінің №3 нүктесінде уран изотоптары (^{234}U және ^{238}U) бойынша фондық нүктеден едәуір артық болу байқалатынын көрсетті. ^{238}U үшін фоннан артық болу еселігі ең жоғары мәнге ие. Радионуклидтердің қалған бөлігі бойынша ауытқулар салыстырмалы түрде төмен және табиғи фон шегінде (Сурет 2).



Сурет 3. Кутунгуз өзеніндегі радионуклидтердің фонға қатысты еселік мөлшері

Ең жоғары полоний (^{210}Po) концентрациясы Кутунгуз өзенінің №3 нүктесінде ($0,133 \pm 0,045$ Бк/л) байқалды, бұл судағы органикалық коллоидтардың немесе тұнбада жиналған полонийдің қайта еруімен байланысты болуы мүмкін. Фондық үлгіде полоний (^{210}Po) және қорғасын (^{210}Pb) деңгейлері айтарлықтай төмен ($0,028$ және $0,053$ Бк/л), бұл табиғи фонмен шектес мән. ^{210}Po ядросы тұрақты ^{206}Pb нуклидіне айналу үшін $5,3$ МэВ энергиясы бар альфа бөлшектерін шығарады. Радионуклидтің құрамында ^{210}Po мөлшері $0,12$ Бк/л болған кезде (араласу деңгейі) осы радионуклидтен суды тазарту үшін арнайы шаралар қабылдануы керек [34].

Жүргізілген өлшеулер көрсеткендей, зерттелген су көздеріндегі радионуклидтердің үлестік белсенділіктері айтарлықтай өзгереді. Кутунгуз өзенінің төменгі ағымында (№3 нүкте) уран изотоптарының концентрациясы жоғары, бұл тау-кен жұмыстары жүргізілген аймақтан радионуклидтердің шайылуын көрсетеді. Фондық көл нәтижелері табиғи фонды сипаттайды және радиоактивті ластану белгілері байқалмайды. Сонымен қатар, изотоптық қатынастардың теңгерімсіздігі ($^{234}\text{U}/^{238}\text{U} > 1$) геохимиялық процестердің (еріту, қайта шөгу) жүріп жатқанын дәлелдейді.

Осылайша, жүргізілген талдау жер үсті суларының радиоэкологиялық ластануының негізгі ластаушысы уран изотоптары (^{234}U және ^{238}U), олар Кутунгуз ағынының бойында өсуін көрсетті. ^{210}Po и ^{210}Pb үлесі аз дәрежеде, дегенмен олардың жергілікті жоғарылауы радионуклидтердің түптік шөгінділерде қайта бөлінуінің белсенді процестерін көрсетеді.

Түптік шөгінділердегі радионуклидтердің және альфа, бета белсенділік мөлшері.

Солтүстік Қазақстан ағынсыз көлдері көп өңір ретінде сулары жоғары минералдануы бар, радиоактивті элементтердің елеулі қорларын жинақтауға қабілетті түптік шөгінділер нысандары ретінде қоршаған ортаның ластану деңгейін анықтау маңызды саналады. Оқшауланған су қоймаларының түбіндегі шөгінділерді зерттеу қазіргі геоэкологияның перспективалық бағыттарының бірі болып табылады [35].

Кестеде түптік шөгінділердегі радионуклидтер мен жиынтық альфа-, бета-белсенділік құрамы көрсетілген (кесте 4). Талдау радионуклидтердің орташа концентрациясы $40\text{K} > ^{226}\text{Ra} > ^{232}\text{Th} > ^{234}\text{U} > ^{238}\text{U}$ қатарында төмендейтінін көрсетті. Кутунгуз өзеніндегі өлшенген көрсеткіштер жалпы әлемдегі ұқсас жағдайларда алынған деректерге сәйкес келеді. Мәселен, Солтүстік Америкадағы Риди, Қытайдағы Вэй,

Пәкістандағы Гилгит, Инд өзендері және Египеттегі Нассер көлінің түптік шөгінділеріндегі көрсеткіштермен шамалас [36...39].

Кутунгуз өзені және Жақсы-Жалғызтау фондық таза су айдынының су сынамалары мен түбіндегі шөгінділерін кешенді зерттеу табиғи радионуклидтердің құрамындағы елеулі кеңістіктік айырмашылықтарды анықтады. Барлық нүктелерде басым уран (^{234}U , ^{238}U) және радий (^{226}Ra) изотоптары болып табылады. Алынған нәтижелер зерттелетін объектілердің ғаламдық және жергілікті геохимиялық нормалардан ауытқу дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді. Мәселен Еуропадағы зерттеулерде ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K үшін мәндер 10...44,4; 10,7...48,6; 440...1450 Бк/кг аралығында өзгеретінін көрсетті [40...41]. Барлық түптік шөгінділер сынамалары радионуклид концентрацияларын өлшеу алдында құрғатылды, сондықтан 3-кестедегі табиғи радионуклидтер мәндері құрғақ массаға сәйкес келеді.

Кесте 3

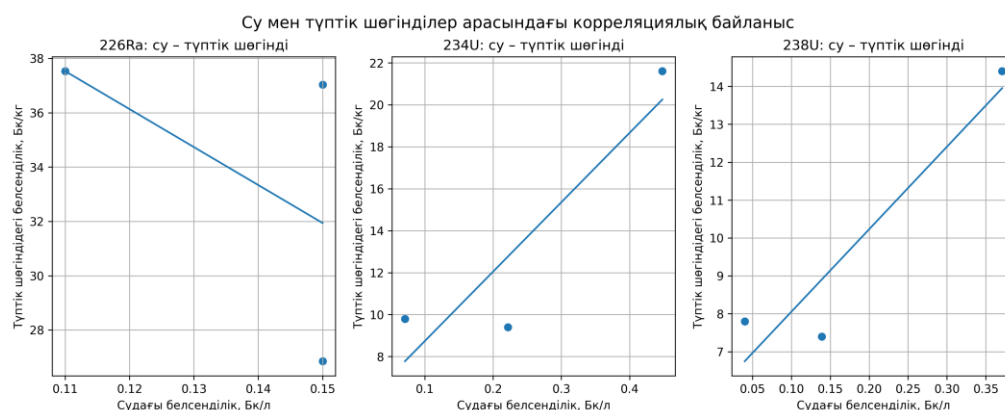
Түптік шөгінділердегі радионуклидтер мен жиынтық альфа-, бета-белсенділік құрамы (қабат 0-15 см) құрғақ масса, Бк/кг

Сынама алу орны	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	^{234}U	^{238}U	Аэфф
Кутунгуз өзені, №1 нүкте	37,53±5,88	38,68±5,39	454,3±100,5	9,8±2,8	7,8±2,2	128±12,83
Кутунгуз өзені, №2 нүкте	37,03±6,01	73,57±8,61	763±126,67	9,4±2,6	7,4±2,2	201±17,07
Кутунгуз өзені, №3 нүкте	26,85±4,8	41±5,39	474±95,65	21,6±4,8	14,4±3,2	123±12,05
Жақсы-Жалғызтау (фон)	38,57±6,35	83,1±9,61	829,67±136	14±3,8	12±2,8	221±18,6
Әлемдік орташа деңгей	8-160	4-130	100-700	4-140	4-140	

Кутунгуз өзенінде түптік шөгінділердегі ^{232}Th және ^{40}K меншікті белсенділігі табиғи мәндер шегінде (тиісінше 38...73 және 454,3...763 Бк/кг). Фондық нүкте Жақсы-Жалғызтау көліндегі мән - 83,1...829,67 Бк/кг көлемінде. Ең жоғары ^{40}K белсенділігі ($829,67 \pm 136$ Бк/кг) фондық нүктеде тіркелді. Фондық нүктедегі ^{40}K концентрациясының жоғары болуы уран немесе радий минерализациясымен байланысты емес, ол негізінен литогендік сипатта болып, жергілікті геологиялық ерекшеліктерді көрсетеді. ^{40}K уран және радий изотоптарынан айырмашылығы, уран минерализациясына генетикалық байланысты емес, сондықтан оның фондық деңгейінің жоғары болуы техногендік ластанудан емес, табиғи геохимиялық құрылысына байланысты. Бұл мәндер осы кен орындарына ұқсас Солтүстік Қазақстан аумағында рекультивацияланған уран кен орындарынан алынған сынамалармен ұқсас. Мәселен, Қазақстанның солтүстік бөлігінде орналасқан Грачевское уран кеніші мен Саумалкөл кентінің жанында жүргізілген радиометриялық өлшеулердің нәтижелері 587 Бк/кг және 689 Бк/кг аралығында [42]. Табиғи радионуклидтердің тиімді меншікті белсенділігі құрылыс материалдарына арналған - 370 Бк/кг көрсеткіштен төмен (Кесте 3).

Сонымен қатар, су мен түптік шөгінділердегі радионуклидтердің таралу заңдылықтарын және олардың миграциялық ерекшеліктерін анықтау үшін Пирсон корреляция коэффициенті (r) қолданылды. Зерттеу нәтижелері бойынша уран изотоптары (^{234}U және ^{238}U) үшін су мен түптік шөгінділер арасында өте күшті оң корреляция анықталды ($r = 0,91...0,94$). Мұндай байланыс уран изотоптарының геохимиялық мінез-құлқының ұқсастығын және олардың таралуы бірдей физика-химиялық факторлармен (ерітіндідегі комплекс түзу, тотығу-тотықсыздану жағдайлары, сорбция-десорбция процестері) реттелетінін көрсетеді. Оң корреляция түптік шөгінділердің уран изотоптары үшін аккумуляциялық орта рөлін атқаратынын және уранның су мен қатты фаза арасында динамикалық тепе-теңдік жағдайында миграцияланатынын дәлелдейді. Ал ^{226}Ra үшін орташа теріс корреляция анықталды ($r \approx -0,54$). Бұл радийдің уранға қарағанда геохимиялық тұрғыдан басқа мінез-құлыққа ие екенін көрсетеді. Радийдің су фазасында салыстырмалы түрде тәуелсіз миграцияланатынын және түптік шөгінділерде оның

жиналуы әрдайым судағы концентрациямен тікелей байланысты болмайтынын көрсетеді (Сурет 4).



Сурет 4. Кутунгуз өзеніндегі су мен түптік шөгінділер арасындағы корреляциялық байланыс

Түптік шөгінділер мен судағы радионуклидтердің таралу коэффициенттері (K_d).

Есептеу нәтижелері бойынша ^{226}Ra үшін K_d мәндері 179...341 л/кг аралығында өзгертіні анықталды. Бұл радий изотопының түптік шөгінділерге жоғары сорбциялық бейімділігін және оның су фазасында салыстырмалы түрде төмен миграциялануын көрсетеді. K_d мәндерінің жоғары болуы радийдің карбонаттармен, сульфаттармен және балшықты минералдармен байланысу қабілетінің жоғары екендігін көрсетеді.

Нүктелер арасында K_d мәндерінің төмендеу үрдісі байқалады, бұл түптік шөгінділердің минералдық құрамы мен геохимиялық жағдайларының (рН, Eh, иондық құрам) өзгеруімен байланысты болуы мүмкін.

Уран изотоптары үшін таралу коэффициенттері 42...195 л/кг диапазонында анықталды, бұл радиймен салыстырғанда төмен мәндермен сипатталады (Кесте 4). Мұндай айырмашылық уранның геохимиялық мінез-құлқының ерекшеліктерімен түсіндіріледі. Уран, әсіресе тотығу жағдайларында, еріген уранил-карбонат кешендері түрінде суда тұрақты болып, су фазасында белсенді миграцияланады. ^{234}U және ^{238}U үшін K_d мәндерінің салыстырмалы түрде төмен болуы олардың түптік шөгінділерде толық бекітілмей, су-шөгінді жүйесінде динамикалық тепе-теңдік жағдайында таралатынын көрсетеді. Бұл уран изотоптары үшін бұрын анықталған су мен түптік шөгінді арасындағы күшті оң корреляциямен жақсы сәйкес келеді. Сонымен қатар, радий изотоптарына қарағанда, уран изотоптары су бетімен миграциялануы жақсы екенін көрсетіп отыр.

Кесте 4

Кутунгуз өзеніндегі есептелген K_d мәндері, Бк/л

Сынама алу орны	^{226}Ra	^{234}U	^{238}U
Кутунгуз өзені, 1 нүкте	341,2	138,0	195,0
Кутунгуз өзені, 2 нүкте	246,9	42,3	53,2
Кутунгуз өзені, 3 нүкте	179,0	48,2	38,8

4. ҚОРЫТЫНДЫ

Жүргізілген зерттеу консервацияланған Шаңтөбе уран кеніші әсер ету аймағында орналасқан Кутунгуз өзенінің радиоэкологиялық жай-күйін кешенді сипаттауға мүмкіндік берді. Су сынамаларының көпшілігінде жиынтық альфа белсенділік ұлттық санитарлық нормативтерден де, дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы (ДДҰ)

ұсынымдарынан да асып түседі, бұл өңірдің су экожүйелеріне тұрақты радиациялық жүктеменің болуын көрсетеді. Жиынтық бета белсенділік нормативтерден төмен, бұл судағы радонуклидтердің табиғи радонуклидтермен басымдылығын растайды және техногендік ластанудың жоқтығын көрсетеді.

Элементтік зерттеу Кутунгуз өзенінде негізінен уран изотоптарының (^{234}U және ^{238}U) басымдығын көрсетті және ағыстан төмен қарай концентрацияның жоғарылағанын көрсетті. Өзеннің №3 нүктесінде фондық нүктемен салыстырғанда ^{234}U – 9 есе, ^{238}U – 19 есе жоғары. Уран изотоптары үшін су мен түптік шөгінділер арасында өте күшті оң корреляция анықталды ($r=0,91\ldots 0,94$). Оң корреляция түптік шөгінділердің уран изотоптары үшін аккумуляциялық орта рөлін атқаратынын және уранның су мен қатты фаза арасында динамикалық тепе-теңдік жағдайында миграцияланатынын дәлелдейді. Ал ^{226}Ra үшін орташа теріс корреляция анықталды ($r \approx -0,54$). Бұл радийдің су фазасында салыстырмалы түрде тәуелсіз миграцияланатынын және түптік шөгінділерде оның жиналуы әрдайым судағы концентрациямен тікелей байланысты болмайтынын көрсетті. Түптік шөгінділер мен судағы таралу коэффициенті радий изотоптарына қарағанда, уран изотоптары су бетімен миграциялануы жақсы екенін көрсетіп отыр. Радий изотоптары көбінесе түптік шөгінділерде жинақталуын жақсы көрсетсе, керісінше уран изотоптары өзеннің беткі қабатында миграцияға бейім екенін көрсетті. Табиғи радионуклидтердің көбінесе су бойымен тасымалданатынын және түптік шөгінділерде жинақталуы төмен екенін ескере отырып, келесі зерттеулерде Кутунгуз өзенінің төменгі ағысында орналасқан Жыланды, Жабай өзендері суындағы және түптік шөгінділеріндегі табиғи радионуклидтер құрамын анықтауға бағытталған зерттеулерді жалғастыру қажет.

Осылайша, зерттеу нәтижелері 2014 жылдан бері консервацияда тұрған «Шаңтөбе» кеніші аймақтың қоршаған су экожүйелеріне айтарлықтай әсер етуді жалғастыратынын растайды, бұл радиоэкологиялық тәуекелдерді бақылау мен басқарудың ұзақ мерзімді стратегиясын енгізуді және Кутунгуз өзенімен байланысты басқа су нысандарын да радиоэкологиялық бақылауды талап етеді.

ДЕРЕКТЕРДІҢ ҚОЛ ЖЕТІМДІЛІГІ

Осы зерттеуде пайдаланылған деректер ашық дереккөздерден алынды.

АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау - ААН, АЗ; деректерді басқару - ААН; Ресми талдау - ААН, АЗ, ГСН; Әдістеме - ААН, АЗ, ГСН; Қадағалау - АЗ; Визуализация - ГСН; Бастапқы жобаны жазу - ААН; Шолу жазу және редакциялау - ААН, АЗ.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Li, H., Wang, Q., Zhang, C., Su, W., Ma, Y., Zhong, Q., Xiao, E., Xia, F., Zheng, G., & Xiao, T. (2024). Geochemical distribution and environmental risks of radionuclides in soils and sediments runoff of a uranium mining area in South China. *Toxics*, 12, 95. <https://doi.org/10.3390/toxics12010095>
2. Jiao, Y. Q., Wu, L. Q., Rong, H., Zhang, F. (2021). Review of basin uranium resources in China. *Earth Science*, 46(8), 2675-2696. <https://doi.org/10.3799/dqkx.2020.304>
3. World Nuclear Association. World uranium mining production. [Электрондық ресурсы]. URL:-<https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>. (жүгіну күні: 10.11.2025)
4. OECD Nuclear Energy Agency. (2022). *Uranium 2022: Resources, production and demand*. OECD Publishing. [Электрондық ресурсы]. URL:- https://read.oecd-ilibrary.org/nuclear-energy/uranium-2022_2c4e111b-en (жүгіну күні: 10.11.2025)
5. Dołhańczuk-Śródka, A. (2012). Estimation of external gamma radiation dose in the area of Bory Stobrawskie forests (PL). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 5773–5779. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2380-4>
6. Long, Z., Zhu, H., Bing, H., Tian, X., Wang, Z., Wang, X., & Wu, Y. (2021). Contamination, sources and health risk of heavy metals in soil and dust from different functional areas in an industrial city of Panzhihua City, Southwest China. *Journal of Hazardous Materials*, 420, 126638. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126638>
7. Ji, K., Kim, J., Lee, M., Park, S., Kwon, H. J., Cheong, H. K., Jang, J. Y., Kim, D. S., Yu, S., & Kim, Y. W. (2008). Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near abandoned metal mines in Goseong, Korea. *Environmental Pollution*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.031>
8. Alexander, A. C., Ndambuki, J. M. (2023). Impact of mine closure on groundwater resource: Experience from Westrand Basin-South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 103432. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103432>
9. Yi, L., Gao, B., Liu, H., Zhang, Y., Du, C., Li, Y. (2020). Characteristics and Assessment of Toxic Metal Contamination in Surface Water and Sediments Near a Uranium Mining Area. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 548. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020548>

10. Landa, E. R. (2004). Uranium mill tailings: nuclear waste and natural laboratory for geochemical and radioecological investigations. *Journal of Environmental Radioactivity*, 77(1), 1-27. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.01.030>
11. Wu, Y., Wang, Y., Xie, X. (2014). Occurrence, behavior and distribution of high levels of uranium in shallow groundwater at Datong basin, northern China. *Science of the Total Environment*, 472, 809-817. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.109>
12. Gao, L., Kano, N., Sato, Y., Li, C., Zhang, S., Imaizumi, H. (2012). Behavior and distribution of heavy metals including rare earth elements, thorium, and uranium in sludge from industry water treatment plant and recovery method of metals by biosurfactants application. *Bioinorganic chemistry and applications*, 2012(1), 173819. <https://doi.org/10.1155/2012/173819>
13. Galhardi, J. A., García-Tenorio, R., Bonotto, D. M., Francés, I. D., Motta, J. G. (2017). Natural radionuclides in plants, soils and sediments affected by U-rich coal mining activities in Brazil. *Journal of environmental radioactivity*, 177, 37-47. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.06.001>
14. Камнев Е.Н., Карамушка В.П., Кузин Р.З. Рекультивация объектов добычи и переработки урановых руд. Издательство Горная книга, 2014, С. 183.
15. Saifulina, E., Janabayev, D., Kashkinbayev, Y., Shokabaeva, A., Ibrayeva, D., Aumalikova, M. (2023). Epidemiology of somatic diseases near uranium mining enterprises in Kazakhstan. *Healthcare*, 11, 804. <https://doi.org/10.3390/healthcare11060804>
16. Brzhanov, R. T.; Sofronova, L. I. (2021). Tailings as a source of environmental problems. *University Proceedings*, 1(82), 57–72. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2021_1_57
17. Bersimbaev, R. I., Bulgakova, O. (2015). The health effects of radon and uranium in Kazakhstan. *Genes and Environment*, 37(1), 18. [Электрондық ресурc]. URL:-<https://genesenvironment.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s41021-015-0019-3.pdf> (жүгіну күні: 10.11.2025)
18. Zhumadilov, K., Ivannikov, A., Kassymzhanov, M. (2025). Radiation doses of population near uranium mines (EPR spectroscopy). SSRN Preprint, <https://ssrn.com/abstract=4928278>
19. Bugubaeva, A., Kuprijanov, A., Chashkov, V., Kuanyshbaev, S., Valiev, K., Mamikhin, S., Shcheglov, A.; Nugmanov, A., Bulaev, A., Sultangazina, G., Kunanbayev, K., Chernyavskaya, O., Baubekova, G., Ruchkina, G., Safronova, O., Uxikbayeva, M., Sokharev, Y. (2023). Productivity assessment of various plant communities at uranium mine sites in Central Kazakhstan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(3), 864–876. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.3.21>
20. Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 июля 2001 года N 1006. Об утверждении Программы консервации уранодобывающих предприятий и ликвидации последствий разработки урановых месторождений на 2001-2010 годы. [Электрондық ресурc]. URL:- https://adilet.zan.kz/rus/docs/P010001006_ (жүгіну күні: 10.11.2025)
21. Ақмола облысы туралы ақпарат. [Электрондық ресурc] // Erulik.kz. — URL: <https://oq.gov.kz/erulik/regions/1> (жүгіну күні: 10.11.2025).
22. СТ РК ГОСТ Р 51592–2003. Вода. Общие требования к отбору проб. [Электрондық ресурc]. URL:- <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293739/4293739370.pdf> (жүгіну күні: 10.11.2025).
23. Приказ Председателя Комитета государственного санитарно-эпидемиологического надзора от 8 сентября 2011 года № 194 «Об утверждении «Методических рекомендаций по радиационной гигиене». [Электрондық ресурc]. URL:- https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31249142 (жүгіну күні: 10.11.2025).
24. СТ РК 1545-2006. Радиационный контроль. Отбор проб поверхностных и сточных вод. Общие требования. [Электрондық ресурc]. URL:- https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30527431 (жүгіну күні: 10.11.2025).
25. ГОСТ 17.1.5.01-80. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. [Электрондық ресурc]. URL:- https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37927607 (жүгіну күні: 10.11.2025).
26. ISO/IEC 17025:2019—General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. 2019. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland. [Электрондық ресурc]. URL:- <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-3:v1:en> (жүгіну күні: 10.11.2025).
27. Kırıs, E., Baltas, H. (2019). Sediment distribution coefficients (Kd) and bioaccumulation factors (BAF) in biota for natural radionuclides in eastern Black Sea coast of Turkey. *Microchemical Journal*, 149, 104044. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104044>
28. Li, H., Wang, Q., Zhang, C., Su, W., Ma, Y., Zhong, Q. (2024). Radionuclides in soils and sediments near uranium mines. *Toxics*, 12, 95. <https://doi.org/10.3390/toxics12010095>
29. Ogundare, F. O., Adekoya, O. I. (2015). Gross alpha and beta radioactivity in soils and water around a steel facility. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 8(3), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.02.009>
30. Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., Islam, M. K. (2015). Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. *Ecological Indicators*, 48, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.016>
31. World Health Organization. (2004). Guidelines for drinking-water quality. WHO. [Электрондық ресурc]. URL:- <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/b437749a-43f7-472f-a6d9-42596e8ac0ae/content> (жүгіну күні: 10.11.2025).
32. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа 2022 года № ҚР ДСМ-71. Об утверждении гигиенических нормативов к обеспечению радиационной безопасности. (2022). [Электрондық ресурc]. URL:- <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012> (жүгіну күні: 10.11.2025).
33. UNSCEAR, 2000. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations, New York, USA. [Электрондық ресурc]. URL:- https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html (жүгіну күні: 10.11.2025).
34. Klementyeva, E. A. (2015). Evaluation of 210Pb and 210Po in natural waters. *Problems of Health and Ecology*, 3(45), 84–88. [Электрондық ресурc]. URL:- <https://sn-biolchem.cfuv.ru/wp-content/uploads/2016/11/007klementyeva.pdf> (жүгіну күні: 10.11.2025).
35. Bersimbaev, R. I., Bulgakova, O. (2015). The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan. *Genes and Environment*, 37(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s41021-015-0019-3>
36. El-Shlemy, E.S., Gad, A., El Feky, M.G., Mahmoud, A.-M.A., El-Sayed, O., Abed, N.S. (2025). Potentially toxic elements and natural radioactivity in Nasser Lake sediments: Environmental risks in a key Egyptian freshwater lake. *Toxics*, 13(9), 745. <https://doi.org/10.3390/toxics13090745>
37. Lu, X., Zhang, X. and Wang, F. (2007). Natural radioactivity in sediment of Wei River, China. *Environmental Earth Sciences*, 53(7), pp. 1475–1481. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0756-0>
38. Qureshi, A.A., Tariq, S., Din, K.U. and Manzoor, S. (2014). Evaluation of excessive lifetime cancer risk due to natural radioactivity in the river sediments of Northern Pakistan. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 7(4), pp. 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.07.008>

39. Powell, B.A., Hughes, L.D., Soreefan, A.M., Falta, D., Wall, M. and DeVol, T.A. (2007). Elevated concentrations of primordial radionuclides in sediments from the Reedy River and surrounding creeks in Simpsonville, South Carolina. *Journal of Environmental Radioactivity*, 94(3), pp. 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.12.013>
40. Caridi, F., Di Bella, M., Sabatino, G., Belmusto, G., Fede, M. R., Romano, D., Italiano, F., Mottese, A. F. (2021). Assessment of natural radioactivity and radiological risks in river sediments from Calabria (Southern Italy). *Applied Sciences*, 11(4), 1729. <https://doi.org/10.3390/app11041729>
41. Pelić, M., Mihaljev, Ž., Živkov Baloš, M., Popov, N., Gavrilović, A., Jug-Dujaković, J., Ljubojević Pelić, D. (2023). The activity of natural radionuclides Th-232, Ra-226, K-40, and Na-22, and anthropogenic Cs-137, in the water, sediment, and common carp produced in purified wastewater from a slaughterhouse. *Sustainability*, 15(16), 12352. <https://doi.org/10.3390/su151612352>
42. Subbotin, S., Krivitskiy, P., Larionova, N. (2025). Radiological situation near a mothballed uranium mine. *Scientific Reports*, 15, 16426. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01697-6>

REFERENCES

1. Li, H., Wang, Q., Zhang, C., Su, W., Ma, Y., Zhong, Q., Xiao, E., Xia, F., Zheng, G., & Xiao, T. (2024). Geochemical distribution and environmental risks of radionuclides in soils and sediments runoff of a uranium mining area in South China. *Toxics*, 12, 95. <https://doi.org/10.3390/toxics12010095>
2. Jiao, Y. Q., Wu, L. Q., Rong, H., Zhang, F. (2021). Review of basin uranium resources in China. *Earth Science*, 46(8), 2675–2696. <https://doi.org/10.3799/dqkx.2020.304>
3. World Nuclear Association. World uranium mining production. Electronic resource. URL: <https://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/world-uranium-mining-production.aspx>. (date of access: 10.11.2025)
4. OECD Nuclear Energy Agency. (2022). Uranium 2022: Resources, production and demand. OECD Publishing. Electronic resource. URL: https://read.oecd-ilibrary.org/nuclear-energy/uranium-2022_2c4e111b-en (date of access: 10.11.2025)
5. Dołhańczuk-Śródka, A. (2012). Estimation of external gamma radiation dose in the area of Bory Stobrawskie forests (PL). *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 5773–5779. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2380-4>
6. Long, Z., Zhu, H., Bing, H., Tian, X., Wang, Z., Wang, X., & Wu, Y. (2021). Contamination, sources and health risk of heavy metals in soil and dust from different functional areas in an industrial city of Panzhihua City, Southwest China. *Journal of Hazardous Materials*, 420, 126638. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126638>
7. Ji, K., Kim, J., Lee, M., Park, S., Kwon, H. J., Cheong, H. K., Jang, J. Y., Kim, D. S., Yu, S., & Kim, Y. W. (2008). Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near abandoned metal mines in Goseong, Korea. *Environmental Pollution*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.03.031>
8. Alexander, A. C., Ndambuki, J. M. (2023). Impact of mine closure on groundwater resource: Experience from Westrand Basin-South Africa. *Physics and Chemistry of the Earth*, 103432. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103432>
9. Yi, L., Gao, B., Liu, H., Zhang, Y., Du, C., Li, Y. (2020). Characteristics and Assessment of Toxic Metal Contamination in Surface Water and Sediments Near a Uranium Mining Area. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 17, 548. <https://doi.org/10.3390/ijerph17020548>
10. Landa, E. R. (2004). Uranium mill tailings: nuclear waste and natural laboratory for geochemical and radioecological investigations. *Journal of Environmental Radioactivity*, 77(1), 1–27. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2004.01.030>
11. Wu, Y., Wang, Y., Xie, X. (2014). Occurrence, behavior and distribution of high levels of uranium in shallow groundwater at Datong basin, northern China. *Science of the Total Environment*, 472, 809–817. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.11.109>
12. Gao, L., Kano, N., Sato, Y., Li, C., Zhang, S., Imaizumi, H. (2012). Behavior and distribution of heavy metals including rare earth elements, thorium, and uranium in sludge from industry water treatment plant and recovery method of metals by biosurfactants application. *Bioinorganic chemistry and applications*, 2012(1), 173819. <https://doi.org/10.1155/2012/173819>
13. Galhardi, J. A., García-Tenorio, R., Bonotto, D. M., Francés, I. D., Motta, J. G. (2017). Natural radionuclides in plants, soils and sediments affected by U-rich coal mining activities in Brazil. *Journal of environmental radioactivity*, 177, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2017.06.001>
14. Kamnev, E. N., Karamushka, V. P., & Kuzin, R. Z. (2014). *Rekultivatsiya ob'ektov dobychi i pererabotki uranovykh rud* [Reclamation of uranium mining and processing facilities]. Moscow: Gornaya kniga. 183 p. [In Russian]
15. Saifulina, E., Janabayev, D., Kashkinbayev, Y., Shokabaeva, A., Ibrayeva, D., Aumalikova, M. (2023). Epidemiology of somatic diseases near uranium mining enterprises in Kazakhstan. *Healthcare*, 11, 804. <https://doi.org/10.3390/healthcare11060804>
16. Brzhanov, R. T.; Sofronova, L. I. (2021). Tailings as a source of environmental problems. *University Proceedings*, 1(82), 57–72. https://doi.org/10.52209/1609-1825_2021_1_57
17. Bersimbaev, R. I.; Bulgakova, O. (2015). The health effects of radon and uranium in Kazakhstan. *Genes and Environment*, 37(1), 18. [Электрондық ресурc]. URL: <https://genesenvironment.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s41021-015-0019-3.pdf> (жүгіну күні: 10.11.2025)
18. Zhumadilov, K.; Ivannikov, A.; Kassymzhanov, M. (2025). Radiation doses of population near uranium mines (EPR spectroscopy). SSRN Preprint. <https://ssrn.com/abstract=4928278>
19. Bugubaeva, A., Kuprijanov, A., Chashkov, V., Kuanyshbaev, S., Valiev, K., Mamikhin, S., Shcheglov, A.; Nugmanov, A., Bulaev, A., Sultangazina, G., Kunanbayev, K., Chernyavskaya, O., Baubekova, G., Ruchkina, G., Safronova, O., Uxikbayeva, M., Sokharev, Y. (2023). Productivity assessment of various plant communities at uranium mine sites in Central Kazakhstan. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 55(3), 864–876. <https://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.3.21>
20. Postanovlenie Pravitel'stva Respubliki Kazakhstan ot 25 iyulya 2001 goda No. 1006. Ob utverzhdenii Programmy konservatsii uranodobyvayushchikh predpriyatii i likvidatsii posledstviy razrabotki uranovykh mestorozhdenii na 2001–2010 gody. Electronic resource. URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/P010001006_ (date of access: 10.11.2025). [In Russian]
21. Erulik.kz.Aqmola oblysy turaly aqparat. Electronic resource. URL: <https://oq.gov.kz/erulik/regions/1>. (date of access: 10.11.2025). [In Kazakh]
22. ST RK GOST R 51592–2003. Voda. Obshchie trebovaniya k otboru prob. Electronic resource. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293739/4293739370.pdf> (date of access: 10.11.2025). [In Russian]
23. Prikaz Predsedatelya Komiteta gosudarstvennogo sanitarno-epidemiologicheskogo nadzora ot 8 sentyabrya 2011 goda No. 194 «Ob utverzhdenii “Metodicheskikh rekomendatsii po radiatsionnoi gigiene”». Electronic resource. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=31249142 (date of access: 10.11.2025). [In Russian]
24. ST RK 1545-2006. Radiatsionnyi kontrol'. Otbor prob poverkhnostnykh i stochnykh vod. Obshchie trebovaniya. Electronic resource. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30527431 (date of access: 10.11.2025). [In Russian]

25. GOST 17.1.5.01-80. Okhrana prirody (SSOP). Gidrosfera. Obshchie trebovaniya k otboru prob donnykh otlozhenii vodnykh ob'ektov dlya analiza na zagryaznennost'. Electronic resource. URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37927607 (date of access: 10.11.2025). [In Russian]
26. ISO/IEC 17025:2019—General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories. 2019. International Organization for Standardization: Geneva, Switzerland. Electronic resource. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:17025:ed-3:v1:en> (date of access: 10.11.2025).
27. Kırıs, E., Baltas, H. (2019). Sediment distribution coefficients (K_d) and bioaccumulation factors (BAF) in biota for natural radionuclides in eastern Black Sea coast of Turkey. Microchemical Journal, 149, 104044. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104044>
28. Li, H., Wang, Q., Zhang, C., Su, W., Ma, Y., Zhong, Q. (2024). Radionuclides in soils and sediments near uranium mines. Toxics, 12, 95. <https://doi.org/10.3390/toxics12010095>
29. Ogundare, F. O., Adekoya, O. I. (2015). Gross alpha and beta radioactivity in soils and water around a steel facility. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 8(3), 411–417. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2015.02.009>
30. Islam, M. S., Ahmed, M. K., Raknuzzaman, M., Habibullah-Al-Mamun, M., Islam, M. K. (2015). Heavy metal pollution in surface water and sediment: A preliminary assessment of an urban river in a developing country. Ecological Indicators, 48, 282–291. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2014.08.016>
31. World Health Organization. (2004). Guidelines for drinking-water quality. WHO. Electronic resource. URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/b437749a-43f7-472f-a6d9-42596e8ac0ae/content> (date of access: 10.11.2025).
32. Prikaz Ministra zdoravoohraneniya Respubliki Kazakhstan ot 2 avgusta 2022 goda № KR DSM-71. Ob utverzhenii gigienicheskikh normativov k obespecheniyu radiacionnoj bezopasnosti. (2022). Electronic resource. URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029012> (date of access: 10.11.2025). [In Russian]
33. UNSCEAR, 2000. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation. United Nations, New York, USA. Electronic resource. URL: https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2000_1.html (date of access: 10.11.2025).
34. Klementyeva, E. A. (2015). Evaluation of 210Pb and 210Po in natural waters. Problems of Health and Ecology, 3(45), 84–88. Electronic resource. URL: <https://sn-biolchem.cfuv.ru/wp-content/uploads/2016/11/007klementyeva.pdf> (date of access: 10.11.2025).
35. Bersimbaev, R. I., Bulgakova, O. (2015). The health effects of radon and uranium on the population of Kazakhstan. Genes and Environment, 37(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s41021-015-0019-3>
36. El-Shlemy, E.S., Gad, A., El Feky, M.G., Mahmoud, A.-M.A., El-Sayed, O., Abed, N.S. (2025). Potentially toxic elements and natural radioactivity in Nasser Lake sediments: Environmental risks in a key Egyptian freshwater lake. Toxics, 13(9), 745. <https://doi.org/10.3390/toxics13090745>
37. Lu, X., Zhang, X. and Wang, F. (2007). Natural radioactivity in sediment of Wei River, China. Environmental Earth Sciences, 53(7), pp. 1475–1481. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0756-0>
38. Qureshi, A.A., Tariq, S., Din, K.U. and Manzoor, S. (2014). Evaluation of excessive lifetime cancer risk due to natural radioactivity in the river sediments of Northern Pakistan. Journal of Radiation Research and Applied Sciences, 7(4), pp. 438–447. <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2014.07.008>
39. Powell, B.A., Hughes, L.D., Soreefan, A.M., Falta, D., Wall, M. and DeVol, T.A. (2007). Elevated concentrations of primordial radionuclides in sediments from the Reedy River and surrounding creeks in Simpsonville, South Carolina. Journal of Environmental Radioactivity, 94(3), pp. 121–128. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.12.013>
40. Caridi, F., Di Bella, M., Sabatino, G., Belmusto, G., Fede, M. R., Romano, D., Italiano, F., Mottese, A. F. (2021). Assessment of natural radioactivity and radiological risks in river sediments from Calabria (Southern Italy). Applied Sciences, 11(4), 1729. <https://doi.org/10.3390/app11041729>
41. Pelić, M., Mihaljev, Ž., Živkov Baloš, M., Popov, N., Gavrilović, A., Jug-Dujaković, J., Ljubojević Pelić, D. (2023). The activity of natural radionuclides Th-232, Ra-226, K-40, and Na-22, and anthropogenic Cs-137, in the water, sediment, and common carp produced in purified wastewater from a slaughterhouse. Sustainability, 15(16), 12352. <https://doi.org/10.3390/su151612352>
42. Subbotin, S., Krivitskiy, P., Larionova, N. (2025). Radiological situation near a mothballed uranium mine. Scientific Reports, 15, 16426. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-01697-6>

ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ КОНСЕРВИРОВАННОГО УРАНОВОГО РУДНИКА «ШАНТОБЕ» НА РЕКУ КУТУНГУЗ

Айқын А. Нұрахмет^{1*}, Аманбек Зандыбай¹ к.б.н., ассоциированный профессор, Гульнур С. Нурахметова²

¹ Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан; aikyn1117@gmail.com (ААН); amanbek_z@mail.ru (АЗ)

² РГП «Казгидромет», г. Астана, Казахстан; nurakhmetova_g@meteo.kz (ГЧН)

* Автор корреспонденции: Aikyn A. Nurakhmet, aikyn1117@gmail.com

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

рекультивация, добыча урана, источники ионизирующего излучения, радиационное воздействие

По статье:

Получено: 18.12.2025

Пересмотрено: 27.07.2026

Принято: 09.09.2026

Опубликовано: 01.10.2026

АБСТРАКТ

Рекультивированные и законсервированные урановые месторождения продолжают оказывать существенное воздействие на окружающую среду даже после прекращения их эксплуатации, особенно на поверхностные водные объекты. В данном исследовании показано влияние законсервированного уранового месторождения «Шантобе», расположенного на территории Акмолинской области, на загрязнение реки Кутунгуз природными радионуклидами. В большинстве проб воды реки Кутунгуз суммарная альфа-активность превышает как национальные санитарные нормативы для питьевой воды, так и рекомендации Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ). Суммарная бета-активность во всех пробах ниже нормативных (скрининговых) значений. Анализ концентраций радионуклидов в речной воде показал, что особенно в точке № 3 содержание изотопов урана существенно выше по сравнению с фоновой точкой: по ^{234}U — в 9 раз, по ^{238}U — в 19 раз. Коэффициенты распределения радионуклидов между водой и донными отложениями свидетельствуют о высокой миграционной способности изотопов урана в водной среде, тогда как изотопы радия преимущественно аккумулируются в донных отложениях и демонстрируют слабую связь с их концентрациями в воде. Полученные результаты указывают на необходимость проведения долгосрочного мониторинга состояния реки (сезонного и динамического) и подтверждают радиоэкологическое воздействие так называемого «уранового наследия» региона на водные экосистемы.

ASSESSMENT OF THE RADIOECOLOGICAL IMPACT OF THE CONSERVED SHANTOBE URANIUM MINE ON THE KUTUNGUZ RIVER

Aikyn A. Nurakhmet^{1*}, Amanbek Zandybay¹ Candidate of Biological Sciences, associate professor, Gulnur S. Nurakhmetova²

¹L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan; aikyn1117@gmail.com (AAN); amanbek_z@mail.ru (AZ)

² RSE «Kazhydromet», Astana, Kazakhstan; nurakhmetova_g@meteo.kz (GSN)

*Corresponding author: Aikyn A. Nurakhmet, aikyn1117@gmail.com

KEY WORDS

reclamation, uranium mining, sources of ionizing radiation, radiological impact

ABSTRACT

Reclaimed and conserved uranium mining sites continue to exert a significant impact on the environment even after the cessation of mining activities, particularly on surface water bodies. This study evaluates the influence of the conserved Shantobe uranium mine, located in the Akmola Region, on the contamination of the Kutunguz River with natural radionuclides. In most water samples from the Kutunguz River, gross alpha activity exceeds both national drinking water sanitary standards and the guideline values recommended by the World Health Organization (WHO). Gross beta activity in all water samples remained below the regulatory (screening) limits. Analysis of radionuclide concentrations in river water revealed that, in particular at sampling point No. 3, uranium isotope levels are significantly elevated compared to the background site, with ^{234}U concentrations higher by a factor of 9 and ^{238}U by a factor of 19. The distribution coefficients between bottom sediments and water indicate high mobility of uranium isotopes in the aqueous phase, whereas radium isotopes tend to accumulate predominantly in bottom sediments and show a weak correlation with their concentrations in water. The results of this study highlight the necessity for long-term monitoring of the river (seasonal and sequential) and confirm the radioecological impact of the region's "uranium legacy" on aquatic ecosystems.

About article:

Received: 18.12.2025

Revised: 27.07.2026

Accepted: 09.09.2026

Published: 01.10.2026

Баспагердің ескертпесі: барлық жарияланымдардағы мәлімдемелер, пікірлер мен деректер «Гидрометеорология и экология» журналына және/немесе редакторға(ларға) емес, тек авторға(ларға) тиесілі.