

А. Нұрахмет<sup>1\*</sup>, А. Зандыбай<sup>1</sup>, Т. Онай<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

<sup>2</sup>Босфор университеті, Стамбұл, Түркия

\*e-mail: nurakhmetov\_a88@mail.ru

## ТАСТЫКӨЛ ЖӘНЕ ЗАОЗОРНОЕ РЕКУЛЬТИВАЦИЯЛАНҒАН УРАН КЕН ОРЫНДАРЫНА ЖАҚЫН ОРНАЛАСҚАН БЕТКЕЙ СУ НЫСАНДАРЫН РАДИОЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Солтүстік Қазақстандағы уран өндіру қызметі – қоршаған ортадағы табиғи радионуклидтердің белсенді концентрациясының артуына ықпал етті. Осы зерттеудің мақсаты – Ақмола облысында орналасқан Тастыкөл (№9 кеніш) және Заозорное (№8 кеніш) рекультивацияланған кен орындарына жақын орналасқан уран өндірудің типтік ауданының жер үсті су нысандарына және көл шөгінділерінде табиғи радионуклидтердің кеңістіктік таралу сипаттамаларын бағалау, сондай-ақ олардың көші-қон процестерін түсіну үшін судағы және шөгінділердегі табиғи радионуклидтердің геохимиялық ерекшеліктерін зерттеу. Су нысандарындағы және түптік шөгінділердегі табиғи радионуклидтердің альфа және белсенділігі анықталды, сонымен қатар су үлгілерін алу кезінде сілтілік деңгейі (рН) сынама алу кезінде бірден анықталды. Кеніштердің аумақтарындағы бос жыныстардың үйінділеріндегі және карьер, сынама алынған су нысандары аумақтарында гамма-сәулелену дозасының қуатын өлшеу жүргізілді. Біздің зерттеу жұмыстары келесіні көрсетті: Зерттеу аумағындағы су нысандарындағы сынамалардағы альфа белсенділік 0,8 ден 9,8 Бк/л, бета белсенділік – 0,3 тен 2,7 Бк/л дейінгі аралықты қамтыды. Мәндердің бұл арақатынасы осы нақты аудандардағы радиациялық әсерге байланысты денсаулыққа ықтимал қауіптің жоғарылауын көрсетеді. Түптік шөгінділердегі альфа белсенділік мәні – 250 Бк/кг – 510 Бк/кг аралығында, бета белсенділік 120 Бк/кг – 240 Бк/кг аралығында. Жоғары мәндер негізінен техногендік әсер болған Көксор, Тастыкөл, №9 шахтаның №5 карьері аумағында жоғары деңгейде. Өлшенген сілтілік деңгейінің артуы – ықтимал техногендік әсердің жоғарылығын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** кен басқармасы, рекультивация, аэрорадиометрия, аэроауытқулар, рудалық құбылыстар, уран өндіру, ионданушы сәулелену көздері.

A. Nurakhmet<sup>1\*</sup>, A. Zandybay<sup>1</sup>, T. Onay<sup>2</sup>

<sup>1</sup>L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

<sup>2</sup>Boğaziçi University, Istanbul, Turkey

\*e-mail: nurakhmetov\_a88@mail.ru

### Radioecological assessment of surface water bodies located near the tastykol and Zaozornoye reclaimed uranium deposits

Uranium mining activities in Northern Kazakhstan – contributed to an increase in the active concentration of natural radionuclides in the environment. The purpose of this study is to assess the characteristics of the spatial distribution of natural radionuclides in surface water bodies and lake sediments of a typical uranium mining area located near the reclaimed deposits of Tastykol (Mine №9) and Zaozornoye (Mine №8) located in the Akmola region, also to understand the processes of their migration is the study of the geochemical features of natural radionuclides in water and sediments. The Alpha and activity of natural radionuclides in water bodies and bottom sediments was determined, as well as the alkalinity level (PH) was immediately determined during sampling when taking water samples. Measurements of the power of the gamma radiation dose were carried out in waste rock dumps in the territories of Mines and in the territories of quarries, sampled water bodies. Our research work showed the following: alpha activity in samples of water bodies in the study area covered the range from 0.8 to 9.8 Bk/l, beta activity – from 0.3 to 2.7 Bk/l. This ratio of values indicates an increased potential health risk due to radiation exposure in these specific areas. The alpha activity value in the bottom sediment is in the range of 250 Bk/kg – 510 Bk/kg, beta activity is in the range of 120 Bk/kg – 240 Bk/kg. High values are at a high level in the territories of Koksor, Tastykol, quarry №5 of Mine №9, where there were mainly man-made impacts. An increase in the measured level of alkalinity – indicates an increased potential man-made impact.

**Keywords:** ore management, reclamation, aeroradiometry, air conditioners, ore phenomena, ura-

А. Нұрахмет<sup>1\*</sup>, А. Зандыбай<sup>1</sup>, Т.Т. Онай<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

<sup>2</sup>Босфорский университет, Стамбул, Турция

\*e-mail: nurakhmetov\_a88@mail.ru

**Радиоэкологическая оценка поверхностных водных объектов,  
расположенных вблизи рекультивированных урановых рудников  
Тастыколь и Заозерное**

Деятельность по добыче урана в Северном Казахстане способствовала увеличению активной концентрации природных радионуклидов в окружающей среде. Целью данного исследования является оценка характеристик пространственного распределения природных радионуклидов в поверхностных водоемах и озерных отложениях типичного района добычи урана, расположенного вблизи рекультивированных месторождений Тастыколь (рудник № 9) и Заозерное (рудник № 8), а также, для понимания процессов их миграции проводится изучение геохимических особенностей природных радионуклидов в воде и донных отложениях. При отборе проб воды определяли удельную альфа-бета активность природных радионуклидов в водоемах и донных отложениях, а также уровень щелочности (РН) непосредственно во время отбора проб. Измерения мощности дозы гамма-излучения проводились в отвалах пустой породы на территориях шахт и на территориях карьеров, где отбирались пробы водных объектов. Наши исследования показали следующее: альфа-активность в пробах водоемов на исследуемой территории находилась в диапазоне от 0,8 до 9,8 Бк/л, бета-активность – от 0,3 до 2,7 Бк/л. Такое соотношение значений указывает на повышенный потенциальный риск для здоровья из-за радиационного облучения в этих конкретных районах. Значение альфа-активности в донных отложениях находится в диапазоне от 250 до 510 Бк/кг, бета-активность находится в диапазоне от 120 до 240 Бк/кг. Высокие значения находятся на высоком уровне на территориях озера Коксор, Тастыкол, карьера №5 шахты № 9, где в основном имели место техногенные воздействия. Увеличение измеренного уровня щелочности указывает на возросшее потенциальное техногенное воздействие.

**Ключевые слова:** рудоуправление, рекультивация, аэрорадиометрия, аэроизменения, рудные явления, добыча урана, источники ионизирующего излучения.

## Кіріспе

Адам ағзасы өмір сүру барысында радиоактивті сәулеленуге ұшырайды. Сәулелену көздері негізінен радионуклидтер әсерінен болады, олар өз кезегінде табиғи және жасанды болып бөлінеді [1]. Радионуклидтер көптеген дамыған елдерде маңызды мониторинг көрсеткіші ретінде саналады [2]. Радиоактивті сәулеленудің 85 % табиғи радионуклидтер әсерінен болады [3]. 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 [4]. Өнеркәсіп нәтижесінде қалыптасатын бос жыныстар, радиоактивті қалдықтар, шахталық су төгінделері қоршаған ортаға елеулі әсерін тигізеді [5]. 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 [6]. Тиісті басқару болмаса немесе қайта қалпына келтіру жұмыстары жүйелі түрде жүргізілмеген жағдайда қоршаған ортаға үлкен әсер етуі мүмкін. Кенес одағы кезіндегі атом саласын дамытуға арналған уран кенін күшейтілген өндіру радиоактивті қалдықтардың көп мөлшерін қалыптасуына әкелді. Көптеген нысандарда Орта Азиядағы уран мұрасын рекультивациялауға қаражаттары жетпеді және ол қоршаған ортаның ластануына және радионуклидтердің іргелес аумақтарда тұратын халық пен жануарлар әсерін тигізді. Соңғы 100 жылда әлемде 150 шахта учаскесі жабылып, олардың барлығы оңалту бағдарламасынсыз қараусыз қалған [7]. Уран кені кен орындарындағы радионуклидтердің көші-қонын түсіну жергілікті экологиялық ортаны және тұрғындардың әлауқатын қорғау үшін өте маңызды. Қазақстан инфрақұрылымы бар дамыған уран өндіру және қайта өңдеу өнеркәсібіне ие және әлемдік уран өндіру құрылымында жетекші орын алады. Канада, Ресей және Австралия Қазақстаннан кейінгі (39,34%) әлемдегі ең ірі табиғи уран өндіруші елдердің бірі болып табылады (2015 жылы әлемдік өндірістің 22,03%, 13% және 9,35% үлесімен) [8]. Дүниежүзілік ядролық қауымдастық-

тың мәліметтері бойынша, 2018 жылы ірі уран өндіруші компаниялар әлемдік уран өндірудің жалпы көлемінің 86%-ын өндірді ([9]. Қазақстанда жарты ғасырдан астам уақыт бойы жүргізіліп келе жатқан кең ауқымды тау-кен жұмыстары қоршаған ортаға зиянды әсер етеді және оның жай-күйін үнемі бақылауды және уран өндіруші және уран өңдеуші кәсіпорындардың аумағын оңалтуды талап етеді [10]. Қазақстан аумағындағы уран кен орындарын қарқынды іздестіру мен барлау өткен ғасырдың 40-шы жылдардың ортасында басталып, 1951 жылға қарай алғашқы өнеркәсіптік кен орнының ашылуымен, кейіннен уран кендерін өндіру мен өңдеуді қамтамасыз ететін үш комбинат құру үшін база болған бірқатар кен орындарының ашылуымен аяқталды. Олар Қырғыз тау – кен комбинаты (1953 ж.) – Оңтүстік Қазақстанда, Тау кен-химия комбинаты (1957 ж.) – Солтүстік Қазақстанда және Каспий маңы тау-кен металлургия комбинаты (1959 ж.) – Батыс Қазақстанда. Бұл аумақтардағы зерттелінген сирек кездесетін элементтердің рудаларға құрамы әлемдік орташа көрсеткіштен жоғары. Зерттеліп отырған аумақ Көксеңгір кен торабының құрамына кіреді және 6 кен орнынан тұрады, оның ішінде ең ірілері Заозорное және Тастыкөл кен орындары. Екі кен орны да гидротермальпометасоматикалық бақыланатын генетикалық бірегей уран-фосфор субформациясына жатады. Кен орындары негізінен Тастыкөл горизонтының әктастарында локализацияланған субпластикалық линза тәрізді шөгінділермен ұсынылған сирек кездесетін жер элементтерінің жоғары концентрациясымен сипатталады [11]. Заозорное кен орны 1956 – 1992 жж. аралығында жұмыс істеді. Тау жыныстары сол жерде ұсақталып, Степногорск қаласында орналасқан Степногорск тау кен комбинатына жеткізіліп, өңделді.

Заозорное және Тастыкөл уран-фосфорит кен орны Ақмола облысы, Біржан сал ауданы, Заозорное кентіне жақын орналасқан. Кен орындары №8 (Заозорное), №9 (Тастыкөл) кеніштерін қамтыды. Кен орынын пайдалану кезінде №8 (Заозорное) кенішінде 24 млн.м<sup>3</sup> жер қойнауы өңделді, жер бетінде уранмен ластанған 536 мың м<sup>3</sup> баланстан тыс кендер және 79,705 мың м<sup>3</sup> баланстық кендер сақталады, 2,75 мың м<sup>3</sup> тауарлық кендер жер бетіне жақын қорымда көмілді. №9 (Тастыкөл) кенішінде көлемі 1 246 мың м<sup>3</sup> баланстық және баланстан тыс кендердің 4 үйіндісі; көлемі 15 га қоршалмаған карьер белгілі бір қауіп төндірді. Уран кені өндірілген № 5 карьері жер асты

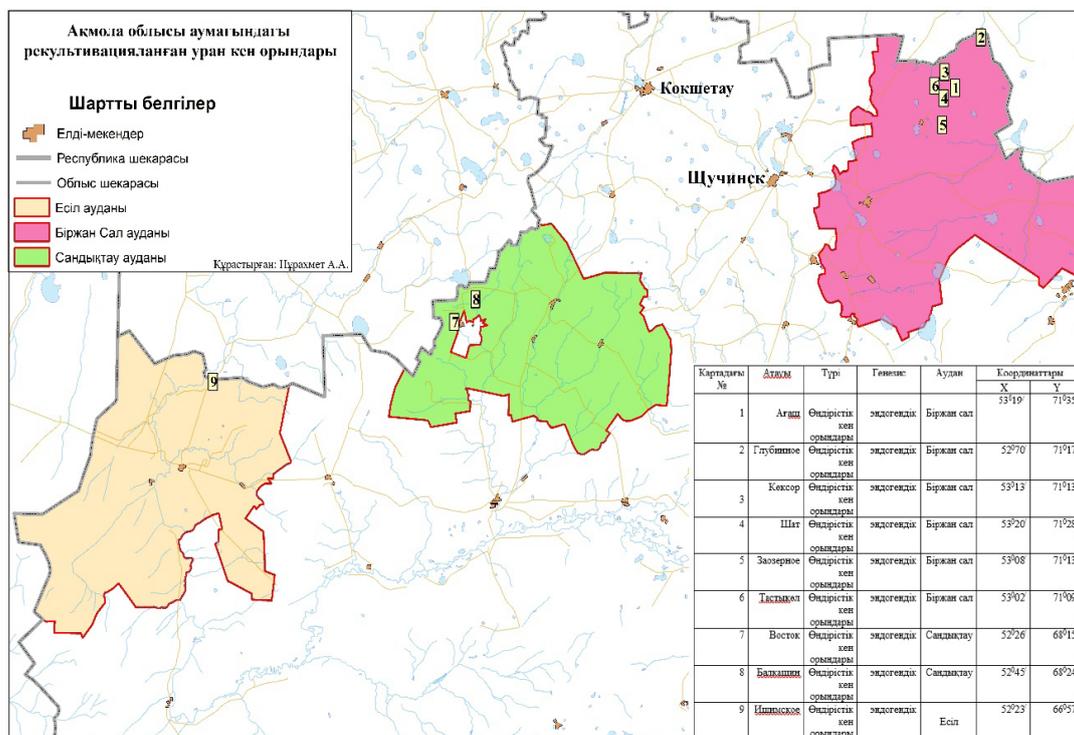
сулары мен жауын-шашынның әсерінен сумен толтырылды. 1986 жылы №9 (Тастыкөл) кенішінің шахтасы жойылып, №5 карьерінің баланстан тыс үйіндісін қалпына келтіру жұмыстары 1989 жылы аяқталды. Нәтижесінде, Ақмола облысы, 3 аудан аумағында орналасқан, №1,3,4 кен басқармасына бағынышты №1,8,9,14 кен орындары уран өндіретін кәсіпорындарды консервациялаудың және уран кен орындарын өндірудің салдарларын жоюдың 2001-2010 жылдарға арналған бағдарламасы шеңберінде рекультивация және қалпына келтіру шаралары жүргізілді (1-сурет).

Қазақстанның су ресурстары оның географиялық орналасуына және әсіресе континенттік климатына байланысты стратегиялық актив болып табылады. Елдің жалпы жер үсті су ресурстары жылына 100,08 км<sup>3</sup>-ке бағаланады, оның 56,89 км<sup>3</sup> Республика шегінде қалыптасады және 43,09 км<sup>3</sup> көршілес өңірлерден: Қытай (немесе, Ертіс), Өзбекстан (Сырдария), Қырғызстан (Шу, Талас) және Ресейден (Орал, Тобыл) келеді [12]. Су адамның тамақтануы мен күнделікті пайдалануы үшін, сондай-ақ ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп және энергия өндіру қызметі үшін өте маңызды. Сондықтан судың сапасын бақылау қоршаған ортаны басқару үшін өте маңызды сала болып табылады. Радиологиялық сипаттама кейбір табиғи радионуклидтердің салыстырмалы түрде жоғары радиоактивтілігіне және олардың радиацияның адам денсаулығына кумулятивті әсерін зерттеудегі маңыздылығына байланысты суды бақылаудың маңызды бөлігі болып табылады. Солтүстік Қазақстанның ағынсыз дала көлдері маңызды экологиялық құндылығы бар маңызды экожүйелер болып табылады. Олар биоәртүрлілікті сақтауда маңызды рөл атқарады, тірі организмдер үшін су ресурстарымен қамтамасыз етеді, жануарлардың әртүрлі түрлерінің көбеюі және қоныс аудару орындары ретінде қызмет етеді және олардың зоопланктондық қауымдастықтары осы сулардың трофикалық желісінде шешуші рөл атқарады [13].

Ақмола облысының аумағы жоғары радиоактивтіліктің табиғи және техногендік көріністеріне байланысты бірқатар радиациялық факторлардың болуымен сипатталады, олардың негізгілері табиғи радиоактивтіліктің қалыптан тыс жоғарылауының көптеген учаскелері, уран кен орындары мен кен көріністері, сондай-ақ уран кеніштері мен басқа да пайдалы қазбаларды өндіру жөніндегі кәсіпорындардың ілесіп уран минералдануымен көпжылдық ауқымды қызметі болып табылады [14].

Солтүстік Қазақстан ағынсыз көлдері көп өңір ретінде – сулары жоғары минералдануы бар, радиоактивті элементтердің (РАЭ) елеулі қорларын жинақтауға қабілетті түптік шөгінділер нысандары ретінде қоршаған ортаның

ластану деңгейін анықтау мағызды саналады. Оқшауланған су қоймаларының түбіндегі шөгінділерді зерттеу қазіргі геоэкологияның перспективалық бағыттарының бірі болып табылады [15].



1-сурет – Ақмола облысы аумағындағы рекультивацияланған уран кен орындары

Қазақстан Республикасының Үкіметі 2001 жылғы 25 шілдедегі №1006 қаулысымен бекітілген «Қазақстан Республикасының уран өндіруші кәсіпорындарын консервациялау және уран кен орындарын игерудің зардаптарын жою» бағдарламасы шеңберінде жұмыстарды жүзеге асыру үшін республикалық бюджеттен 4,2 млрд.теңге сомасында қаражат бөлінді [16].

Қазақстан Республикасы Үкіметінің 1998 жылғы 21 желтоқсандағы № 1311 қаулысымен «Уранликидрудник» республикалық мемлекеттік кәсіпорны құрылды. Бағдарламаның орындаушысы – «Уранликидрудник» РМК болып табылды.

Заозерное кен орнында бағдарламаға сәйкес келесі жұмыстар жүргізілді

- автомашиналар мен жабдықтарды залалсыздандыру, жуу пунктін салу;
- ғимараттар мен құрылыстарды залалсыздандыру;
- ғимараттар мен құрылыстарды консервациялау;

- Көксор көлін рекультивациялау;
- үйінділерді қалпына келтіру;
- ПЗРО-да баланстық кенді көму;
- автожол құрылысы және саздақ карьерін салу;
- май жинауға арналған тұндырғыш пен резервуар салу;
- Көксор көліне автожол салу;
- алаңшілік автожолдар мен кірме темір жолдарды қалпына келтіру;
- абаттандыру және көгалдандыру.

Тастыкөл кен орнына негізгі ластаушы радиоактивті объектілер көлемі 1 246 мың м<sup>3</sup> баланстық және баланстан тыс кендердің 4 үйіндісі болып табылы және аумағы 15 га қоршалмаған карьер белгілі бір қауіп төндіреді. 1986 жылы №9 шахтасы консервацияланды, №5 карьерінің баланстан тыс үйіндісін қалпына келтіру жұмыстары 1989 жылы аяқталды.

Бағдарламаны іске асыру барысында №3 кен басқармасының (Заозерное және Тастыкөл кен

орындары – атап айтқанда) аумағын экологиялық сауықтыру жөніндегі бірінші кезектегі келесі іс шаралар қарастырылды:

- №8 кенішінің баланстан тыс үйінділерін жабу;
- баланстан тыс үйіндінің радонға қарсы жабынын қалпына келтіру № 9 кеніші (Тастыкөл кен орны);
- №8 кенішінің тауарлық кен қалдықтарын көму (кен орны Заозерное);
- №8 кенішінің өнеркәсіптік алаңын қоршаудың бүкіл периметрі бойынша радиациялық қауіптілік ескерту белгілерін орнатумен қоршау;
- қоршаулардың периметрі бойынша ескерту белгілерін орната отырып, №9 кенішінің карьерін және өнеркәсіптік алаңын қоршау.

Жасанды карьер көлінің ұзындығы шамамен 100 м, ені 35 м және тереңдігі 150 м құрайды (2-сурет). Кеніштерге жақын орналасқан Заозорное ауылы Біржан сал ауданның солтүс-

тік-шығыс бөлігінде, ауданның әкімшілік орталығы – Степняк қаласынан солтүстік-шығысқа қарай шамамен 40 шақырым қашықтықта орналасқан. Абсолютті биіктігі-теңіз деңгейінен 248 метр. Климаты суық-қоңыржай, ылғалдылығы жақсы. Орташа жылдық ауа температурасы оң және шамамен +3,3°C, шілдедегі орташа айлық ауа температурасы +19,6°C-қа жетеді. Қаңтардың орташа айлық температурасы шамамен -15,5°C, орташа жылдық жауын-шашын мөлшері шамамен 405 мм. Жауын-шашынның негізгі бөлігі маусым мен тамыз аралығында түседі. Жақын елді мекендер: Андықожа батыр ауылы-батыста, Анғал батыр ауылы-солтүстік-батыста, Краснофлотское ауылы-шығыста, Кенасы ауылы – оңтүстікте. Кент аумағынан «Заозерное – Ақсу» темір жолы басталады. Осы темір жол арқылы тауарлы кен Степногорск тау кен комбинатына жеткізіліп отырған.



2-сурет – №9 шахта №5 карьері орнында қалыптасқан жасанды көл

## Материалдар мен әдістер

Суды радиациялық бақылау ұйымдастыру және жүргізу тарапынан қиын зерттеулер қатарына жатады. Алғашқы анықтауға судың альфа және бета белсенділігі жатады ([17]). Су сынамалары 2024 жылдың жаз айында, яғни маусымда алынды, себебі көктем мен күз мезгілдерінде су тасқынының және қар еруінен келетін сулар ластаушы заттарды қатты сұйылтады [18]. Соңғы далалық жұмыстарға бос жыныстардың үйінділеріндегі гамма-сәулелену дозасының қуатын өлшеу №9 (Тастыкөл) және №8 (Заозорное) кеніштері аумақтарында және кеніштерге жақын

орналасқан Майлысор, Тастыкөл, Көксөр (№8 (Заозорное) кенішінің шахталық сулары төгілген), №9 (Тастыкөл) кенішінің №5 карьері аумақтарын қамтыды. Өлшеу жұмыстар РКС-01-СОЛО 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. Сондай-ақ, барлығы түптік шөгінділер мен су сынамаларының 13 үлгі-сынамасы алынды, оның ішінде 6 түптік шөгінді үлгісі 7 беткей су нысандарының үлгісі. Түптік шөгін-

ділер үлгілері 5-10 см сынама алу тереңдігінде қораптық сынама алу құрылғысы арқылы алынды және 500-ден 1000 г дейінгі диапазондағы сынамалар алынды. Барлық үлгілер герметикалық полиэтилен пакеттерге мұқият орналастырылды және одан әрі талдау үшін зертханаға жеткізілді. Су сынамаларын алу кезінде әр нүктегі су сынамаларының сілтілік (рН) деңгейі қағаз индикаторлар арқылы өлшеніп отырды. Су сынамаларын іріктеу «Радиациялық бақылау. Жер үсті және ағынды сулардың сынамаларын алу» ҚР СТ 1545-2006» сәйкес жүргізілді. Су шөгінділердің сынамаларын алу «Гидросфера. Ластануға талдау жасау үшін су объектілерінің түптік шөгінділерін іріктеуге қойылатын жалпы талаптарға» МемСТ 17.1.5.01-80 сәйкес тандалды. Түптік шөгінді үлгілері тұрақты салмаққа жеткенше кептірілді. Әрбір кептірілген үлгі керамикалық ерітіндіде ұсақталған және елеу үшін 20 ұяшық өлшемі бар електен өткізілді. Сынамалар стандартқа сәйкес шахталық су төгінділері орын алған аумақта алынды (3-сурет).

Табиғи сулардағы альфа және бета сәуле шығаратын радионуклидтердің жиынтық белсенділігін анықтау келесідей әдістеме арқылы жүргізілді. Әдістemeniң негізгі мәні булану әдісімен сынама көлемінен ұшпайтын радионуклидтер қосындысының концентрациясын анықтау болып табылады. Көлемі 1 литр сынама ыстыққа төзімді 2 л стаканға ауыстырылды. Үлгіні концентрацияланған азот қышқылымен рН=1-2 дейін қышқылдандырылды және үлгіні

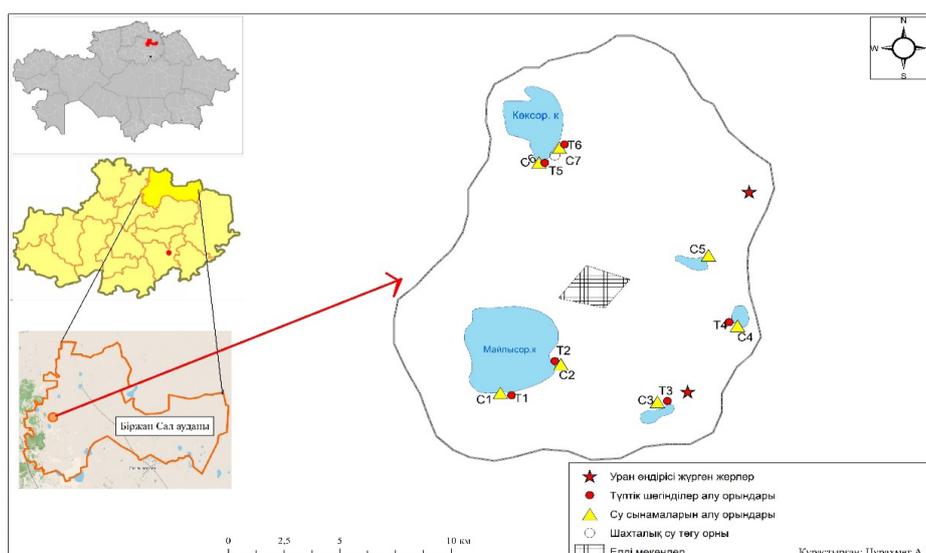
90 градустан аспайтын температурада 100-150 мл көлемге дейін буландырылды. Біртіндеп үлгіні фарфор шыныаяққа құйып, көлемнің 2/3 бөлігінен аспатындай етіп булануды жалғастырылды және стаканның қабырғаларын 20 см<sup>3</sup> ыстық 1 М тұз қышқылымен шайып және негізгі ерітіндіге қосылды. Одан әрі тостағандағы ерітіндіні дымқыл тұздарға дейін буландырып және пештен шығарып суытылды. 1:1 қатынасында 2см<sup>3</sup> күкірт қышқылын қосып, күкірт қышқылының буы жоғалғанша буландырылды. Үлгіні 1 сағат көлемінде 350 градусқа дейін муфельді пеште қыздырылды. Есептеу үлгісін дайындап алып альфа-бета радиометр УМФ-2000 пайдаланып, өлшеу уақыты 1000-нан 5000 секундқа дейін өлшеу жүргізілді.

Зерттеу тобымен екі кезеңдік радиациялық бақылау принципін қолдана отырып бірінші кезеңде экспресс индикациялық әдістермен жалпы бақылау көрсеткіштері (Бк/кг, Бк/л) айқындалды, объектінің радиациялық қауіпсіздік өлшемдеріне сәйкестігі (немесе сәйкессіздігі) белгіленді және суды одан әрі зерттеудің орындылығы туралы мәселе шешіледі:

$$A\Sigma\alpha + \Delta\alpha \leq 0,1$$

$$A\Sigma\beta + \Delta\beta \leq 1,0$$

$A\Sigma\alpha$  және (немесе)  $A\Sigma\beta$  көрсеткіштері асып кеткен жағдайда – екінші кезең – судың радиоизотоптық құрамын егжей-тегжейлі зерттеу жүзеге асырылады [19].



**3-сурет** – Зерттелетін аумақта сынама алу нүктелерінің таралуы.  
Т – түптік шөгінділер үлгілерін, ал С – су сынамалары үлгілерін білдіреді

## Нәтижелер

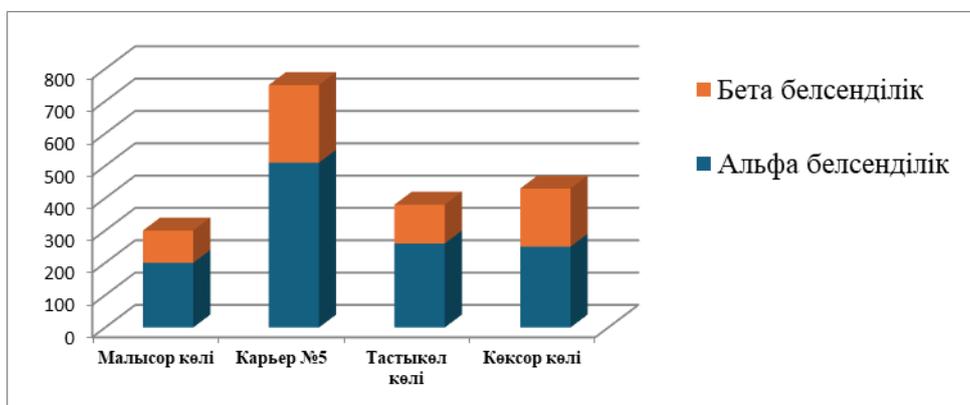
1. Зерттелген аумақтағы беткей су нысандарындағы түптік шөгінділердің альфа және бета белсенділігі

Радионуклидтер теңіз экожүйесіндегі бөлшектерге жабысып, ақырында шөгінділерде жиналады. Нәтижесінде шөгінділер су жағдайында ластанудың маңызды көзі болып [20]. Табиғи сулардағы радионуклидтер белсенділігі су жыныстарының құрамына, олардың геологиялық құрылымының жергілікті және аймақтық ерекшеліктеріне, су түріне, климаттық жағдайларға және т. б. байланысты [21].

Бұл зерттеуде табиғи радионуклидтердің белсенділіктерін сандық анықтау үшін Ақмола облысы, Біржан сал ауданы аумағындағы Майлысор (2 нүкте, 2 сынама – фондық сынама), №9 кеніштің №5 карьерінен, Тастыкөл көлінен және Көксор көлінен (№8 шахтаның шахталық ластанған сулары төгілген) барлығы 6 түптік шөгінділер сынамалары алынып, талданды. Талдау альфа-бета радиометр УМФ-2000 пайдалану арқылы жүргізілді. Зерттелетін аумақтың судағы мен түптік шөгінділеріндегі табиғи радионук-

лидтердің альфа және бета белсенділігі 4 суретте көрсетілген.

Түптік шөгінділер табиғи су нысандарының радиологиялық ластануының ең ақпаратты көрсеткіші болып табылады. Түптік шөгінділер альфа және бета белсенділігі ең жоғары су сынамаларындағы көрсеткіштерге сәйкес келеді, ең үлкен көрсеткіш №9 кеніштің №5 карьер түптік шөгінділерінде 510 Бк/кг және 240 Бк/кг аралығында, Тастыкөл көлінде 260 Бк/кг және 120 Бк/кг аралығында, Көксор көлінің №2 сынама алу нүктесінде 250 Бк/кг және 180 Бк/кг, фондық көрсеткіш ретінде салыстырмалы ластануды бағалау мақсатында сынама алынған Майлысор көліндегі №1 және №2 нүктелердегі альфа және бета белсенділік нормативтік көрсеткіштен 200 Бк/кг және 100 Бк/кг төмен. Қазақстан Республикасы нормативтік құжаттарында түптік шөгінділердегі және табиғи сулардағы альфа және бета белсенділік нормативтері бекітілмеген. Алайда, табиғи сулардағы белсенділіктің ауыз суға арналаған нормативтерден (альфа белсенділік бойынша 0,1 Бк/кг, бета белсенділік бойынша 1,0 Бк/кг) асып кеткен жағдайда радиохимиялық әдістермен толық талдау жүргізуге жатады.



4-сурет – Зерттелетін аумақтардың түптік шөгінділер үлгісінде радионуклидтердің альфа және бета белсенділігі концентрациясының өзгеруі

## 2. Зерттелген аумақтағы топырақ профилінің беткі қабаттарындағы $\gamma$ -сәулелену дозаларын өлшеу

Жұмыстың бірінші кезеңінде бос жыныстардың үйінділеріндегі және зертеу нысандары-беткей су нысандары аумақтарында гамма-сәулелену дозасыны жер бетінен 1 метр жоғары деңгейі радиометр – дозиметр РКС-01-СОЛО қолдана отырып жүргізілді. Сәулелену дозасы-

ның қуатын өлшеу нәтижелері негізінде зерттелген аумақта радиоактивті ластану деңгейі жоғары учаскелер анықталды. Алынған нәтижелерді талдау радиоактивті ластанған учаскелердің № 8 және № 9 шахталарға және № 5 карьер аумағына жақын орналасқандығын көрсетті. Дозаның амбиенттік эквивалентінің қуаты 1 м қашықтықта осы объектілер ауданындағы жер тиісінше 0,76-, 0,86 мкЗв/сағ құрады. Шахталардың ау-

мақтары қоршалмаған, ғимараттары бұзылған, радиациялық қауіптілік белгілері жоқ.

pH мәндері (Ури-pH индикаторлық жолақтары) іріктелгеннен кейін бірден өлшенді және жазылды. Майлысор, Тастыкөл, «Каменный карьер» су сынамалары әлсіз қышқылданған, pH мәндері 5,5-6,8 аралығында, дегенмен, Көксор (2 нүктеде), №9 шахта №5 карьері pH мәндері артып әлсіз қышқылдықтан қылқыл мәнге ие. pH мәндері 7,0-11,5 мәндері аралығында

тіркелді. Осылайша, зерттелетін аймақтағы су ортасы техногендік әсер болған аумақтан, техногендік әсердің әлсіз аумақтарына дейін бейтарап әлсіз, қышқыл ортаға дейін өзгерді. pH мәні 5,5-тен 11,5-ге дейін өзгерді, су құрамы көптеген металл сульфидті минералдардан (мысалы, пирит және т.б.) тұратын молибденит болуы мүмкін және бұл минералдар суда ерігеннен кейін судың pH деңгейін жоғарылатады (Кесте 1).

**1-кесте** – Кеніштер аумағындағы және беткей су нысандары аумағындағы гамма-түсірілім нәтижесі және pH мәндері

Сынама алу орыны	pH	МЭД $\gamma$ – сәулелену (мкЗв/с) (мкЗв/ч)		
		min	max	орташа
ҚР бойынша рұқсат етілген деңгей		0,3		
Жергілікті жердің табиғи фоны		0,10-0,12		
Майлысор көлі	5,5	0,09	0,32	0,205
Тастыкөл көлі	6,5	0,14	0,40	0,27
Карьер №5	7,0	0,08	0,86	0,47
№8 кеніш аумағы		0,09	0,64	0,36
№9 кеніш аумағы		0,18	0,78	0,57
Көксор көлі	11,5	0,10	0,27	0,18
Каменный карьер	6,0	0,10	0,12	0,11

### 3. Зерттелген аумақтағы беткей су нысандарындағы судың альфа және бета белсенділіктерін өлшеу

Зерттелініп отырған аумақта (10 шақырымдық) тұрақты ағынды өзендер жоқ, Көксор, Майлысор, Тастыкөл тұзды көлдері орналасқан. Сонымен қатар, рекультивацияланған №9 шахтасы, №5 карьерінің су алабы, «Каменный карьер» су алаптары орналасқан. Заозорное және Тастыкөл рекультивацияланған уран кен орындарына жақын орналасқан беткей су нысандарына барлығы 7 беткей су нысандарының үлгісі алынды.

Табиғи судағы альфа және бета белсенділік концентрациясы №8 шахтаның шахталық суларының төгіндісі орын алған Көксор көлінде 2,5 Бк/л және 1,2 Бк/л аралығында, ең үлкен көрсеткіш №9 кеніштің №5 карьер суында 9,8 Бк/л және 2,7 Бк/л аралығында. Фондық көрсеткіш ретінде салыстырмалы ластануды бағалау мақсатында сынама алынған Майлысор көліндегі №1 және №2 нүктелердегі альфа және бета белсенділік нормативтік көрсеткіштен әлдеқайда

төмен – 0,08 Бк/л және 0,4 Бк/л аралығында. Көксор, Тастыкөл, №5 карьер су сыналарындағы радионуклидер белсенділігі ауыз суға арналған радионуклидтердің рұқсат етілген деңгейінен (альфа белсенділік үшін – 0,1 Бк/кг, бета-белсенділік үшін – 1,0 Бк/кг) жоғары. Жиынтық альфа және бета белсенділігінің мәндерінен асып кету мұндай судың радиациялық қауіпсіздік талаптарына сәйкес келмейтінін білдірмейді. Мұндай жағдайда негізгі доза түзетін радионуклидтердің үлестік белсенділігінің мәндерін айқындай отырып судың толық радионуклидтік талдауын және шамасын есептеуді жүргізу қажет. Келесі зерттеулерді мәндердің жоғары көрсеткіш көрсеткен су нысандарында сулардың физико-химиялық талдауын және негізгі радионуклидтерді анықтау бойынша зерттеу жұмыстарын жүргізу жоспарланып отыр. Табиғатта радионуклидтердің бета белсенділігінің 1 Бк/кг 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/кг аралығында, әлемдік зерттеулердің көрсеткен нәтижесі бойынша нақты радиациялық мәселе сулардағы альфа белсенділік 0,4-0,5 Бк/кг аралығында болғанда туындауы мүмкін [22].

Табиғи радиоактивті материалдар көптеген табиғи ресурстарда кездеседі. Өндіру және өңдеу кезінде радионуклидтер қалдықтарға ауысады, олар әдетте өндіріс орнындағы үйінділер мен қалдық қоймаларында жойылады. Кейбір тау-кен кәсіпорындары қоршаған ортаға әсерді азайту үшін тиісті басқаруды және тиісті бақылауды жүзеге асырмайды. Нәтижесінде радионуклидтер шахта қалдықтарынан ауаға, топыраққа және жер үсті суларына шығарылады, бұл халықтың денсаулығына әсер етеді [23].

Зерттеуде Көксеңгір кен торабының құрамына кіретін Заозерное және Тастыкөл кен орындарының беткей су нысандарына әсері радиоэкологиялық баға берілген. Екі кен орны да генетикалық бірегей уран-фосфор субформациясына жатады. Кен орындары 1956 – 1992 жж. аралығында жұмыс істеді, уран кенін өндіру барысында көптеген ластанған радиоактивті қалдықтар, суға толтырылған карьер қалыптасты, ластанған шахта сулары тұзды Көксор көліне құйылды. Аталған факторлар кеніштерге жақын орталасқан елді мекендер тұрғындары денсаулығына зиянын тигізу мүмкін. Сырдария уран кені провинциясы аумағында жүргізілген эпидемиологиялық зерттеудің нәтижелері жұмыс істеп тұрған уран кен орындарына жақын орналасқан елді мекендердің тұрғындары арасында аурулардың жоғары таралуын көрсеткен [24]. Ертеректе жүргізілген зерттеулер Солтүстік Қазақстанның басқа уран кен орындары (Есіл, Шақпақ, Балкашин) кен үйінділер учаскелерінде ауытқулардың болуын көрсетеді. Мәселен Заозерное уран кен орнының шахта суларының уақытша жинақтаушы тоғаны болған Көксор көлі түбіндегі шөгінділерде радиометриялық аномалия анықталған. Аномалияның басталуы-шахта сулары ағызылатын жерде, аяқталуы – төгу орнынан шамамен 300 м қашықтықта. Аномалияның формасы сызықтық, оның ені 15-20 м және төгу орнынан алыстаған сайын ұлғаймайды. Изометриялық пішінді тоғандағы аномалияның сызықтық түрі көзден алыстаған сайын ластанудың кеңеюінің жоқтығын көрсетеді [25].

2001-2010 жылдары Қазақстан Республикасы Кеңес Одағы кезінде пайдаланылған уран мұрасы объектілерін қауіпсіз күйге келтіру бо-

йынша жұмыстар жүргізді. 2004 жылы Заозерное және Тастыкөл кеніштерін жою және консервациялау жүргізілді. Алайда жою жұмыстары аяқталған соң посмониторингтік жұмыстар жүргіземді, рекультивация жүргізілген аумақтар мемлекеттік органдар балансына берілмеген. Қазіргі уақытта, рекультивация жүргізілгеніне 21 жыл өткенін есептегенде, 2005 және 2009 жылдары Қазақстанға Атом энергиясы бойынша халықаралық агенттік сарапшыларының қысқа мерзімді сапарлары кезінде жүргізген жекелеген объектілердің көзбен шолып бақылауларын есептемегенде, орындалған іс-шаралардың сапасына сараптамалық бағалау жоқ. «Эко-Сервис-С» ЖШС мамандарының 2012-2014 жүргізілген мониторинг нәтижелеріне сәйкес аталған аумақтарда кен үйінділерінің жарықшақтарының пайда болуы, радиациялық қауіптілік белгілерінің болмауы, ғимараттардың бұзылуы сияқты жайттарды атап өткен.

### Қорытынды

Бұл зерттеуде Ақмола облысы, Біржан сал ауданы аумағында Тастыкөл және Заозерное рекультивацияланған уран кен орындарына жақын орналасқан табиғи су нысандарындағы радионуклидтердің альфа және бета белсенділік концентрациялары, кеңістіктікте таралуы сипатталды. Бұл зерттеудің мақсаты Ақмола облысы, Біржан сал ауданы аумағындағы рекультивацияланған уран өндіру аймағындағы радионуклидтердің концентрациясы, таралуы және ықтимал қауіптері туралы іргелі ақпарат беру.

Табиғи судағы альфа және бета белсенділік концентрациясы №8 шахтаның шахталық суларының төгіндісі орын алған Көксор көлінде, ең үлкен көрсеткіш №9 кеніштің №5 карьер суында және Тастыкөл көлінде жалпы ілемдік орташа мәндерден жоғары. Түптік шөгінділер концентрациясы да беткей су сынамалары нәтижелерімен сәйкес келеді. Жүргізілген гамма сәулеленуді өлшеу жұмыстары нәтижесінде жоғары мәндер №8, №9 кеніш және №5 карьер аумақтарында жоғары екенін көрсетті. Зерттеу тобы алдағы уақыттарда зерттеу аумағында мәндердің жоғары көрсеткіші байқалған жерлерде негізгі доза түзетін радионуклидтердің үлестік белсенділігінің мәндерін айқындай отырып судың толық радионуклидтік талдауын және шамасын есептеуді жүргізуді жоспарлап отыр.

Әдебиеттер

1. Поцелуев А.А. Благороднометалльное оруденение в гидротермальных урановых и редкометалльных месторождениях Центральной Азии. – Томск: STT, 2014. – 292 с.
2. Dołhańczuk-Śródka A. Estimation of external gamma radiation dose in the area of Bory Stobrawskie forests (PL) // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012. Vol. 184. P. 5773–5779. DOI: 10.1007/s10661-011-2380-4.
3. Long Z., Zhu H., Bing H., Tian X., Wang Z., Wang X., Wu Y. 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*. 2021. Vol. 420. Article 126638. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.126638.
4. 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. Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near abandoned metal mines in Goseong, Korea // *Environmental Pollution*. 2013. Vol. 178. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.03.031.
5. Alexander A. C., Ndambuki J. M. Impact of mine closure on groundwater resource: Experience from Westrand Basin–South Africa // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2023. Article 103432. DOI: 10.1016/j.pce.2023.103432.
6. Yi L., Gao B., Liu H., Zhang Y., Du C., Li Y. Characteristics and assessment of toxic metal contamination in surface water and sediments near a uranium mining area // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. Article 548. DOI: 10.3390/ijerph17020548.
7. Суходолов Александр Петрович Мировые запасы урана: перспективы сырьевого обеспечения атомной энергетики // *Известия БГУ*. 2010. №4. <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovyje-zapasy-urana-perspektivy-syrievogo-obespecheniya-atomnoy-energetiki>
8. Амирова У.К., Урузбаева Н.А. Обзор развития мирового рынка урана // *Universum: экономика и юриспруденция* : электрон. научн. журн. 2017. № 6 (39). URL: <https://7universum.com/ru/economy/archive/item/4802>
9. Kuchin Y., Mukhamediev R., Yunicheva N., Symagulov A., Abramov K., Mukhamedieva E., Zaitseva E., Levashenko V. Application of machine learning methods to assess filtration properties of host rocks of uranium deposits in Kazakhstan // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. Article 10958. DOI: 10.3390/app131910958.
10. Софронова Л. Влияние отходов ураноперерабатывающих предприятий Северного Казахстана на состояние компонентов экосистем Автореферат диссертации .....канд. биол. наук. 2012. URL: <https://earthpapers.net/vliyanie-othodov-uranoperegabatyvuuschih-predpriyatij-severnogo-kazhastana-na-sostoyaniye-ekosistem>
11. Naumov S. S., Nikolaev S. L., Pigulskiy V. N. Osnovnye osobennosti geologii Severo-Kazakhstanskoy uranovoy rudnoy provintsii (SKUKP). Moscow : VIMS, 1989. URL:
12. Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана: Учебник. – Алматы: КазНТУ, 2008. – 267 с.
13. Satybaldiyeva G., Sapargaliyeva N., Sharakhmetov S., Inelova Z., Boros E., Krupa E., Utarbayeva A., Shupshibayev K. Species diversity of zooplankton of small steppe lakes of the northern part of Kazakhstan // *Water*. 2023. Vol. 15, No. 23. Article 4054. DOI: 10.3390/w15234054.
14. Isupov V. P., Ariunbileg S., Razvorotneva L. I., Lyakhov N. Z., Shvartsev S. L., Vladimirov A. G., Kolpakova M. N., Shatskaya S. S., Chupakhina L. E., Moroz E. N., Kuybida L. V. Geochemical model of uranium accumulation in the lake Shaazgay-Nur (Northwestern Mongolia) // *Doklady Akademii nauk*. 2012. Vol. 447. P. 1–6. DOI: 10.1134/S1028334X12120161.
15. Ivanov A. Uranium and thorium in the undrained lakes sediments on the south of Tomsk region // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. – 2011. – Vol. 318. – P. 159–165. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/3598>
16. Постановление Правительства Республики Казахстан от 25 июля 2001 года № 1006 Об утверждении Программы консервации уранодобывающих предприятий и ликвидации последствий разработки урановых месторождений на 2001-2010 [https://online.zakon.kz/Document/?doc\\_id=1024087](https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=1024087)
17. Зарединов Д.А., Ли М.В., Абдусаттаров Ф.Ф. Радиационный мониторинг водных объектов на территории бывших урановых рудников // *Журнал гуманитарных и естественных наук*. – 2025. – № 1(18). – С. 150–153. <https://journals.tnmu.uz/index.php/gtfj/article/view/1342>
18. Dyussebayeva M., Aidarkhanova A., Tasheikova A., Shakenov Y., Kolbin V., Merkel A. Assessment of contamination of natural waters with radionuclides and heavy metals: the case of Karabulak creek at the Semipalatinsk Test Site // *PLoS ONE*. – 2025. – Vol. 20, No. 2. – Art. e0310833. – DOI: 10.1371/journal.pone.0310833.
19. Бахур А.Е. Научно-методические основы радиоэкологической оценки геологической среды: автореферат диссертации..... доктора геол. наук. Москва, 2008 <https://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-nauchno-metodicheskie-osnovy-radioekologicheskoy-ocenki-geologicheskoy-sredy.pdf>
20. Delbono I., Barsanti M., Schirone A., Conte F., Delfanti R. 210Pb mass accumulation rates in the depositional area of the Magra River (Mediterranean Sea, Italy) // *Continental Shelf Research*. – 2016. – Vol. 124. – P. 35–48. DOI: 10.1016/j.csr.2016.05.010.
21. Порозова А. Д. Характеристика содержания химических веществ в воде подземных источников водоснабжения населения Ульяновского Поволжья // *ЗНИСО*. – 2008. – №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-soderzhaniya-himicheskikh-veschestv-v-vode-podzemnyh-istochnikov-vodosnabzheniya-naseleniya-ulyanovskogo-povolzhya>
22. Li H., Wang Q., Zhang C., Su W., Ma Y., Zhong Q., Xiao E., Xia F., Zheng G., Xiao T. Geochemical distribution and environmental risks of radionuclides in soils and sediments runoff of a uranium mining area in South China // *Toxics*. 2024. Vol. 12. Article 95. DOI: 10.3390/toxics12010095.

23. Wang C., Wu Q., Pan Z., Liu S., Cao Z., Yu Y. Estimation of the annual effective dose due to the ingestion of <sup>210</sup>Pb and <sup>210</sup>Po in crops from a site of coal mining and processing in Southwest China // *Molecules*. 2022. Vol. 27. Article 2112. DOI: 10.3390/molecules27072112.

24. Saifulina E., Janabayev D., Kashkinbayev Y., Shokabaeva A., Ibrayeva D., Aumalikova M., Kazymbet P., Bakhtin M. Epidemiology of somatic diseases and risk factors in the population living in the zone of influence of uranium mining enterprises of Kazakhstan: A pilot study // *Healthcare*. – 2023. – Vol. 11. Article 804. DOI: 10.3390/healthcare11060804.

25. Vdovenkov P. M., Shchelkin A. A., Vorobyev A. E., Romanov A. M. Problemy utilizatsii dolgozhivushikh radioaktivnykh otkhodov // *Nedelya gornyaka–2001*. – 2002. Vol. 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-utilizatsii-dolgozhivuschih-radioaktivnyh-otkhodov>

## References

1. Poceluev A. A. Blagorodno metalnoe orudnenie v gidrotermalnykh uranovykh i redkometalnykh mestorozhdeniyakh. Tomsk : STT, 2014. P. 27–30.

2. Dołhańczuk-Śródka A. Estimation of external gamma radiation dose in the area of Bory Stobrawskie forests (PL) // *Environmental Monitoring and Assessment*. 2012. Vol. 184. P. 5773–5779. DOI: 10.1007/s10661-011-2380-4.

3. Long Z., Zhu H., Bing H., Tian X., Wang Z., Wang X., Wu Y. 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*. 2021. Vol. 420. Article 126638. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.126638.

4. 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. Assessment of exposure to heavy metals and health risks among residents near abandoned metal mines in Goseong, Korea // *Environmental Pollution*. 2013. Vol. 178. DOI: 10.1016/j.envpol.2013.03.031.

5. Alexander A. C., Ndambuki J. M. Impact of mine closure on groundwater resource: Experience from Westrand Basin–South Africa // *Physics and Chemistry of the Earth*. 2023. Article 103432. DOI: 10.1016/j.pce.2023.103432.

6. Yi L., Gao B., Liu H., Zhang Y., Du C., Li Y. Characteristics and assessment of toxic metal contamination in surface water and sediments near a uranium mining area // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2020. Vol. 17. Article 548. DOI: 10.3390/ijerph17020548.

7. Sukhodolov A. P. Mirovye zapasy urana: perspektivy syryevogo obespecheniya atomnoy energetiki // *Vestnik Baikalskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2010. No. 3. P. 167. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/mirovye-zapasy-urana-perspektivy-syrievogo-obespecheniya-atomnoy-energetiki>

8. Amirova U., Uruzbaeva N. Obzor razvitiya mirovogo rynka urana // *Universum: Ekonomika i yurisprudentsiya*. 2017. No. 6(39). URL: <http://7universum.com/ru/economy/archive/item/4802>

9. Kuchin Y., Mukhamediev R., Yunicheva N., Symagulov A., Abramov K., Mukhamedieva E., Zaitseva E., Levashenko V. Application of machine learning methods to assess filtration properties of host rocks of uranium deposits in Kazakhstan // *Applied Sciences*. 2023. Vol. 13. Article 10958. DOI: 10.3390/app131910958.

10. Sofronova L. Vliyanie otkhodov uranopererabatyvayushchikh predpriyatij Severnogo Kazakhstana na sostoyanie komponentov ekosistem : avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. 2012. URL: <https://earthpapers.net/vliyanie-otkhodov-uranopererabatyvayushchih-predpriyatij-severnogo-kazahstana-na-sostoyanie-komponentov-ekosistem>

11. Naumov S. S., Nikolaev S. L., Pigulskiy V. N. Osnovnye osobennosti geologii Severo-Kazakhstanskoj uranovoy rudnoy provintsii (SKUKP). Moscow : VIMS, 1989. URL: [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_007843642](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007843642)

12. Tyumenev S. D. Vodnye resursy i vodoobespechennost territorii Kazakhstana : uchebnoe posobie. Almaty : KazNTU, 2008. URL: [https://tehranconvention.org/system/files/kazakhstan/tumenev\\_vodnye\\_resursy.pdf](https://tehranconvention.org/system/files/kazakhstan/tumenev_vodnye_resursy.pdf)

13. Satybaldiyeva G., Sapargaliyeva N., Sharakhmetov S., Inelova Z., Boros E., Krupa E., Utarbayeva A., Shupshibayev K. Species diversity of zooplankton of small steppe lakes of the northern part of Kazakhstan // *Water*. 2023. Vol. 15, No. 23. Article 4054. DOI: 10.3390/w15234054.

14. Isupov V. P., Ariunbileg S., Razvorotneva L. I., Lyakhov N. Z., Shvartsev S. L., Vladimirov A. G., Kolpakova M. N., Shatskaya S. S., Chupakhina L. E., Moroz E. N., Kuybida L. V. Geochemical model of uranium accumulation in the lake Shaazgay-Nur (Northwestern Mongolia) // *Doklady Akademii nauk*. 2012. Vol. 447. P. 1–6. DOI: 10.1134/S1028334X12120161

15. Ivanov A. Uranium and thorium in the undrained lakes sediments on the south of Tomsk region // *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*. 2011. Vol. 318. P. 159–165. URL: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/3598>

16. Postanovlenie Pravitelstva Respubliki Kazakhstan ot 25 iyulya 2001 goda № 1006. Ob utverzhdenii Programmy konservatsii uranodobyvayushchikh predpriyatij i likvidatsii posledstviy razrabotki uranovykh mestorozhdeniy na 2001–2010 gody. 2001. URL: [https://adilet.zan.kz/rus/docs/P010001006\\_](https://adilet.zan.kz/rus/docs/P010001006_)

17. Zaredinov D. A., Li M. V., Abdusattarov F. F. Radiatsionny monitoring vodnykh obektov na territorii byvshikh uranovykh rudnikov // *Zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk*. 2025. No. 18. P. 150–153. URL: <https://journals.tnmu.uz/index.php/gtfj/article/view/1342>

18. Dyusembaeva M., Aydarkhanova A., Tashekova A., Shakenov Yu., Kolbin V., Merkel A., Evlampieva Yu. Otsenka zagryazneniya prirodnykh vod radionuklidami i tyazhelymi metallami na primere ruchya Karabulak na Semipalatinskom ispytatelnom poligone // *PLOS One*. 2025. Vol. 20, No. 2. DOI: 10.1371/journal.pone.0310833

19. Bakhur A. E. Nauchno-metodicheskie osnovy radioekologicheskoy otsenki geologicheskoy sredy : avtoref. dis. ... d-ra geol.-mineral. nauk. Moscow : FGUP «VIMS», 2008. URL: <https://vims-geo.ru>

20. Delbono I., Barsanti M., Schirone A., Conte F., Delfanti R. 210Pb mass accumulation rates in the depositional area of the Magra River (Mediterranean Sea, Italy) // *Continental Shelf Research*. 2016. Vol. 124. P. 35–48. DOI: 10.1016/j.csr.2016.05.010
21. Porozova A. D. Kharakteristika sodержaniya khimicheskikh veshchestv v vode podzemnykh istochnikov vodosnabzheniya naseleniya Ulyanovskogo Povolzhya // *Zdorovye naseleniya i sreda obitaniya*. 2008. No. 1(178). P. 11–14. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/harakteristika-soderzhaniya-himicheskikh-veschestv-v-vode-podzemnyh-istochnikov-vodosnabzheniya-naseleniya-ulyanovskogo-povolzhya>
22. Li H., Wang Q., Zhang C., Su W., Ma Y., Zhong Q., Xiao E., Xia F., Zheng G., Xiao T. Geochemical distribution and environmental risks of radionuclides in soils and sediments runoff of a uranium mining area in South China // *Toxics*. 2024. Vol. 12. Article 95. DOI: 10.3390/toxics12010095.
23. Wang C., Wu Q., Pan Z., Liu S., Cao Z., Yu Y. Estimation of the annual effective dose due to the ingestion of 210Pb and 210Po in crops from a site of coal mining and processing in Southwest China // *Molecules*. 2022. Vol. 27. Article 2112. DOI: 10.3390/molecules27072112.
24. Saifulina E., Janabayev D., Kashkinbayev Y., Shokabaeva A., Ibrayeva D., Aumalikova M., Kazymbet P., Bakhtin M. Epidemiology of somatic diseases and risk factors in the population living in the zone of influence of uranium mining enterprises of Kazakhstan: A pilot study // *Healthcare*. 2023. Vol. 11. Article 804. DOI: 10.3390/healthcare11060804.
25. Vdovenkov P. M., Shchelkin A. A., Vorobyev A. E., Romanov A. M. Problemy utilizatsii dolgozhivushikh radioaktivnykh otkhodov // *Nedelya gornyaka–2001*. 2002. Vol. 10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-utilizatsii-dolgozhivuschih-radioaktivnyh-otkhodov>

**Авторлар туралы мәлімет:**

Нұрахмет, Айқын Алданышұлы – докторант, Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университеті (email: [nurakhmetov\\_a88@mail.ru](mailto:nurakhmetov_a88@mail.ru)).

Зандыбай, Аманбек – биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Евразия ұлттық университетінің қауымдастырылған профессоры (e-mail: [amanbek\\_z@mail.ru](mailto:amanbek_z@mail.ru)).

Тюзун, Тургут Онай – PhD докторы, Түркия Республикасы, Босфор университеті қоршаған орта туралы ғылымдар институты директоры (e-mail: [onayturg@bogazici.edu.tr](mailto:onayturg@bogazici.edu.tr)).

**Information about authors:**

Nurakhmet Aikyn Aldanyshuly – PhD doctoral student, L.N. Gumilyov Eurasian National University (e-mail: [nurakhmetov\\_a88@mail.ru](mailto:nurakhmetov_a88@mail.ru)).

Zandybay Amanbek – Candidate of Biological Sciences (PhD equivalent), Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University (e-mail: [amanbek\\_z@mail.ru](mailto:amanbek_z@mail.ru)).

Tyuzun Turgut Onay – PhD, Republic of Türkiye, Director of the Institute of Environmental Sciences, Boğaziçi University (e-mail: [onayturg@bogazici.edu.tr](mailto:onayturg@bogazici.edu.tr)).

**Сведения об авторах:**

Нұрахмет Айқын Алданышұлы – докторант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилёва (e-mail: [nurakhmetov\\_a88@mail.ru](mailto:nurakhmetov_a88@mail.ru)).

Зандыбай Аманбек – кандидат биологических наук, ассоциированный профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилёва (e-mail: [amanbek\\_z@mail.ru](mailto:amanbek_z@mail.ru)).

Тюзун Тургут Онай – PhD, директор Института наук об окружающей среде Босфорского университета (Турция, e-mail: [onayturg@bogazici.edu.tr](mailto:onayturg@bogazici.edu.tr)).

2025 жылдың 5 мамырында келіп түсті.  
2025 жылдың 25 желтоқсанында қабылданды.