

Авторлар туралы мәліметтер:

Чашков Вадим Николаевич – химия магистрі, ҚБ ҒЗИ физика-химиялық және технологиялық зерттеулер зертханасының зертхана меңгерушісі, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ, Абай даңғ. 28/1, тел.: +77773730369, e-mail: vadimnc@mail.ru.

Иржанов Жасулан Булатович – «8D05101 Биология» докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай, Абай даң. 28/1, тел.: +77078474298, e-mail: jayziskif@gmail.com

Дарибаева Севара Анварқызы* – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, жаратылыстану-ғылыми пәндер кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ, Абай даңғ. 28/1, тел.: +7702987598, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com.

Дәулеткелді Гүлнұл Нұрланқызы – «6B01511-Химия-Биология» БББ бағдарламасының 4 курс студенті, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ, Абай даңғ. 28/1, тел.: +77717989774, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

Чашков Вадим Николаевич – магистр химии, заведующий лабораторией физико-химических и технологических исследований НИИ ПБ, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77773730369, e-mail: vadimnc@mail.ru.

Иржанов Жасулан Булатович – докторант ОП «8D05101 Биология» кафедры биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77078474298, e-mail: jayziskif@gmail.com.

Дарибаева Севара Анварқызы* – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры естественно-научных дисциплин, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +7702987598, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com.

Дәулеткелді Гүлнұл Нұрланқызы – студент 4 курса ОП «6B01511-Химия-Биология», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77717989774, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

Chashkov Vadim Nikolayevich – Master of Chemistry, Head of the Laboratory for the Laboratory of Physico-chemical and Technological Research of Research Institute of AB, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., tel.: +77773730369, e-mail: vadimnc@mail.ru.

Irzhanov Zhassulan Bulatovich – PhD student of the Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., tel.: +77078474298, e-mail: jayziskif@gmail.com.

Daribayeva Sevara Anvarkyzy* – Master of Natural Sciences, Senior Lecturer of the Department of natural sciences, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., tel.: +7702987598, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com.

Dauletkeldi Gulnol Nurlankyzy – 4th year student, “6B01511-Chemistry-Biology” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Str., tel.: +77717989774, e-mail: gulnuradauletkel@gmail.com.

XFTAP 34.35.17, 34.23.2

ӨОЖ 556.16:504.054

<https://doi.org/10.52269/KGTD2531299>

**ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ АГРАРЛЫҚ СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ТҮПТІК
ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ ХРОМ, НИКЕЛЬ ЖӘНЕ КОБАЛЬТ:
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ЖӘНЕ МОНИТОРИНГ ӘДІСТЕРІ**

Ысқақ А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Нурпеисов А.А.* – техника ғылымдарының магистрі, ҚБ ҒЗ институтының молекулалық-генетикалық зерттеулер зертханасының ғылыми қызметкері, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Казбекова К.А. – «7М01503 Химия» БББ педагогика ғылымдарының магистрі, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Иржанов Ж.Б. – «8D05101 Биология» докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Осы зерттеу барысында Қостанай облысының шегінде орналасқан Солтүстік Қазақстанның екі ірі су қоймасы – Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының түптік шөгінділердің геохимиялық сипаттамалары зерделенді. Бұл су қоймалары аймақтың ауылшаруашылық жерлерін суару қажеттіліктерін жабатын маңызды су объектілері болып табылады. Осыған байланысты су қоймаларының экологиялық мониторингі Қостанай облысында өндірілетін ауыл шаруашылығы өнімінің сапасын қолдау үшін қажет.

Сынамалар қысқы кезеңде тұрақты мұз жамылғысы жағдайында іріктеліп алынды, бұл жағалау аймақтарын маусымдық тұрақтылықтың табиғи күйінде қамтуға мүмкіндік берді. Су асты ортасындағы экожүйелік процестерге әсер ете алатын негізгі элементтер – хром, никель және кобальт концентрациясын анықтауға ерекше назар аударылды.

Оксид формасынан элементке қайта есептеу арқылы анықталған элементтердің мөлшері жер қыртысына (кларктерге) тән фондық мәндерден аспаған. Бұл зерттелген аумақта айқын техногендік жүктеменің жоқтығын көрсетеді. Алынған нәтижелер халықаралық нормативтермен, соның ішінде БҰҰ ЕЭК-тің басшылық қағидаттарының ережелерімен сәйкес келеді. Аталған құжатқа сәйкес, түптік шөгінділердің ірі түйіршікті компоненттері, әдетте, ауыр металдардың төмен деңгейде жинақталуымен сипатталады.

Жұмыстың практикалық маңыздылығы ауыл шаруашылығы мақсатындағы су айдындарын одан әрі мониторинге жүргізу үшін негіз болатын базаны қалыптастыруда жатыр. Деректер қоңыржай ағынды су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалау кезінде, сондай-ақ жауын-шашынның қатты фазалы фракцияларын және түптік шөгінділерді рентген-флуоресценттік талдаудың экспресс-әдістерін әзірлеу кезінде негіз ретінде қолданыла алады.

Түйінді сөздер: хром құрамы, никель мөлшері, кобальт мөлшері, су қоймасы, түптік шөгінділер, рентгенфлуоресценттік спектрлік талдау, ауыр элементтер.

ХРОМ, НИКЕЛЬ И КОБАЛЬТ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ АГРАРНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И МЕТОДЫ МОНИТОРИНГА

Ысқақ А. – кандидат сельскохозяйственных наук, директор научно-исследовательского института прикладной биотехнологии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Нурпеисов А.А.* – магистр технических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований НИИ ПБ, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Казбекова К.А. – магистр педагогических наук по ОП 7М01503 – Химия, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

Иржанов Ж.Б. – докторант ОП 8D05101 – Биология, кафедра биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», г. Костанай, Республика Казахстан.

В ходе настоящего исследования были изучены геохимические характеристики донных отложений двух крупных водохранилищ Северного Казахстана – Верхнетобольского и Каратомарского, расположенных в пределах Костанайской области. Данные водохранилища являются важнейшими водными объектами, которые покрывают нужды в орошении сельскохозяйственных угодий региона. В связи с этим экологический мониторинг водохранилищ необходим для поддержания качества производимой сельскохозяйственной продукции Костанайской области.

Пробы отбирались в зимний период в условиях устойчивого ледового покрова, что позволило охватить прибрежные зоны в естественном состоянии сезонной стабильности. Особое внимание уделялось определению концентраций хрома, никеля и кобальта – ключевых элементов, способных оказывать влияние на экосистемные процессы в придонной среде.

Содержание элементов, рассчитанное по пересчёту из оксидной формы в элементную, не превышало фоновых значений, характерных для земной коры (кларков). Это указывает на отсутствие выраженной техногенной нагрузки в исследованных зонах. Полученные результаты коррелируют с международными нормативами, в том числе с положениями Руководящих принципов ЕЭК ООН, согласно которым грубозернистые компоненты донных отложений, как правило, характеризуются низкой аккумуляцией тяжёлых металлов.

Практическая значимость работы заключается в формировании обоснованной базы для дальнейшего мониторинга водоёмов сельскохозяйственного назначения. Данные могут служить опорными при оценке экологического состояния донных систем проточных водоёмов умеренного климата, а также при разработке экспресс-методов рентгенофлуоресцентного анализа твёрдофазных фракций осадков.

Ключевые слова: содержание хрома, содержание никеля, содержание кобальта, водохранилище, донные отложения, рентгенофлуоресцентный спектральный анализ, тяжёлые элементы.

CHROMIUM, NICKEL AND COBALT IN BOTTOM SEDIMENTS OF AGRICULTURAL RESERVOIRS OF THE KOSTANAY REGION: ENVIRONMENTAL SAFETY AND MONITORING METHODS

Yskak A. – Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Nurpeissov A.A.* – Master of Technical Sciences, Researcher of the Laboratory of Molecular Genetic Research of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan

Kazbekova K.A. – Master of Pedagogical Sciences, “7M01503-Chemistry” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

Irzhanov Zh.B. – PhD student, “8D05101-Biology” educational program, Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Kostanay, Republic of Kazakhstan.

In this study, the geochemical characteristics of bottom sediments in two major reservoirs of the Northern Kazakhstan – Verkhnetobol and Karatomar, located within the boundaries of Kostanay region – were investigated. These reservoirs are vital water bodies that serve the irrigation needs of agricultural lands in the region. Therefore, ecological monitoring of the reservoirs is essential to support the quality of agricultural products produced in the Kostanay region.

Samples were collected during the winter period under stable ice cover conditions, which allowed the shoreline zones to be examined in their seasonally stable natural state. Particular attention was given to determining the concentrations of key elements – chromium, nickel, and cobalt – that may affect ecosystem processes in the benthic environment.

The elemental concentrations recalculated from their oxide forms, did not exceed the background values typical of the Earth's crust (Clarke values). This indicates the absence of significant anthropogenic load in the studied areas. The obtained results are consistent with international standards, including the guidelines of the UNECE, which state that coarse-grained components of bottom sediments are typically associated with low levels of heavy metal accumulation.

The practical relevance of the work lies in establishing a foundational database for further monitoring of agricultural water bodies. The data can be used as a reference for assessing the ecological state of temperate climate freshwater systems and for developing rapid methods of X-ray fluorescence analysis of the solid-phase fractions of precipitation.

Key words: chromium content, nickel concentration, cobalt concentration, reservoir, bottom sediments, X-ray fluorescence spectrometric analysis, heavy metals.

Кіріспе. Зерттеу объектілері түптік шөгінділердің жай-күйін кешенді бағалау мақсатында Қостанай облысының екі ірі су қоймасы – Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймалары таңдалды. Бұл екі су қоймасы қоңыржай климаттық аймақта орналасқан және өнімнің аграрлық секторының суға деген қажеттілігін қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады. Аталған су қоймаларына Қостанай облысындағы су ресурстарының жалпы көлемінің 95% -ы тиесілі.

1966 жылы Тобыл өзенінде салынған Қаратомар су қоймасы бастапқыда Соколов, Сарыбай, Қашар кен орындарын игеруге байланысты өнеркәсіптік сумен жабдықтауға арналды. Алайда кейіннен ол ауыл шаруашылығы алқаптарын суару және аграрлық аймақтарда су балансын сақтау үшін маңызды су көзіне айналды. Су қоймасының жалпы ауданы – 93,7 км², ал ең үлкен тереңдігі 19,8 м дейін жетеді [1].

1977 жылы пайдалануға берілген Жоғарғы Тобыл су қоймасы ауыл шаруашылығының қажеттіліктерін өтеу, соның ішінде жайылымдар мен егістік алқаптарын, құрғақшылық кезеңдерінде, суару мақсатында белсенді қолданылады. Су қоймасының жалпы ауданы 87 км², орташа тереңдігі 6,3 м, жағалау сызығының ұзындығы шамамен 120 км, ал су жиналатын алабы 23 мың км² құрайды. Су қоймасы өнімнің агроөнеркәсіптік инфрақұрылымымен тығыз байланысты болып, суару жүйелері мен ауыл шаруашылығы өндірісін сумен қамтамасыз етеді [2].

Екі су қоймасы да ауыл шаруашылық жерлерін тұрақты суаруды, топырақ құнарлылығын сақтауды және балық шаруашылығы қызметін дамытуды қамтамасыз ететін өнімнің аграрлық экономикасының ажырамас бөлігі болып табылады. Осыған байланысты, бұл су қоймаларының экологиялық және химиялық жағдайын тұрақты мониторингтен өткізі мен бағалау ерекше маңызды.

Бақылау көрсеткіштері ретінде келесі ауыр металдар таңдалды: хром (Cr), никель (Ni) және кобальт (Co). Бұл элементтердің уытты әсері тек ауыл шаруашылық дақылдарына ғана емес, сонымен қатар сол дақылдарды тұтынатын адам ағзасына да зиянды болуы мүмкін. Аталған металдар агроэкожүйелерге табиғи көздерден (серпентиниттер, ферроникель жыныстары) және антропогендік факторлар – өнеркәсіптік шығарындылар, тау-кен жұмыстары, минералды тыңайтқыштарды қолдану және ағынды сулармен суару арқылы енеді [3, 4 б.], [4, 162 б.], [5, 18 б.].

Еуропа, Азия және Африка елдерінде ластану көздері ретінде өнеркәсіптік шығарындылармен қатар тазартылмаған ағынды сулар, жауын-шашын және РМ бөлшектері де маңызды рөл атқарады [6, 656.], [7, 372 б.], [8, 304 б.]. Көптеген зерттеулер тау-кен немесе өнеркәсіптік белсенділігі бар аймақтарда (мысалы, Греция және Урмар Бала, Пәкістан) топырақ пен азық-түлікте Cr, Ni және Co элементтерінің рұқсат етілген шекті деңгейден асып кеткенін көрсетті [4, 163 б.], [9, 15 б.].

Хром, никель және кобальттың түптік шөгінділерден су ортасына көшу процесі қарастырылды. О.А. Шарипованың (2015) Балқаш көліне арналған зерттеуінде ауыр металдардың (соның ішінде хром, никель және кобальт) түптік шөгінділерде таралуының кеңістіктік және уақыттық заңдылықтары зерттелді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, металдардың ең жоғары концентрациясы ұсақ дисперсті лайлы шөгінділер мен органикалық заттардың жоғары мөлшері шоғырланған аймақтарда байқалады, бұл олардың жинақталуына әсер етеді. Түптік шөгінділер техногендік әсердің индикаторы ретінде қарастырылып, ағымдағы және жинақталған ластану деңгейін бейнелейді. Соңғы жылдары экономикалық жүктеменің өзгеруіне байланысты металдар концентрациясы біртіндеп төмендеу үрдісін көрсету. Бұл зерттеу ауыр металдардың көші-қон процестерінде түптік шөгінділердің маңызын жән ауыл шаруашылығы мен балық шаруашылығы үшін маңызды су айдындарында оларды тұрақты бақылаудың қажеттілігін дәлелдейді [10, 2276.].

Қазақстандағы Марқакөл көліне арналған зерттеу жұмысы "түптік шөгінділер – су" жүйесінде никель мен кобальттың жоғары қозғалғыштығын көрсетеді. Бұл элементтердің төменгі су қабатында және оған жақын аймақтағы таралуы тереңдікке, температуралық режимге, органикалық заттардың құрамына және төменгі фракцияның сипаттамасына байланысты өзгеретіні анықталды. Маусымдық стратификацияның металдардың тік бағыттағы айналымы мен қайта бөлінуіне әсері ерекше атап өтіледі. Бұл зерттеу ремобилизация процестері туралы маңызды ақпарат береді және ластанудың қайталама көзі ретінде түптік шөгінділердің маңыздылығын растайды [11, 106.].

Синьхэ өзенінде (Орталық Қытай) ауыр металдардың, соның ішінде хром, никель және кобальттың түптік шөгінділер мен үстіңгі су қабаты арасындағы көші-қон механизмдері зерттелді. Зерттеу нәтижелері қышқылдық (pH), тотығу-тотықсыздану потенциалы (Eh) және температураның өзгеруі адсорбция-десорбция тепе-теңдігіне тікелей әсер ететінін көрсетті, бұл жағдай металдардың түптік шөгінділерден суға күрт бөлінуіне әкелуі мүмкін. Тұрақсыз гидрохимиялық режим жағдайында мұндай процестер экологиялық қауіп деңгейін айтарлықтай арттырады және су айдындарын мониторингтеу бағдарламаларында міндетті түрде ескерілуі тиіс [12, 12626.].

Лохан өзеніндегі (Малайзия) зерттеу ауыр металдардың геологиялық шығу тегі (ультрамафикалық жыныстар) мен тарихи тау-кен өндірісі арасындағы күрделі өзара әрекеттесуді сипаттайды. Зерттеу барысында суда және түптік шөгінділерде Cr, Ni және Co концентрацияларының жоғарылағаны анықталды. Жұмыстың ерекшелігі – екі параллельді процесті бөліп көрсету: табиғи үгілу нәтижесінде жүйеге металдардың түсуі және өзен динамикасының бұзылуы жағдайында жинақталған техногендік формалардың қайта босап шығуы. Авторлар ластану көздерін бағалау кезінде көшенді көзқарастың маңыздылығын атап өтеді [13, 476.].

Атап көрсетілген зерттеулердің негізінде хром, никель және кобальттың түптік шөгінділерден миграциясы – қоршаған ортаның физика-химиялық жағдайларына (pH, Eh, температура), маусымдық қабатталуға, төменгі субстрат пен органикалық заттардың құрамына, сондай-ақ табиғи және техногендік көздердің әсеріне байланысты көпфакторлы үдеріс екені анықталды. Түптік шөгінділердің ластанудың қайталама көзі ретіндегі рөлі әртүрлі гидрожүйелерде — теңіз қайраңдарынан бастап тұщы көлдер мен өзендерге дейін ғылыми зерттеулермен расталған. Аталған элементтердің уыттылығын ескере отырып, олардың байлану формалары мен ремобилизациялану жағдайларына ерекше назар аудару қажет.

Хром екі негізгі тотығу күйінде кездеседі: Cr(III) және Cr(VI), олардың ішінде алты валентті Cr(VI) әлдеқайда уытты және қозғалмалы болып табылады. Cr(VI) өсімдік ұлпасына оңай еніп, тотығу стрессін тудырады, фотосинтез процесін және тұқымның өнуін тежейді [14, 7436.]. Никель (Ni^{2+}) еріген күйге оңай ауысады, агроландшафттарда белсенді түрде таралып, қауіпсіздік шектерінен асып, дәнді және көкөніс дақылдарында жиналуы мүмкін [4, 1646.], [15, 11506.]. Кобальт қоршаған ортаға мыс пен никель өндірудің жанама өнімі ретінде түседі. Ағзада оның артық мөлшері есту, көру қабілеттерінің бұзылуына және эндокриндік жүйе жұмысының бұзылуына әкелуі мүмкін [16, 3196.].

Ауыр металдар топырақ арқылы өсімдіктерге, ал өсімдіктер арқылы – адам ағзасына өнуі мүмкін. Олар өсімдіктердің жеуге жарамды бөліктерде (дәнді дақылдар мен көкөністерде) жиналып, азық-түлік қауіпсіздігіне елеулі қатер төндіреді [6, 676.], [8, 3066.]. Cr, Ni және Co өсімдіктердің өсуін тежеп, су алмасуын, минералдық қоректенуін, фотосинтезді бұзуы, сондай-ақ цитотоксикалық әсер етуі мүмкін. Бұл жағдайда тіпті субуытты дозалардың өзі жасырын бұзылыстарға әкелуі ықтимал [16, 3206.].

Еуропалық мониторинг мәліметтері бойынша, Еуропалық Одақтың аграрлық топырақтарының 6,2%-ы Cr, Ni және Co [10, 2286.] қоса алғанда, ауыр металдардың шекті мәндерден асып кетуіне байланысты жедел қалпына келтіру шараларын қажет етеді.

Бірқатар зерттеулер жоғарыда аталған ауыр металдардың (Cr, Ni, Co) топырақтан күріш, бидай, шөптер мен көкөністерге дақыл түріне, топырақтың рН деңгейіне және оның құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты әртүрлі мөлшерде өтетінін анықтаған. Атап айтқанда, күріш пен бидай топырақтағы жалпы мөлшері аз болған жағдайда да никель мен кобальтты белсенді түрде жинақтай алады [6, 696.].

Жоғарыда келтірілген мәліметтер негізінде мынадай қорытындылар жасауға болады: хром(Cr), никель (Ni) және кобальт (Co) – әсіресе өнеркәсіптік аймақтарға жақын орналасқан топырақтардың негізгі ластаушылары болып табылады. Бұл металдар өсімдіктерге еніп, олардың өсуіне, фотосинтез процесіне және өнімділігіне теріс әсер етеді. Ұзақ мерзімді әсер ету адам денсаулығына елеулі қауіп төндіреді. Осыған байланысты топырақ пен өсімдіктерге тұрақты мониторинг жүргізу сондай-ақ фиторемедиация немесе тұрақтандыру шараларын әзірлеу қажеттілігі туындайды.

Өзектілігі. Су қоймаларының түптік шөгінділерді зерттеу су экожүйелерінің сапасын бағалау тұрғысынан ерекше маңызды, өйткені бұл компонент ауыр металдарды (соның ішінде хром, никель және кобальт) жинақтап, ластаушы заттардың индикаторы мен резервуары ретінде қызмет ете алады. Түптік шөгінділер биогеохимиялық циклдерге қатыса отырып, су ортасындағы улы элементтерді бекітіп немесе қайта босатып, су объектілерінің жалпы экологиялық жағдайына әсер етеді. Халықаралық тәжірибеде түптік шөгінділер бақылау мен зерттеу үшін маңызды нысан ретінде қарастырылады. Бұл БҰҰ Еуропалық экономикалық комиссиясының нұсқаулығында да атап өтілген, онда оларды кешенді мониторинг жүргізуде басты компонент ретінде тану ұсынылады. Аталған жағдай Қостанай облысындағы екі ірі су қоймасына – Қаратомар және Жоғарғы Тобыл су қоймаларына да қатысты. Бұл су қоймалары өңірдің сумен жабдықтау, ауыл шаруашылығы қажеттіліктерін өтеу және экологиялық тепе-теңдікті сақтау тұрғысынан, маңызды рөл атқарады. Қазақстандағы жергілікті зерттеулердің шектеулі көлемін және ұлттық нормативтік-әдістемелік базадағы олқылықтарды ескере отырып, түптік шөгінділерді мақсатты зерттеу су ресурстарын тиімді басқару мен қоршаған ортаны қорғау үшін негізделген шешімдер қабылдауда маңызды құрал болып табылады.

Мақсат, міндеттер. Зерттеудің **мақсаты:** осы зерттеу Солтүстік Қазақстанның екі негізгі су қоймасы – Қаратомар және Жоғарғы Тобыл су қоймаларындағы түптік шөгінділердегі хром, никель және кобальттың құрамын жан-жақты талдауға бағытталған. Зерттеу барысында бұл элементтердің шоғырлану деңгейін анықтап қана қоймай, алынған мәліметтерге экологиялық тұрғыдан баға беру және қоңыржай климат жағдайында су асты экожүйелерін мониторингтеу бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеу мақсаты көзделген.

Қойылған мақсатқа қол жеткізу үшін келесі **міндеттер** бірізділікпен жүзеге асырылды:

1. Химиялық талдау: заманауи аналитикалық әдістерді қолдану арқылы түптік шөгінділердегі хром, никель және кобальт концентрацияларының мөлшерлік анықтамасы орындалды.

2. Статистикалық өңдеу: элементтердің таралу заңдылықтары мен өзара байланыстарын анықтау мақсатында мақсатты көрсеткіштер арасында корреляциялық талдау жүргізілді.

3. Аналитикалық рәсімдер: далалық және зертханалық жағдайларда қолдануға болатын рентгенфлуоресценттік талдаудың қарапайым әрі қолжетімді схемалары сынақтан өткізілді.

4. Әдістемелік база: Қазақстанның солтүстік аймақтарына тән су қоймаларының түптік шөгінділерін тиімді бақылау жүйесін құру бойынша ұсыныстар тұжырымдалды.

5. Геоэкологиялық интерпретация: табиғи факторлардың – геологиялық құрылымның, гидрологиялық режимнің, маусымдылық пен ландшафтық ерекшеліктердің-шөгінділердің химиялық құрамының қалыптасуына әсері қарастырылды.

6. Салыстырмалы талдау: алынған нәтижелер ұлттық және халықаралық деңгейде қабылданған қолданыстағы нормативтермен және санитарлық-гигиеналық регламенттермен салыстырылды.

7. Халықаралық тәсілдерді бейімдеу: түптік шөгінділерді бағалаудың шетелдік үлгілерін Қазақстан жағдайларына бейімдеудің өзектілігі тексерілді.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Түптік шөгінділер су экожүйесінің маңызды құрамдас бөлігі ретінде қатты және сұйық фазалар шекарасында қалыптасады. Олар табиғи және техногендік тектегі заттарды жинақтап, су қоймасының экологиялық жай-күйінің сезімтал индикаторы ретінде қызмет етеді. Түптік шөгінділерді жүйелі зерттеу тек экожүйенің ағымдағы жағдайын сипаттап қана қоймай, сонымен қатар антропогендік факторлардың ұзақ мерзімді әсерін бағалауға да мүмкіндік береді. Бұл шөгінділерді экологиялық мониторинг және су ресурстарын басқару жүйесінде маңызды объект ретінде қарастыру қажеттігін дәлелдейді.

Түптік шөгінділердің сынамаларын іріктеу қолданыстағы нормативтік-әдістемелік құжаттардың талаптарына сәйкес жүзеге асырылды: ГОСТ 17.1.5.01-80, ПНД Ф 12.1:2.2:2.3:3.2-03, РД 52.24.609-2013. Аталған құжаттар сынамаларды іріктеу, тасымалдау, сақтау және талдауға дайындау тәртібін регламенттейді. Сынамаларды іріктеу орны мен жиілігі зерттеу бағдарламасына және гидрологиялық әрі маусымдық жағдайларға сәйкес анықталды.

Хром, никель және кобальттың мөлшері жалпы (валдық) формада анықталды, өйткені бұл форма үлгідегі элементтің жалпы құрамын – яғни, жылжымалы да, байланысқан күйін де бағалауға мүмкіндік береді. Жалпы форманы анықтау үшін рентгенфлуоресценттік спектрлік талдау әдісі қолданылады [17].

Химиялық элементтердің жиналу деңгейі туралы сенімді деректер алу үшін Shimadzu EDX 7000P (Жапония) рентгенфлуоресценттік спектрометрі пайдаланылды. Бұл құрал натрийден (Na) уранға (U) дейінгі элементтердің құрамын жоғары дәлдікпен (ppm-нің оннан бір үлесіне дейін) және жедел түрде анықтауға мүмкіндік береді.

Спектрометрді калибрлеу агрохимиялық талдауда қолдануға ұсынылған стандартты үлгілерді (СҮ) пайдалана отырып жүргізілді: терригендік типтегі лайдың СГХ-3 СҮ (ГСО 3132-85); Байкал лайының БИЛ-1 СҮ (ГСО 7126-94); Байкалдың түптік шөгінділерінің БИЛ-2 СҮ (ГСО 7176-95); сілтілік апаит гранитінің СГ-3 СҮ (ГСО 3333-85); дала шпаты бар доломиттің СИ-3 СҮ (ГСО 3192-85).

Қазақстан Республикасында түптік шөгінділер үшін элементтердің шекті рұқсат етілген концентрациясы (ШРК) ресми түрде бекітілмегендіктен, алынған мәліметтерді интерпретациялау барысында топырақ үшін белгіленген гигиеналық нормативтер және элементтің жер қыртысындағы орташа мөлшерін сипаттайтын кларк ұғымы қолданылды. Бұл тәсіл анықталған концентрациялардың валалық құрамын ғана емес, сонымен қатар олардың ықтимал экологиялық маңыздылығын бағалауға мүмкіндік береді [18].

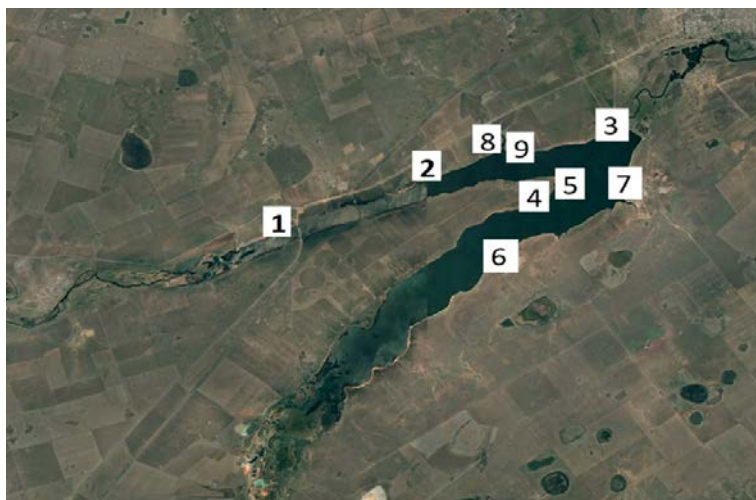
Деректерді статистикалық өңдеу үшін Microsoft Excel бағдарламасының 2024 жылғы нұсқасындағы «Анализ» пакетімен жабдықталған заманауи әдістер қолданылды. Есептеулер қалыпты және логарифмдік қалыпты таралулар ескеріле отырып жүргізілді, бұл кездейсоқ ауытқулар мен нәтижелердің сенімділігін бағалауға мүмкіндік берді [19].

Түптік шөгінділердің үлгілерін іріктеу, дайындау және талдау бойынша кешенді тәсіл тек темір мен марганецпен ластану деңгейін бағалауға ғана емес, сонымен қатар өңірдің су айдындарының одан әрі қарай экологиялық мониторингі үшін әдістемелік базаны қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Нәтижелер және талқылау. Түптік шөгінділердің сынамаалары 2024 жылдың наурыз айының бірінші онкүндігінде іріктелді. Бұл кезеңді таңдау өңірдің климаттық ерекшеліктерімен байланысты: ақпан және наурыз айлары тұрақты қар және мұз жамылғысымен сипатталады, бұл мұз астынан үлгі алу жұмыстарын қауіпсіз әрі репрезентативті жүргізуге мүмкіндік береді. Түптік шөгінділер мен су үлгілерін іріктеу нүктелерінің географиялық орналасуы сызбаларда көрсетілген (1 және 2-суреттер). Үлгі алу нүктелері арасындағы орташа қашықтық 1–6 км аралығында болды, бұл су қоймаларының зерттелетін учаскелерін кеңістіктік тұрғыдан біркелкі қамтуға мүмкіндік берді.



1 Сурет – Жоғарғы Тобыл су қоймасының учаскелерінен сынама алу нүктелері



2 Сурет – Қаратомар су қоймасының учаскелерінен сынама алу нүктелері

Жүргізілген жұмыстар аясында зерттеліп отырған су қоймаларынан әртүрлі учаскелерден іріктелген түптік шөгінділер сынамаларына химиялық талдау жүргізілді. Зертханалық зерттеулер химиялық элементтердің жалпы (валдық) құрамын анықтауға бағытталды. Талдауға алынған компоненттердің ішінде судың экологиялық жай-күйін бағалауда маңызды рөл атқаратын, әлеуетті уытты элементтер болып табылатын хром (Cr), кобальт (Co) және никель (Ni) мөлшеріне ерекше назар аударылды. Зерттеу нәтижелері 1,2 кестелерде көрсетілген.

1 кесте – Жоғарғы Тобыл су қоймасының түптік шөгінді сынамаларындағы негізгі химиялық компоненттердің құрамы

Көрсеткіш (г/кг)	Сынама нөмірі және іріктеу нүктесі								ШРК, г/кг		Орташа мән	СКО	КВ, %
	1	2	3	4	5	6	7	8	Қозғалмалы форма	Жалпы мөлшері			
Cr	0,044	0,101	0,113	0	0,046	0,085	0,122	0,083	0,006*	-	0,085	0,028	33,2
Co	0,017	0,011	0,012	0,014	0,010	0,012	0,008	0,025	0,004*	0,085**	0,014	0,005	37,3
Ni	0,054	0,054	0,040	0,032	0,027	0,019	0,042	0,033	0,005*	-	0,038	0,012	30,8

Жоғарыда кестедегі мәліметтерге қарай су қоймасының барлық сынама алу нүктелері бойынша түптік шөгінділердің құрамының жеткілікті тұрақтылығын көруге болады.

2 кесте – Қаратомар су қоймасының түптік шөгінді үлгілеріндегі негізгі химиялық компоненттердің құрамы

Сынама нөмірі және іріктеу нүктесі	№	Cr	Co	Ni
	1	0,057	0,0078	0,0301
	2	0,120	0,0110	0,0246
	3	0,071	0,0196	0,0246
	4	0,068	0,0113	0,0192
	5	0,079	0,0116	0
	6	0,058	0,0129	0,0167
	7	0,117	0,088	0,0145
	8	0	0,0103	0,0163
	9	0,070	0,0093	0,0239
ШРК г/кг	Қозғалмалы форма	0,006*	0,004*	0,005*
	Жалпы мөлшері	-	0,085*	-
Орташа мән		0,08	0,01	0,020
ОКА		0,025	0,0035	0,0055
ВК, %		30,92	30,77	25,86

Ескертпелер:

* Жалпы санитариялық шектейтін зияндылық көрсеткіші

** Ауыр металдарды ауыл шаруашылығы алқаптарының топырағында және өсімдік шаруашылығы өнімдерінде анықтауға арналған Әдістемелік нұсқаулар талаптарына сәйкес.

- Бұл көрсеткішке қатысты ШРК нормативтік құжатпен бекітілмеген [18].

Аналитикалық тұрғыдан маңызды концентрацияларда түптік шөгінділердің сынамаларында ауыр және сирек кездесетін металдар мен элементтер: хром, никель, кобальт анықталды. 1 және 2-кестелерде су қоймаларының нақты учаскелерінен алынған түптік шөгінділер сынамаларындағы негізгі химиялық компоненттердің құрамы көрсетілген. Сонымен қатар, су қоймасы бойынша жалпы орташа мәндер мен орташа квадраттық ауытқулар келтірілген. Көптеген сынамалар үшін орташа квадраттық ауытқу орташа мәннің 50%-ынан аспайды. Бұл су қоймаларының барлық сынама алу нүктелері бойынша түптік шөгінділердің құрамының жеткілікті тұрақтылығын көрсетеді. Алынған мәліметтер осындай объектілер бойынша ғылыми сипаттамалармен жақсы үйлеседі. 1 және 2-кестелерде сондай-ақ СКО – орташа квадраттық ауытқу, КВ – вариация коэффициенті көрсетілген.

Авторлардың мәліметтері бойынша [20], хромның кларкы 83–330 мг/кг, никельдің кларкы 58–200 мг/кг, ал кобальттың кларкы 18–100 мг/кг аралығында ауытқиды.

Никельдің валдық (жалпы) формалардағы орташа мөлшері ШРК нормаларынан аспайды.

Кобальт пен хромның мөлшері ШРК нормаларынан асып түседі [18].

Қорытынды. Өткізілген зерттеу нәтижесінде Қазақстан Республикасының солтүстігінде орналасқан Қаратомар және Жоғарғы Тобыл су қоймаларының жағалау аймақтарындағы түптік шөгінділердің химиялық құрамы туралы мәліметтер алынды. Зерттеу барысында хром, никель және кобальт сияқты ауыр металдардың мөлшеріне ерекше назар аударылды. Сынамалар қысқы кезеңде, мұз жамылғысы астында іріктеліп алынды, бұл тұрақты климаттық жағдайда қысқы мониторинг әдістемесін оңтайландыруға мүмкіндік берді.

Анализ нәтижелері көрсеткендей, никельдің валдық түрдегі концентрациясы белгіленген санитарлық нормативтерден аспаған, ал кобальт пен хромның мөлшері кейбір сынамаларда шекті рұқсат етілген мәндерден ауытқыған. Дегенмен, хромның оксидтік түрден элементтік түрге қайта есептелген орташа мәндері жер қыртысына тән кларктық көрсеткіштер шегінде болған, бұл аталған элементтің жүйеде негізінен табиғи шығу тегін көрсетеді.

Алынған нәтижелер елеулі ғылыми және қолданбалы маңызға ие. Бұл деректерді келесі бағыттарда қолдануға болады:

1. Қоңыржай климаттағы су қоймаларындағы түптік шөгінділердің геохимиялық жағдайын бағалауға арналған негізгі анықтамалық материалдар ретінде;

2. Түптік ортаның экологиялық және токсикологиялық көрсеткіштерін кешенді бағалау әдістемелік тәсілдерін әзірлеу кезінде;

3. Түптік шөгінділердің қатты фазасын рентгенфлуоресценттік талдау негізіндегі экспресс-әдістерін жетілдіру мақсатында;

4. Антропогендік жүктеме жағдайында түптік шөгінділердің түрленуін бақылауға және болжауға бағытталған маусымаралық әрі тереңдетілген зерттеулерді жүргізуге негіз ретінде.

Қаржыландыру бойынша ақпарат. Зерттеу жұмыстары 2023 жылы Ахмет Байтұрсынұлы атындағы ҚӨУ-де 2023-2025 жылдарға арналған ғылыми және (немесе) ғылыми-техникалық жобалар бойынша гранттық қаржыландыру аясында BR21881993 «Солтүстік Қазақстанның су ресурстарын жедел мониторингілеу және гидротехникалық инженерлік құрылыстарын экологиялық бақылау жүйесін құру» тақырыбындағы жобасы негізінде жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР:

1. **Қаратомар су қоймасы** [Электрондық ресурс] // Уикипедия – ашық энциклопедия. – Қолжетімді: https://ru.wikipedia.org/wiki/Қаратомар_су_қоймасы (жүгінген күні: 22.05.2025).

2. **Жоғарғы Тобыл су қоймасы** [Электрондық ресурс] // Уикипедия – ашық энциклопедия. – Қолжетімді: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жоғарғы_Тобыл_су_қоймасы (жүгінген күні: 22.05.2025).

3. **Mao X. Microbial assisted alleviation of nickel toxicity in plants: A review** [Text] / X. Mao, B. Ahmad, S. Hussain, F. Azeem, M. Waseem, Y. Alhaj Hamoud, H. Shaghaleh, A.H.A. Abeed, M. Rizwan, J.W. H. Yong. // *Ecotoxicology and Environmental Safety*. – 2025. – Vol. 289. – P.1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.117669>.

4. **Rahim M. Contamination level of chromium, iron, nickel, lead and cobalt in soil from an agricultural area of Urmar Bala, Peshawar, Pakistan** [Text] / M. Rahim, F. Wahid, A.U. Shah, F. Dad, N. Khan, S. Ullah, Y. Ali, S.A.A. Shah. // *Journal of Innovative Sciences*. – 2021. – Vol. 7, N 1. – P.161-166. DOI:10.17582/journal.jis/2021/7.1.161.166.

5. **Poznanović-Spahić M. Natural and anthropogenic sources of chromium, nickel and cobalt in soils impacted by agricultural and industrial activity (Vojvodina, Serbia)** [Text] / M. Poznanović-Spahić, S. Sakan, P. Tančić, M. Sanja, M. Bojan Glavaš-Trbić, P.I.Tančić, S.B. Škrivanj, J.R. Kovačević, D.D. Manojlović. // *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*. – 2018. – Vol. 53, N 1. – P.13-23. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1544802>.

6. **Victoria A. A Systematic Review of Heavy Metals in Irrigation Water and Their Effects on Agricultural Soil Quality and Crop Production in Ghana** [Text] / A. Victoria, D.N. Nnebini. // *Journal of Geoscience and Environment Protection*. – 2025. – Vol. 13, N 1. – P.48-70. <https://doi.org/10.4236/gep.2025.131004>.

7. **Rai P.K. Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management** [Text] / P.K.Rai, S.S. Lee, M. Zhang, Y. F. Tsang, K. Kim. // *Environment International*. – 2019. – Vol. 125. – P.365-385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>.

8. **Tóth G. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety** [Text] / G. Tóth, T. Hermann, M.R. da Silva, L. Montanarella. // *Environment International*. – 2015. – Vol. 88. – P.299-309. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>.

9. **Massas I. Impaired Soil Health in Agricultural Areas Close to Fe-Ni Mines on Euboea Island, Greece, Caused by Increased Concentrations of Potentially Toxic Elements, and the Associated Impacts on Human Health** [Text] / I. Massas, O. Kairis, D. Gasparatos, D. Ioannou, D. Vatougios, I. Zafeiriou. // *Environment International*. – 2023. – Vol. 10. – P.1-24. <https://doi.org/10.3390/environments10090150>.

10. **Шарипова О.А. Распределение тяжёлых металлов в донных отложениях озера Балхаш в зависимости от природных и антропогенных факторов** [Текст] / О.А. Шарипова. // *Вестник*

Томского государственного университета. – 2015. – N 390. – С.225-230. DOI: 10.17223/15617793/390/37.

11. Ismukhanova L. *Status and Migration Activity of Lead, Cobalt and Nickel in Water and in Bottom Sediments of Lake Markakol, Kazakhstan* [Text] / L. Ismukhanova, A. Madibekov, C.Opp, A. Zhadi, B. Sultanbekova, S. Zhumatayev. // *Applied Sciences*. – 2024. – Vol. 14. N 17. – P.1-17. <https://doi.org/10.3390/app14177487>.

12. Zhao Y. *Adsorption and Migration of Heavy Metals Between Sediments and Overlying Water in the Xinhe River in Central China* [Text] / Y. Zhao, Y. Yang, R. Dai, S. Leszek, X. Wang, L. Xiao. // *Water Science & Technology*. – 2021. – Vol. 84, N 5. – P.1257-1269. DOI: 10.2166/wst.2021.314.

13. Sahibin A. R. *Heavy Metal Pollution in Water and Sediment of Lohan River, Ranau, Sabah, Malaysia* [Text] / A.R. Sahibin, C.B.K. Wei, N.F.M. Danial, A. Salim, N. R. Supardi, N. Z. Zahari, F.C.R. Tair, B. Musta. // *Journal of Environmental Microbiology and Toxicology*. – 2024. – Vol. 12, N 2. – P.44-52. <https://doi.org/10.54987/jebat.v5i>.

14. Shanker A.K. *Chromium toxicity in plants* [Text] / A.K. Shanker, C. Cervantes, H. Loza-Tavera, A. Subramanian. // *Environment International*. – 2005. – Vol. 31, N 5. – P.739-753. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.02.003>.

15. Pratishttha. *Analysis of Heavy metals (Nickel, Chromium, Cobalt, Cadmium, Lead) in Wheat and Rice grown in agriculture soil* [Text] / Pratishttha, S. Joshi, S. Sura. // *Pakistan Heart Journal*. – 2023. – Vol. 56, N 2. – P.1148-1153. <https://pkheartjournal.com/index.php/journal/article/view/1517/1470>.

16. Hou D. *Global soil pollution by toxic metals threatens agriculture and human health* [Text] / D. Hou, X. Jia, L. Wang, S.P. McGrath, Y. Zhu, Q. Hu, F. Zhao, M.S. Bank, D. O'Connor, J.Nriagu. // *Science*. – 2025. – Vol. 388. P.316-321. DOI: 10.1126/science.adr5214.

17. **МЕМСТ 33850–2016 Топырақ. Рентген-флуоресцентті спекторметрия әдісімен химиялық құрамды анықтау.** Мәскеу, Стандартинформ, 2019, 15 б. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751059.pdf> Жүгінген күні: 22.05.2025.

18. **Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы.** – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. – 15 с. – (ГН 2.1.7.2041–06; ГН 2.1.7.2042–06). – ISBN 5-7508-0599-9.

19. Кеткина О.С. **Возможности MS Excel для регрессионного анализа** [Электронный ресурс]. – Екатеринбург: Информационный портал УрФУ, 2020. – Режим доступа: <http://www.study.urfu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

20. Щербина В.В. **Кларки** / В.В. Щербина // Большая советская энциклопедия: в 30 т. / гл. ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская энциклопедия, 1969–1978. – Т. 12: Кварнер – Конгур. – С. 265-266.

REFERENCES:

1. **Karatomar vodohranilishhe** [Karatomar reservoir]. Wikipedia, available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Karatomar_reservoir (accessed 22 May 2025). (In Russian)

2. **Verkhnetobolskoe vodohranilishhe** [Verkhnetobol reservoir]. Wikipedia, available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Verkhnetobolskoye_reservoir (accessed 22 May 2025). (In Russian)

3. Mao X., Ahmad B., Hussain S., et al. **Microbial assisted alleviation of nickel toxicity in plants: A review.** *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2025, vol. 289, pp. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2025.117669>.

4. Rahim M., Wahid F., Shah A.U., et al. **Contamination level of chromium, iron, nickel, lead and cobalt in soil from an agricultural area of Urmar Bala, Peshawar, Pakistan.** *Journal of Innovative Sciences*, 2021, vol. 7, no. 1, pp. 161-166. DOI:10.17582/journal.jis/2021/7.1.161.166.

5. Poznanović-Spahić M., Sakan S., Tančić P., et al. **Natural and anthropogenic sources of chromium, nickel and cobalt in soils impacted by agricultural and industrial activity (Vojvodina, Serbia).** *Journal of Environmental Science and Health, Part A: Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 2018, vol. 53, no. 1, pp.13-23. <https://doi.org/10.1080/10934529.2018.1544802>.

6. Victoria A., Nnebini D.N., **A Systematic Review of Heavy Metals in Irrigation Water and Their Effects on Agricultural Soil Quality and Crop Production in Ghana.** *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2025, vol.13, no.1, pp. 48-70. <https://doi.org/10.4236/gep.2025.131004>.

7. Rai P.K., Lee S.S., Zhang M., Tsang Y.F., Kim K. **Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management.** *Environment International*, 2019, vol. 125, pp. 365-385. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>.

8. Tóth G., Hermann T., da Silva M.R., Montanarella L. **Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety.** *Environment International*, 2015, vol. 88, pp. 299-309. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>.

9. Massas I., Kairis O., Gasparatos D. et al. **Impaired Soil Health in Agricultural Areas Close to Fe-Ni Mines on Euboea Island, Greece, Caused by Increased Concentrations of Potentially Toxic Elements, and the Associated Impacts on Human Health.** *Environment International*, 2023, vol. 10, pp. 1-24. <https://doi.org/10.3390/environments10090150>.

10. Sharipova O.A. *Raspredelenie tyazhely'h metallov v donny'h otlozheniyah ozera Balhash v zavisimosti ot prirodny'h i antropogenny'h faktorov* [Distribution of heavy metals in the bottom sediments of Lake Balkhash depending on natural and anthropogenic factors]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2015, no. 390, pp. 225-230. DOI: 10.17223/15617793/390/37.
11. Ismukhanova L., Madibekov A., Opp C. et al. *Status and Migration Activity of Lead, Cobalt and Nickel in Water and in Bottom Sediments of Lake Markakol, Kazakhstan*. *Applied Sciences*, 2024, vol. 14, no. 17, pp. 1-17. <https://doi.org/10.3390/app14177487>.
12. Zhao Y., Yang Y., Dai R., Leszek S., Wang X., Xiao L. *Adsorption and Migration of Heavy Metals Between Sediments and Overlying Water in the Xinhe River in Central China*. *Water Science & Technology*, 2021, vol. 84, no. 5, pp. 1257-1269. DOI: 10.2166/wst.2021.314.
13. Sahibin A. R., Wei C.B.K., Danial N.F.M., et al. *Heavy Metal Pollution in Water and Sediment of Lohan River, Ranau, Sabah, Malaysia*. *Journal of Environmental Microbiology and Toxicology*, 2024, vol. 12, no. 2, pp. 44-52. <https://doi.org/10.54987/jebat.v5i>.
14. Shanker A.K., Cervantes C., Loza-Tavera H., Subramanian A. *Chromium toxicity in plants*. *Environment International*, 2005, vol. 31, no. 5, pp.739–753. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.02.003>.
15. Pratishtha., Joshi S., Sura S. *Analysis of Heavy metals (Nickel, Chromium, Cobalt, Cadmium, Lead) in Wheat and Rice grown in agriculture soil*. *Pakistan Heart Journal*, 2023, vol. 56, no. 2, pp. 1148 – 1153. <https://pkheartjournal.com/index.php/journal/article/view/1517/1470>.
16. Hou D., Jia X., Wang L. *Global soil pollution by toxic metals threatens agriculture and human health*. *Science*, 2025, vol. 388, pp. 316-321. DOI: 10.1126/science.adr5214.
17. MEMST 33850–2016 *Topyrak. Rentgen-fluorestcentti spektrometriya adisimen himiialyk kuramdy anyktau* [Soil. Determination of chemical composition by X-ray fluorescence spectrometry]. Moscow, Standartinform, 2019, 15 p. Available at: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293751/4293751059.pdf>. (accessed 22 May 2025). (In Kazakh)
18. *Predel'no dopustimy'e koncentracii (PDK) himicheskikh veshhestv v pochve: Gigenicheskie normativy'* [Maximum permissible concentrations (MPC) of chemical substances in soil: Hygienic standards]. Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2006, 15 p. GN 2.1.7.2041–06, GN 2.1.7.2042–06. (In Russian)
19. Ketkina O.S. *Vozmozhnosti MS Excel dlya regressionnogo analiza. Informacionny'j portal UrFU* [Possibilities of MS Excel for regression analysis. Information Portal of Ural Federal University]. Available at: <http://www.study.urfu.ru> (accessed 22 May 2025). (In Russian)
20. Shherbina V.V. *Klarki* [Clarke values]. *Bol'shaya sovetskaya e'nciklopediya*, Moscow, 1969–1978, pp. 265-266. (In Russian)

Авторлар туралы мәліметтер:

Ысқақ Алия – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, тел. +77479666571 e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Нурпеисов Адиль Айдарович* – техника ғылымдарының магистрі, ҚБ ҒЗ институтының молекулалық-генетикалық зерттеулер зертханасының ғылыми қызметкері, Қазақстан Республикасы, 110000, Қостанай қ., Абай даңғ., 28/1, тел.: 87475191036, e-mail: nurpeissov.aa@ksu.edu.kz.

Казбекова Карина Азаматовна – «7М01503 Химия» БББ педагогика ғылымдарының магистрі, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, тел.: +77054662710 e-mail: karina09081999@gmail.com.

Иржанов Жасулан Булатович – «8D05101 Биология» докторанты, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, 110000 Қостанай қ., Абай даңғ. 28/1, тел.: +77078474298 e-mail: jayzikskif@gmail.com.

Ысқақ Алия – кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор кафедры биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77479666571 e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Нурпеисов Адиль Айдарович* – магистр технических наук, научный сотрудник лаборатории молекулярно-генетических исследований НИИ ПБ, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: 87475191036, e-mail: nurpeissov.aa@ksu.edu.kz.

Казбекова Карина Азаматовна – магистр педагогических наук по ОП «7М01503 Химия», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы», Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77054662710 e-mail: karina09081999@gmail.com.

Иржанов Жасулан Булатович – докторант ОП 8D05101 – Биология, кафедра биологии, экологии и химии, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы»,

Республика Казахстан, 110000 г. Костанай, прос., Абая 28/1, тел.: +77078474298 e-mail: jayziskif@gmail.com.

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: +77479666571 e-mail: alia-almaz@mail.ru.

Nurpeissov Adil Aidarovich* – Master of Technical Sciences, Researcher of the Laboratory of Molecular Genetic Research of the Research Institute of Applied Biotechnology, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: 87475191036, e-mail: nurpeissov.aa@ksu.edu.kz.

Kazbekova Karina Azamatovna – Master of Pedagogical Sciences, “7M01503-Chemistry” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: +77074088064 e-mail: karina09081999@gmail.com.

Irzhanov Zhasulan Bulatovich – PhD student, Department of biology, ecology and chemistry, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC, Republic of Kazakhstan, 110000, Kostanay, 28/1 Abai Ave., tel.: +77078474298 e-mail: jayziskif@gmail.com.

XFTAP 68.41.31

ӨОЖ 504.064:631.95

<https://doi.org/10.52269/KGTD2531309>

СУ ҚОЙМАЛАРЫНЫҢ ТҮПТІК ШӨГІНДІЛЕРІНІҢ СИЛИКАТТЫ-АЛЮМИНАТТЫ НЕГІЗГІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚОҢЫРЖАЙ КЛИМАТТАҒЫ АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ МАҢЫЗЫ

Сохарев Е.Ю. – медицина ғылымдарының кандидаты, Қостанай облысы әкімдігі денсаулық сақтау басқармасының «Қостанай Облыстық патологиялық-анатомиялық бюросы» КМК директоры, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Ысқақ А. – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Науырзбаев Ж.К.* – физика магистрі, ҚБ ҒЗИ физика-химиялық және технологиялық зерттеулер зертханасының қызметкері, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы.

Дәулеткелді Г.М. – «6B01511-Химия-Биология» БББ бағдарламасының 4 курс студенті, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ, Қостанай қ., Қазақстан Республикасы

Ұсынылған мақалада Қостанай облысы аумағында орналасқан Жоғарғы Тобыл және Қаратомар су қоймаларының жағалау аймақтарындағы түптік шөгінділерді зерттеу нәтижелері қарастырылған. Қыс мезгілінде теріс температура жағдайында мұз жамылғысының астынан түптік шөгінділер мен судан сынама алу әдістері сынақтан өткізілді, бұл алынған деректердің дәлдігін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді. Шөгінділердің құрылымын қалыптастыратын негізгі химиялық компоненттер кремний мен алюминий оксидтері екені анықталды. Бұл деректер қоңыржай климаттық белдеудегі тұщы су экожүйелеріне арналған бұрын жүргізілген зерттеулердің нәтижелерін растайды.

Нәтижелер БҰҰ ЕЭК-тің трансшекаралық және халықаралық көлдерді мониторингтеу мен бағалау жөніндегі Басшылық қағидаттарының ұсынымдарына толық сәйкес келеді. Алынған деректер түптік жүйелердің сапасын бағалау кезінде анықтамалық база ретінде, сондай-ақ уыттылықты бағалау мен рентген-флуоресцентті спектроскопияны қолдана отырып, қатты фазалық компоненттердің жедел экспресс-талдауын қамтитын экологиялық мониторингтің әдістемелік тәсілдерін әзірлеу үшін пайдаланылуы мүмкін.

Қосымша ретінде, өңірдің аграрлық бағытын ескере отырып, зерттелген түптік шөгінділер органо-минералдық тыңайтқыштың әлеуетті көзі ретінде қызығушылық тудырады. Олардың құрамы мен құрылымы бұл шөгінділерді топырақтың құнарлылығын арттыру, бүлінген жерлерді рекультивациялау және агроценоздардағы қоректік элементтер тапшылығын толықтыру мақсатында қауіпсіз қайталама қолдану мүмкіндігін қарастыруға негіз болады.

Түйінді сөздер: кремнийдің мөлшері, алюминийдің мөлшері, түптік шөгінділер, рентгенфлуоресценттік спектрлік талдау, су қоймасы.