

Ғылыми мақала

ӨНЕРКӘСІПТІК ӘСЕР ЕТУ ЖАҒДАЙЫНДАҒЫ ҮЛБІ ӨЗЕНІНІҢ ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫНЫҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ЛАЙЛЫЛЫҒЫ

Наталья В. Серая  х.ғ.к., профессор, Гульжан К. Даумова*  т.ғ.к., профессор, Ольга А. Петрова  т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Жанат К. Идришева  т.ғ.к., профессор, Арина А. Полякова , Игорь А. Денисов , аға оқытушы

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен, Қазақстан; NSeraya@edu.ektu.kz (HBC), GDaumova@edu.ektu.kz (ГКД), OPetrova@edu.ektu.kz (ОАП), Zhidrisheva@edu.ektu.kz (ЖКИ), APolyakova@edu.ektu.kz (ААП), IDenisov@edu.ektu.kz (ИБД)

* Автор корреспонденция: Гульжан К. Даумова, GDaumova@edu.ektu.kz (ГКД)

ТҮЙІН СӨЗДЕР

Үлбі өзені, Ертіс өзені, гидрохимия, лайлылық, жер беті сулары, техногенді әсер, ауыр металдар, экологиялық мониторинг

АБСТРАКТ

Өскемен қаласының қалалық және өнеркәсіптік аймағының әсерінен Үлбі өзенінің беткі суларының гидрохимиялық құрамы мен лайлылығына зерттеу жүргізілді. Сынамалар төрт бақылау телімдерінен алынды: қаланың үстіндегі жоғарғы ағыс, қала шегіндегі орта ағыс, өнеркәсіптік аймақтан төмен және Ертіске құйылғанға дейінгі төменгі телім. Химиялық элементтердің кең спектрінің, сонымен бірге Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Pb концентрациялары анықталынып, судың лайлылығы өлшенді. Элементтердің көпшілігінің концентрациясы шекті рұқсат етілген шектерде болатындығы анықталды, ал концентрацияның жергілікті асып кетуі Al, Fe, Sr және Ag үшін орта және төменгі ағысында тіркелді, бұл өнеркәсіптік кәсіпорындар мен қалалық ағындардың антропогендік әсерімен байланысты. Лайлылық 2,23-тен 4,23 NTU-ға дейін ауытқиды, бұл қалқыма бөлшектер мен металдардың жоғарылауымен тікелей байланысты екенін көрсетті. Зерттеу нәтижелері гидрохимиялық көрсеткіштер мен лайланудың кешенді мониторингінің ақпараттылығын техногендік жүктеменің индикаторы ретінде растайды, бұл өндірістік әсер ету аймағындағы өзендердің экологиялық жағдайын бағалауға және одан әрі экологиялық мониторингтің негізін қалауға мүмкіндік береді.

1. КІРІСПЕ

Өнеркәсібі дамыған аймақтардағы өзендердің жер үсті сулары олардың гидрохимиялық режимі мен су сапасын анықтайтын табиғи және антропогендік факторлардың кешенді әсеріне ұшырайды. Аумақтардың қарқынды өнеркәсіптік игеру жағдайында судың химиялық құрамының кеңістіктік өзгергіштігін және арналық жүйелердегі ластаушы заттардың түсуі мен тасымалдануын көрсететін көрсеткіштерді зерттеу ерекше өзектілікке ие болады. Су экосистемалерінің жай-күйінің ақпараттық көрсеткіштерінің бірі минералды және органикалық текті қалқыма бөлшектердің құрамын көрсететін судың лайлылығы болып табылады. Суспензия химиялық элементтердің, соның ішінде бөлшектердің бетінде сорбциялануға және айтарлықтай қашықтыққа тасымалдануға қабілетті ауыр металдардың миграциясында маңызды рөл атқарады. Осыған байланысты судың элементтік құрамын талдаумен бірге лайлануды бағалау ластаушы заттардың тасымалдану ерекшеліктерін және олардың көздерін анықтауға мүмкіндік береді.

Заманауи гидрохимиялық зерттеулер судың лайлануын бейорганикалық және органикалық текті қалқыма бөлшектердің құрамын көрсететін интегралды көрсеткіш ретінде қарастырады. Лайланудың жоғарылауы, көбінесе техногендік әсерлерге, жер үсті

суларының ағынына және ластанған аумақтардың эрозиясына байланысты. Жеке химиялық параметрлерден лайланудың айырмашылығы, ол су жинау жағдайының өзгеруіне жылдам әсер етеді және су объектілерінің антропогендік өзгеру дәрежесін бағалау үшін кеңінен қолданылады. Авторлар [1] қалқыма қатты бөлшектердің су объектілерінің гидрохимиялық қасиеттеріне және су биотасына әсеріне шолуды жан-жақты жүргізген. Лайлану қалқыма заттардың нақты концентрациясын анықтау жиынтығын, су экожүйесіне әсерін толық бағалау үшін олардың өлшемдерінің таралуы мен химиялық құрамын және су сапасының тиімді стандарттарын әзірлеуді қарастыратынын көрсеткен.

Мақала жайында:

Жіберілді: 20.03.2026
Қайта қаралды: 02.06.2026
Қабылданды: 25.08.2026
Жарияланды: 30.09.2026

Дәйексөз үшін:

Серая Н., Даумова Г.,
Петрова О., Идришева Ж.,
Полякова А., Денисов И.,
Өнеркәсіптік әсер ету
жағдайындағы Үлбі өзенінің
жер үсті суларының
гидрохимиялық
сипаттамасы және
лайылығы//
Гидрометеорология және
экология, 123 (3), 2026, 125-
141

Ауыр металдар мен металлоидтар қалқыма бөлшектердің бетінде тиімді сорбциялануға және байланысқан күйде тасымалдануға қабілетті екендігі белгілі. Мұндай жағдайларда лайланудың жоғарылауы қатты фазамен байланысқан металдар үлесінің ұлғаюымен қатар жүреді, бұл олардың миграциялық қабілетін арттырады және қайталама ластану аймақтарын қалыптастырады. Бұл процестерге әсіресе Fe, Mn, Cu және Zn элементтері белсенді қатысады. Өзендердегі ауыр металдарды тасымалдаудың заманауи тұжырымдамалары ластаушы элементтерді тасымалдаудағы қалқыма бөлшектердің басым рөлін көрсетеді. Авторлардың [2] жұмыстарында қалқыма бөлшектердің маусымдық ауытқулары өзен жүйесіндегі металдардың таралуы мен жылдық тасымалдануын анықтаған, сонымен бірге металлоидтардың едәуір бөлігі, әсіресе су ағынының көтерілу кезеңдерінде, қалқыма бөлшектермен қауымдасып, тасымалданады. Мұндай процестердің негізгі теориялық негіздері монографияда [3] баяндалған, мұнда металдардың сулы ортадағы адсорбциясы мен миграциясының физикалық-химиялық механизмдері және олардың лайлану сипаттамаларымен байланысы егжей-тегжейлі сипатталған, бұл техногендік жүктелген өзендердің гидрохимиялық жағдайын бағалауда SPM -ны негізгі параметрге айналдырады.

Соңғы жылдары өнеркәсіптік және урбанизацияланған әсерге ұшыраған өзендердің гидрохимиялық жағдайына жүргізілген зерттеулер өнеркәсіптік су ағындарындағы лайланудың жоғары деңгейі көбінесе жер үсті суларындағы ауыр металдар концентрациясының жоғарылауымен байланысты екенін растады, өйткені шөгінділер мен қалқыма бөлшектер металдарды тиімді сіңіріп, олардың миграциясына ықпал ете алады. Бұл 2023 жыл бойы Хиндон өзенінің (Музаффарнагар округі, Үндістан) суындағы ауыр металдардың физикалық-химиялық параметрлері мен концентрацияларының маусымдық ауытқулары зерттелген зерттеу нәтижелеріне сәйкес келеді. Өртүрлі көрсеткіштер, соның ішінде лайлану, сондай-ақ ауыр металдардың концентрациясы талданған. Барлық маусымдарда лайлану мәндері рұқсат етілген шектен асып кеткен, бұл судың ластануының жоғары дәрежесін көрсетеді. Су сынамаларындағы Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Zn және Pb концентрациясы айқын маусымдық өзгергіштікті көрсетті: максималды мәндер жазда, минимумдар муссон маусымында тіркелген. Өзен суындағы ауыр металдардың көбеюінің негізгі себептеріне өнеркәсіптік ақаба сулар, ауылшаруашылық ағындары және қалдықтарды рұқсатсыз орналастыру жатады [4]. Сонымен, мақала авторлары лайылықты су сапасының оптикалық параметрі ретінде ғана емес, сонымен қатар өнеркәсіптік ақаба сулардың әсерінен гидравликалық жүйелердегі ластаушы заттардың тасымалдану қарқындылығының көрсеткіші ретінде де қарастырады.

Авторлар [5] мақалада қалқыма қатты бөлшектер Хуанхэ өзен суындағы ауыр металдардың маңызды тасымалдаушысы екендігі көрсетілген. Нәтижелер көрсеткендей, ауыр металдардың көпшілігінің концентрациясы (еріген және қатты фазада) жаңбырлы маусымда құрғақ мезгілге қарағанда жоғары болған. Ауыр металдардың едәуір бөлігі (>70 %) қалқыма фазада тасымалданатыны және металдардың концентрациясының мутациясы жыл мезгіліне және су ағынының гидродинамикасына байланысты өзгертіні анықталған.

Қалқыма қатты бөлшектер (ҚҚБ) судың лайлануын және өзен экожүйелеріндегі ауыр металдарды қоса алғанда, химиялық элементтердің тасымалдануын анықтайтын негізгі фактор болып табылады. Жұмыста [6] Янцзы өзені жүйесіндегі ҚҚБ концентрациясы жыл мезгілдеріне байланысты өзгеріп отыратыны, су тасқыны кезінде максимумға және құрғақшылық кезеңінде минимумға жететіні анықталды. ҚҚБ -ның түзілуі табиғи факторлармен (жауын-шашын, ағындар), сондай-ақ өндірістік және ауылшаруашылық төгінділерден, кеме қатынасы мен гидротехникалық жұмыстарды қоса алғанда, антропогендік әрекеттермен анықталады. Бұл бөлшектер ауыр металдар мен органикалық ластаушы заттарды өз беттеріне адсорбциялайды, бұл олардың арна бойымен қозғалуына және ластанудың таралуына ықпал етеді. Осылайша, ҚҚБ-ні зерттеу ластаушы заттардың миграциясын бағалауға мүмкіндік береді және өнеркәсіптік әсер ету жағдайында жер үсті суларының лайлылығы мен сапасын талдауда маңызды рөл атқарады.

Өзен қалқымаларының үйінділері жер үсті суларындағы ауыр металдарды тасымалдауда шешуші рөл атқарады, бұл Обь өзенінің орта ағысы мен оның Батыс Сібірдегі шағын салаларының мысалында анық көрсетілген. Маусымдық зерттеулерге сәйкес, қатты заттар құрамындағы бірқатар ауыр металдардың мөлшері жыл ішінде айтарлықтай өзгереді және өзеннің гидрологиялық жағдайымен анықталатыны белгілі болды [7].

Бірқатар жұмыстарда Байкал көлінің ең ірі саласы болып табылатын Селенга өзен бассейні трансшекаралық тасымалдауға да, жергілікті антропогендік көздерге де байланысты жер үсті суларының ауыр металдармен ластануының жоғары деңгейімен сипатталған. Кеңістіктік талдау көрсеткендей, Селенга өзенінің ластануына негізгі үлес су алабының жоғарғы ағысында, негізінен тау-кен және өндірістік қызметі дамыған аудандарда орналасқан көздерден түседі. Ең үлкен экологиялық қауіп мырышқа байланысты болды, оның концентрациясы рұқсат етілген мәннен жиі асып түскен, сондай-ақ Mn, Fe, Cr, Cu және As маңызды ластаушы заттар ретінде қарастырылған. Алынған нәтижелер Селенга өзені бассейнінің су объектілеріне антропогендік жүктемені азайту бойынша шараларды жүйелі түрде бақылау мен әзірлеу қажеттілігін көрсетеді [8].

2011...2016 жылдар аралығында Селенга өзені бассейнінде жүргізілген ұзақ мерзімді далалық зерттеу нәтижелерінің қысқаша шолу салыстырмалы түрде бұзылмаған аудандарда, қала құрылысы аймақтарында және тау-кен өндірісінде фондық металдардың концентрациясы әлемдік орташа деңгейге жақын болғандықтан, судағы және қалқымалы шөгінділердегі бірқатар элементтердің (Zn, As, Cd, Cu, Mo, Pb) мөлшері фондық мәннен 1...2 есеге асып түсетінін көрсеткен. Ең айқын ауытқулар еріген мыс пен кадмий үшін, әсіресе ірі өнеркәсіп орталықтарының аймақтарында тіркелген. Нәтижелер металдардың миграциясындағы қалқыма бөлшектердің шешуші рөлін көрсетеді және Селенга бассейніндегі техногендік ластану тек өзен экожүйелеріне ғана емес, сонымен қатар өзен атырауы мен төменгі ағысында орналасқан Байкал көліне де қауіп төндіретінін растайды [9].

2020...2023 жылдары Селенга өзені атырауында еріген Fe, Cu және Ni формаларының ең қарқынды ағыны қатты жауын-шашын мен су тасқыны жылдарында тіркелген, бұл топырақтың жоғарғы қабаттарынан органоинералды кешендердің шығарылуымен байланысты. Мұз асты кезеңінде тотығу-тотықсыздану және гидродинамикалық жағдайлардың өзгеруі жер асты суларынан және түпкі шөгінділерден Mn, Zn және Cr бөлінуіне ықпал етті. Шекті рұқсат етілген концентрациялардан асып кету жиілігін талдау атырау суларының ластану деңгейінің қалыптасуына Mn, Fe, Cu және Zn басымдылық үлесін көрсетті [10].

Келесі авторлар [11] жүргізілген зерттеулерде Іле өзенінің суындағы трансшекаралық телімде ауыр металдардың (Cd, Cu, Zn, Co, Ni) тасымалдануы және олардың таралуына Қапшағай гидроэлектростанциясының әсері бағаланған. Лайлылығы жоғары аймақтар ауыр металдардың ең көп шоғырланған аймақтарымен сәйкес келетіні

көрсетілген. Лайлылық тек қалқымалы заттардың ағымдағы ағынын ғана көрсетіп қоймай, сонымен қатар бұрын жинақталған ластаушы заттардың қайта бөлінуіне қатысатындығы, су экожүйелерінің екінші реттік ластануын күшейтетіні анықталды. Жоғарыда аталған авторлар [11] Қазақстан аумағындағы Іле өзен суындағы ауыр металдардың құрамын зерттеу мыс, мырыш, кобальт, никель концентрацияларының шекті рұқсат етілген мәндерден асып кеткенін көрсетті. Судағы Fe, Mn, Cu және Zn жалпы құрамының 60...85 %-ға дейінгі қалқыма фазамен байланысты екені анықталды, металдардың максималды концентрациясы лайлылығы жоғарылаған кезеңдер мен телімдерге сәйкес келетіні дәлелденген. Авторлар бөлшектердің шөгуіне байланысты лайлану азайған кезде металдардың еріген концентрацияларының азайғанын көрсеткен, бұл сорбциялық-десорбциялық процестердің шешуші рөл атқаратынын байқатады.

Қалалық жерлерде судың лайлануы жол беттерінен, өнеркәсіптік алаңдардан және құрылыс алаңдарынан ұсақ бөлшектерді тасымалдайтын жер үсті нөсер суларының ағынынан туындайды. Бұл қалқыма бөлшектер металдарға бай және тікелей ағындар болмаған кезде де судың гидрохимиялық құрамын айтарлықтай өзгерте алады. Қазақстанның өнеркәсіптік қалалары үшін бұл механизм жер үсті суларының сапасының нашарлауының негізгі факторы ретінде танылған. Келесі зерттеу [12] Алматы қаласының (Үлкен және Кіші Алматы, Есентай өзендері) су объектілерінің химиялық ластану деңгейін бағалау мен тұрмыстық және өндірістік ағынды сулардың төгілуіне байланысты өзен суларында ауыр металдардың едәуір мөлшерде болуын анықтаған. Органолептикалық қасиеттері мен химиялық көрсеткіштерін талдау жекелеген компоненттер бойынша ШРК-ның асып кетуін растады, бұл қалалық агломерациядағы жер үсті суларының табиғи режимінің терең бұзылуын көрсетеді.

Шығыс Қазақстан облысы Қазақстан Республикасының ерекше индустриялық дамыған өңірлерінің қатарына жатады, мұнда тау-кен өндіру, металлургия және энергетика кәсіпорындарының жоғары шоғырлануы жерүсті су объектілеріне тұрақты техногендік жүктемені қалыптастырады. Өңірдің өзендері урбанизацияланған және өнеркәсіптік аумақтар арқылы ағып өтеді, бұл олардың гидрохимиялық режимінің өзгеруіне, металдардың концентрациясының жоғарылауына және қалқымалы заттардың көбеюіне әкеледі. Соңғы жылдары Ертіс трансшекаралық өзенінің гидрохимиялық жағдайын зерттеу минералдану, иондық құрам, жалпы кермектілігі, еріген газ құрамы және рН сияқты негізгі химиялық көрсеткіштердің кеңістіктегі біртектілігін анықтады. Алынған деректер бассейнің қазақстандық бөлігіндегі гидрохимиялық режимнің өзгермелілігін көрсетеді, бұл тек табиғи айырмашылықтарды ғана емес, сонымен қатар әртүрлі шаруашылық жүктемелері бар аймақтардағы антропогендік факторлардың әсерін де көрсетеді [13].

2023 жылы Ертіс өзенінің қазақстандық бөлігінде (27 станция) жүргізілген далалық зерттеулер ауыр металдармен ластанудың кеңістікте айқын гетерогенділігін көрсетті. Негізінен өзеннің төменгі ағысында Cu және Fe бойынша ШРК мәнінен асып кетуі, сондай-ақ Cr және Zn бойынша жергілікті асып кетулер тіркелген. Нәтижелер, әсіресе трансшекаралық өзен жүйелерінде, қалқыма бөлшектермен және судың лайлануымен ықтимал байланысты металдарды тасымалдау процестерін ескере отырып, гидрохимиялық деректерді кешенді түсіндіру қажеттілігін көрсетеді [14].

Қазақстан Республикасы аумағындағы Ертіс трансшекаралық өзенінің гидрохимиялық жағдайы бойынша [15] су бағанындағы ауыр металдардың құрамы кеңістіктегі біртектілікпен және өндірістік және муниципалдық көздердің әсерімен байланысты жергілікті нормалардан асып кетуімен сипатталатындығын көрсетті. Өскемен маңындағы аудандарда темірді қоса алғанда, он алты макро- және микроэлемент анықталған, олар шекті рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) 1,2...2 есеге асып түскен. Авторлар өнеркәсіптік қысым жағдайында ауыр металдарды үздіксіз бақылаудың маңыздылығын, сондай-ақ жоғары ағын жылдамдығы мен өзін-өзі сүзу жағдайларының еріген және қалқыма фазалар арасындағы элементтердің таралуына әсер ету мүмкіндігін

атап өтеді, бұл Ертіс өзені жүйесіндегі лайлылық пен ластаушы заттардың тасымалдану мәселелеріне тікелей қатысты.

Келесі жұмыста [16], Zn, Cu, Cd және Pb сияқты элементтер Шығыс Қазақстан өзендері үшін антропогендік жүктеменің басым көрсеткіштері болып табылатыны көрсетілген. Олардың концентрациясы қалалық жерлерде және өнеркәсіптік аймақтардан төмен жерлерде айтарлықтай артады, бұл қалалық ағынды сулар мен өнеркәсіптік шығарындылардың әсерін көрсетеді. Бұл металдардың кеңістіктік таралуы техногендік әсердің ең жоғары аймақтарын анықтауға және өзендердің гидрохимиялық режимінің трансформация дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді.

Заманауи басылымдарды талдау нәтижелері көрсеткендей, Шығыс Қазақстан өзендері судың лайлылығы мен ластаушы элементтердің миграциясы арасындағы тұрақты байланыстармен сипатталады. Дегенмен, жұмыстардың көпшілігінде химиялық талдау сұйық және қатты фазаларды нақты ажыратпай жүргізілген, бұл металдардың тасымалдану механизмдерін түсіндіруді қиындатады. Осыған байланысты лайлануды өлшеуді және еріген су фазасының элементтік құрамын талдауды біріктіретін кешенді тәсіл өзекті болып табылады [17].

Ертіс бассейнін кешенді зерттеулер лайлылық пен гидрохимиялық параметрлердің кеңістіктік гетерогенділігі, көбінесе антропогендік салалардың үлесіне байланысты екенін көрсетеді. Үлбі өзені - Ертіс өзеніне Өскемен қаласы шекарасында ауыр металдар мен қалқыма заттардың негізгі түсу көздерінің бірі ретінде қарастырылған [18].

Үлбі өзені бассейні Шығыс Қазақстанның жер үсті су жүйесінде ерекше орын алады, ол өнеркәсіптік нысандардың тығыздығының жоғарылығымен және тау-кен металлургиялық игерулердің ұзақ тарихымен сипатталады. Аймақтық зерттеулер Үлбі өзені бассейнінің (Риддер аймағы) ауыр металдармен қатты ластанғанын көрсетеді. Атап айтқанда, Үлбі өзені (21 ШРК дейін), Тихая өзені (5 ШРК дейін) және Филипповка өзені (3 ШРК дейін) суларында Cd деңгейі шекті рұқсат етілген концентрациядан (ШРК) асып түскен [19].

Үлбі өзенінің Ертіс өзені су сапасын қалыптастырудағы көпшілікке белгілі рөліне қарамастан, өзеннің бойлық профилі бойындағы жер үсті суларының лайлылығы мен элементтік құрамын талдауды біріктіретін егжей-тегжейлі зерттеулер шектеулі болып қала береді. Жұмыстардың көпшілігі [20, 21] лайлылықтың кеңістіктік өзгергіштігін және элементтердің фазалық таралуын ескермей, өзеннің түпкі шөгінділеріне немесе интегралды көрсеткіштерін анықтауға бағытталған.

Сонымен, заманауи басылымдарды талдау барысында жер үсті суларының лайлылығы мен олардың элементтік құрамы қазіргі техногендік әсердің де, ластаушы заттарды тасымалдау процестерін де көрсететін өзара байланысқан көрсеткіштер екенін көрсетеді. Шығыс Қазақстан өзендері үшін, атап айтқанда Үлбі өзені үшін өнеркәсіптік әсер ету жағдайында судың лайлануы мен гидрохимиялық сипаттамаларын бір мезгілде бағалауға бағытталған кешенді зерттеулерге қажеттілік сақталады. Бұл осы зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығын анықтайды.

Зерттеудің мақсаты қалқыма бөлшектердің тасымалдану процессімен байланысты олардың және химиялық элементтердің таралуының кеңістіктік заңдылықтарын айқындай отырып, Өскемен қаласы өнеркәсіптік әсерлер мен кенттену жағдайындағы Үлбі өзенін бойлай профилдік ағысының бойымен жер беті суларының лайлылығы мен гидрохимиялық құрамын кешенді бағалау болып табылады.

2. МӘЛІМЕТТЕР МЕН ӘДІСТЕР

2.1 Зерттеу нысаны және сынамаларды іріктеу

Зерттеу нысаны Шығыс Қазақстан аумағы арқылы өтетін және антропогендік жүктеменің айқын кеңістіктік әртекстілігімен сипатталатын Үлбі өзені болып табылады. Зерттелетін телім шекарасында өзен табиғи және техногендік факторлардың әсерінен жер үсті суларының гидрохимиялық сипаттамаларының өзгеруін бақылауға мүмкіндік беретін

шартты түрде фондық, урбанизацияланған және өнеркәсіптік жүктелген аймақтарды дәйекті түрде кесіп өтеді.

Жер үсті суларының химиялық құрамының кеңістіктік өзгергіштігін бағалау үшін өзеннің жоғары ағысына, қала құрылысы шегіндегі телімге, өнеркәсіптік кәсіпорындардың ықпал ету аймағына, сондай-ақ Үлбі өзенінің Ертіс өзеніне құяр алдындағы төменгі бөлігін қамтитын репрезентативті тұстамалар жүйесіне жіктелінді. Тұстамалардың орналасуы іріктеу шарттарының салыстырмалылығын қамтамасыз етті және су ағыны бойымен антропогендік жүктеменің өсу градиентін көрсетті.

Жер үсті суларының сынамаларын фактіге негізделген іріктеу 2025 жылдың тамыз айында бекітілген гидрохимиялық мониторинг бағдарламасына сәйкес жүргізілді. Сынаманы алу өзен бассейнінің негізгі функционалдық аймақтарына сәйкес келетін төрт нүкте бойынша жүргізілді (кесте 1, сурет 1). Әрбір нүктеде үш параллель сынама алынды, олардың көмегімен кейінгі талдау үшін ортаңғы сынама алынды.

Кесте 1

Үлбі өзенінің жер үсті суларының сынамаларын алудың нақты нүктелері

№	Сынамаларды іріктеу нүктелері	Күні	Координаттар	Ескертпе
1	№1	27.08.2025	50°2'38.00" С, 82°51'11.00" Ш	Үлбінің жоғарғы бөлігі, шартты фон
2	№2	27.08.2025	50°0'9.66" С, 82°40'57.28" Ш	Орта ағыс, қалалық телім
3	№3	28.08.2025	49°58'14.59" С, 82°37'34.44" Ш	Өнеркәсіптік аймақтан төменгі телім
4	№4	28.08.2025	49°57'7.00" С, 82°35'7.00" Ш	Төменгі телім, Ертіске құяр алдында

№1 нүкте Үлбі өзенінің жоғарғы ағысында қала құрылысынан жоғары орналасқан және су алабының бастапқы табиғи гидрохимиялық фонын сипаттайды. Бұл телім минималды түрде тікелей техногендік әсерге ұшырайды және зерттеу жұмысында жер үсті суларының құрамын салыстырмалы талдау кезінде шартты фон ретінде пайдаланылды.

№2 нүкте қала шекарасында өзеннің орта ағысымен шектеседі және кенттенген аумақтың, соның ішінде коммуналдық-тұрмыстық ағынды сулардың, жер үсті нөсер суларының және тұрғын үй және көлік инфрақұрылымы аймағында пайда болатын диффузиялық ластану көздерінің әсерін көрсетеді.

№3 нүкте өнеркәсіптік аймақтан төмен орналасқан және өнеркәсіптік кәсіпорындардың жер үсті суларының сапасына жалпы әсерін бағалауға арналған. Бұл тұстаманың гидрохимиялық сипаттамалары ұйымдасқан және ұйымдастырылмаған өнеркәсіптік төгінділердің үлесін, сондай-ақ техногендік түрлендірілген жағалау аумақтарынан элементтердің қайталама түсу процестерін көрсетеді.

№4 нүкте Үлбі өзенінің Ертіске құяр алдында, оның төменгі ағысында орналасқан және зерттелетін телімнің бүкіл ұзындығы бойында табиғи және антропогендік факторлардың жиынтығының әсерінен пайда болатын жер үсті суларының интегралды жағдайын сипаттайды.

Осылайша, сынама алудың таңдап алынған сұлбасы Үлбі өзені жер беті суларының гидрохимиялық құрамының кеңістіктік өзгергіштігі мен өзен суының фондық жағдайдан қарқынды антропогендік әсерлер аймағына және одан әрі интегралды ағынның теліміне дейінгі түрленуін қадағалауды сипаттайды.

2.2 Судың лайлылығы мен химиялық құрамын зерттеу әдістері.

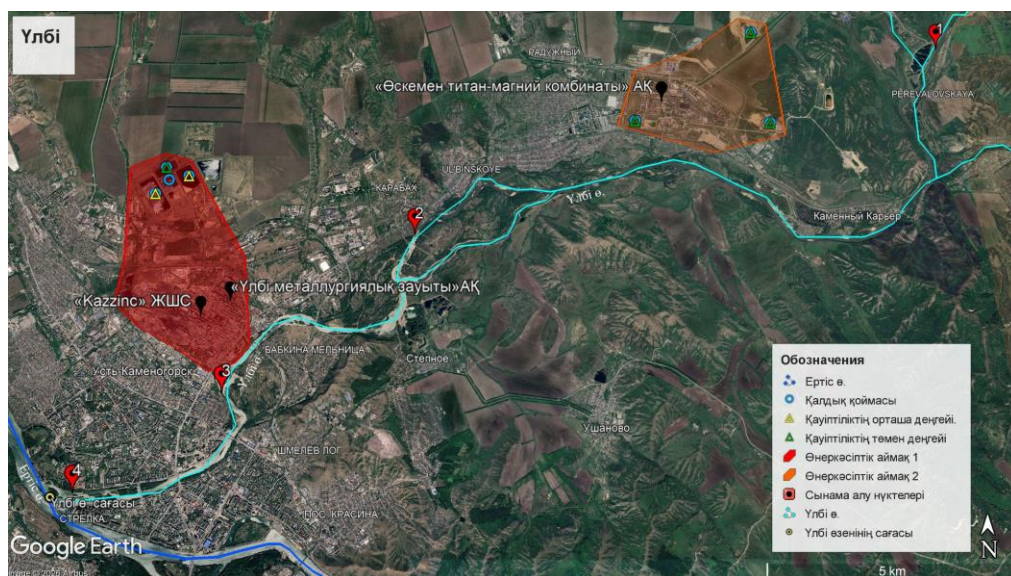
Судың лайлылығы далалық жағдайда $\pm 0,1$ NTU дәлдігімен Hanna HI 93414-02 турбидиметрін пайдаланып өлшенді. Әр нүкте үшін үш параллель өлшеу жүргізілді, өлшеуден алынған нәтижелер орташаланды [22].

Жер үсті суларының лайлылығы бейорганикалық және органикалық текті қалқыма бөлшектердің құрамын көрсететін интегралды физикалық-химиялық көрсеткіш ретінде анықталды. Бұл параметр су қабатының қатты фазамен қанығу дәрежесін сипаттау және ластаушы компоненттердің миграциясындағы қалқыма заттардың әлеуетті рөлін бағалау

үшін пайдаланылды. Лайлылықты өлшеу химиялық талдауды орындауға дейін жүргізілді және су нысандарының гидрохимиялық жағдайын бағалаудың бастапқы кезеңдерінің бірі ретінде қарастырылды.

Химиялық элементтерді талдау 0,45 мкм мембраналық сүзгілер арқылы сүзуден және сынаманы қышқылмен тұрақтандырғаннан кейін (HNO_3 , $\text{pH} < 2$) индуктивті байланысқан плазма әдісімен масса-спектрометриялық анықтау (ICP-MS) арқылы жүргізілді [23]. Макроэлементтер (Na, Mg, Ca, K, P), микроэлементтер және ауыр металдар (Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Cr, V, Sr, Li, B, W, Pb, As, Cd, Sb) анықталды. Дәлдікті бақылау үшін элементтердің сертификатталған стандартты ерітінділері пайдаланылды. Элементтердің концентрациясы мен лайлылықтың кеңістіктегі таралуы нүкте бойынша орташа мәндерді қолдану арқылы талданды [24]. Химиялық талдау су сынамаларының еріген фазасының элементтік құрамын анықтауға бағытталды, бұл тұрақсыз қалқыма фракцияның әсерін жоюға және алынған концентрациялардың су сапасының нормативтік мәндерімен дұрыс салыстырылуын қамтамасыз етуге мүмкіндік берді.

Үлбі өзенінің жер беті суларының сапасын қалыптастырудағы табиғи гидродинамикалық және антропогенді факторлардың үлесін бағалау мен ластағыш заттардың таралуының кеңістіктік ерекшеліктерін анықтау үшін лайлылық пен еріген фазаның құрамы туралы мәліметтер бірге қолданылды.

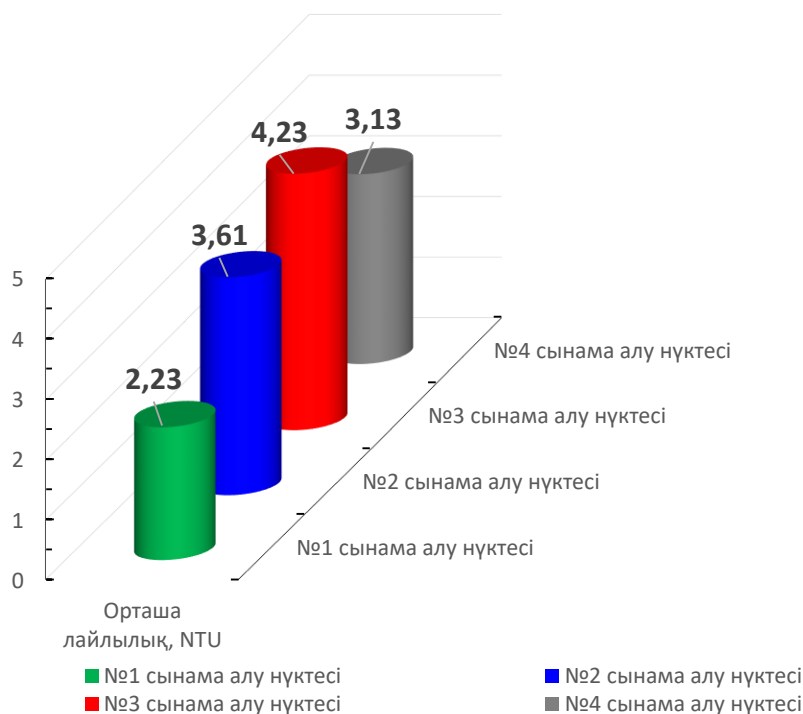


Сурет 1. Спутниктік түсірілімдегі Үлбі өзенінен сынамаларды алу нүктелерінің орналасу сызбасы (Google Earth)

3. НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

Жер үсті суларының лайлылығы - бейорганикалық және органикалық тектес қалқыма бөлшектердің құрамының кешенді өлшемі және көбінесе су ағындарына антропогендік жүктеменің индикаторы ретінде қолданылады. Алынған мәндер 2,23-тен 4,23 NTU-ге дейін, бұл зерттеу аймағында қалқыма фазаның пайда болуының гетерогенді жағдайларын көрсетеді (сурет 2). Ең төменгі лайлылық өзеннің жоғарғы бөлігінде (№1 нүкте - 2,23 NTU), қалалық құрылыстан жоғары орналасқан жерде тіркелді. Бұл телім фондық гидрохимиялық жағдайлармен және қалқыма заттардың табиғи пайда болуын көрсететін минималды антропогендік әсермен сипатталады. Қала шекарасында (№2 нүкте) лайлылық 3,61 NTU-ға дейін артады. Бұл көрсеткіштің өсуі кенттену әсеріне, соның ішінде жер үсті нөсер суларының ағынына, жағалаулық эрозияға және Өскемен қаласының орталық бөлігіне тән диффузиялық коммуналдық және тұрмыстық көздерге байланысты. Лайлылықтың жоғары мәндері өнеркәсіптік аймақтан төмен тіркелді (№3 нүкте - 4,23 NTU). Бұл антропогенді пайда болған қалқыма бөлшектердің қарқынды

ағынына, сондай-ақ гидродинамикалық процестермен қайта таралған ұсақ дисперсті материалдардың су қабатына енуімен байланысты екенін көрсетеді. Бұл телім аса жоғары антропогендік жүктемемен сипатталады және қалқымалы ағынының белсенді қалыптасу аймағы ретінде роль атқарады. Өзеннің Ертіске қосылғанға дейінгі төменгі бөлігінде (№4 нүкте) лайлылық 3,13 NTU-ға дейін төмендейді. Бұл төмендеу қалқыма бөлшектердің ішінара шөгуіне, сондай-ақ гидродинамикалық жағдайлары тұрақты аймақтарға тән ағынның сұйытылуына байланысты болуы мүмкін.



Сурет 2. Үлбі өзенінің бөктеріндегі лайланудың орташа мәні

Жалпы алғанда, лайлылықтың Үлбі өзені ағысы бойынша таралуы қала және өнеркәсіптің аймақтың аумағында антропогенді әсердің жүйелі түрде өсуін, кейіннен төменгі ағыста көрсеткіштің төмендеуін көрсетеді. Бұл өзеннің төменгі телімінің қалқыма материалдарды Ертіске тасымалдаудың транзиттік аймағы ретінде роль атқаратынын растайды және өнеркәсіптік әсердің жағдайында жер үсті сулары сапасының кеңістіктік түрленуінің индикаторы ретінде лайлылық мәндерінің маңыздылығын айқындайды.

Жер үсті суларының лайлылығының артуы қалқыма фаза үлесінің артуын көрсетеді; дегенмен, бұл зерттеудегі химиялық талдау су сынамаларының сұйық (еріген) фазасында жүргізілді. Сондықтан, гидрохимиялық параметрлерді одан әрі қарастыру қатты фазаның тікелей үлесіне тәуелсіз, өзен бойындағы еріген элементтердің таралуын және олардың кеңістіктік өзгергіштігін бағалауға бағытталған. Соған қарамастан, кеңістіктік лайлылық үрдістерінің маңызды түсіндірмелік мәні бар, себебі қалқыма бөлшектер сорбциялық-десорбциялық процестер арқылы элементтердің еріген түрге екінші реттік ену көзі ретінде әрекет ете алады және сонымен қатар белсенді антропогендік әсер ету аймақтарын анықтай алады. Сондықтан, лайлылықтың өзгерістерін химиялық элементтер концентрациясының өзгерістерімен салыстыру кенттенген және өнеркәсіптік жүктеме жағдайында Үлбі өзенінің жер үсті су сапасының өзгеруін толығырақ сипаттауға мүмкіндік береді.

Үлбі өзенінің су экожүйесіндегі элементтік құрамын және ықтимал антропогендік әсерлерді бағалау үшін жер үсті су үлгілерінің масс-спектрометриялық талдауы жүргізілді. Жер үсті су үлгілерінің сандық талдау нәтижелері кестеде келтірілген (кесте 2).

Кесте 2

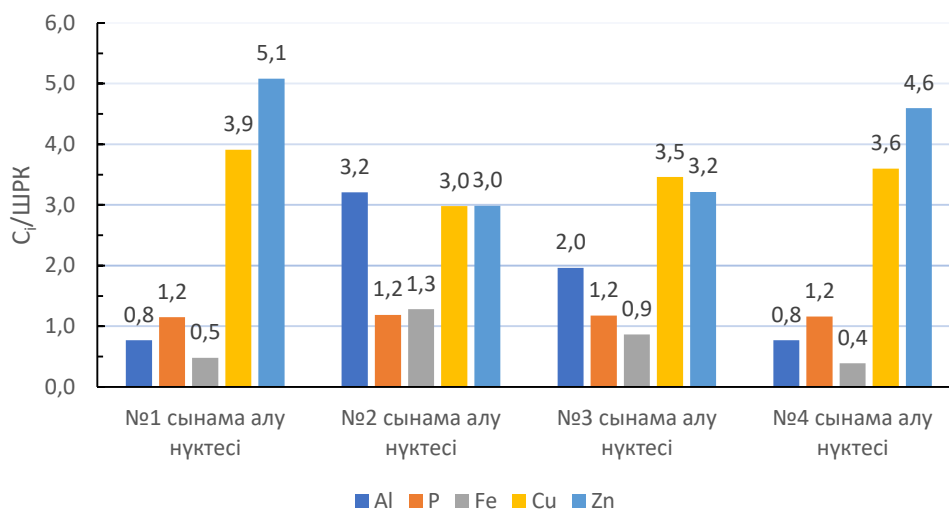
Үлбі өзенінің жер үсті суларының сынамаларындағы элементтердің бекітілген ШРК мәні [25] мен концентрациялары

Элементтер	ШРК, мг/дм ³	Сынама алынған нүктелер			
		№1	№2	№3	№4
		С, мг/дм ³			
Be	0,0001	0,00001	0,00002	0,00001	0,00003
B	≤0,5	0,00783	0,01020	0,00923	0,01053
Na	120	3,09	3,23	3,19	4,89
Mg	≤20	3,11	3,55	3,02	4,19
Al	0,04	0,03082	0,12834	0,07846	0,03074
P	0,1	0,11519	0,11882	0,11772	0,11582
K	50	0,83	0,77	0,67	0,85
Ca	180	6,15	6,76	5,92	8,31
Cr	0,1	0,00041	0,00049	0,00077	0,00044
Mn	0,01	0,00250	0,00309	0,00204	0,00122
Fe	0,1	0,04782	0,12809	0,08674	0,03915
Co	0,005	0,00008	0,00010	0,00011	0,00013
Ni	0,008	0,00066	0,00071	0,00072	0,00075
Cu	0,001	0,00391	0,00298	0,00346	0,00360
Zn	0,01	0,05084	0,02987	0,03214	0,04594
As	0,002	0,00060	0,00068	0,00083	0,00078
Mo	0,001	0,00097	0,00064	0,00061	0,00076
Cd	0,001	0,00062	0,00036	0,00033	0,00029
Pb	0,006	0,00059	0,00046	0,00057	0,00016

Үлбі өзенінің жер үсті суларының химиялық талдау нәтижелері зерттеу аймағындағы судың гидрохимиялық құрамы табиғи су жинау факторлары мен қалалық және өнеркәсіптік аймақтарда артатын антропогендік жүктемелердің біріккен әсерінен қалыптасатынын көрсетті. Тұрмыстық, ауыз су және балық шаруашылығы мақсаттарында пайдаланылатын су айдындары үшін шекті рұқсат етілген концентрациялармен (ШРК) зерттеу нәтижесінде алынған концентрацияларды салыстыру өзеннің экологиялық жағдайына жағымсыз әсер ететін элементтерді анықтауға мүмкіндік берді. Барлық телімдердегі сілтілі және сілтілік жер элементтерінің (Na, K, Ca, Mg) мөлшері тиісті ШРК-дан айтарлықтай төмен және өзеннің бойлық профилі бойынша салыстырмалы түрде біркелкі таралуымен сипатталады. Натрий концентрациясы 3,09-дан 4,89 мг/дм³-ге дейін, магний 3,02-ден 4,19 мг/дм³-ге дейін, кальций 5,92-ден 8,31 мг/дм³-ге дейін және калий 0,67-ден 0,85 мг/дм³-ге дейін өзгерген. Алынған мәндер негізінен табиғи гидрохимиялық фонды көрсетеді және айтарлықтай антропогендік әсерді көрсетпейді. Суда бериллий мен бор төмен концентрацияда кездеседі, бұл белгіленген стандарттардан бірнеше есе төмен. Бериллийдің мөлшері 0,00001-0,00003 мг/дм³, ШРК мәні 0,0001 мг/дм³ құраса, ал бордың мәні рұқсат етілген деңгейі 0,5 мг/дм³ болса, ал зерттелінген су сынамасында 0,0078-ден 0,0105 мг/дм³-ге дейін аралықта болды. Бұл элементтердің таралуындағы кеңістіктік заңдылықтар анықталмағандығы, оларды су ортасының фондық компоненттері ретінде жіктеуге мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, бірқатар элементтер үшін ШРК мәнінен тұрақты түрде асып кеткен немесе стандартты мәндерге жақын концентрациялар тіркелді. Зерттелген барлық телімдерде фосфор концентрациясының ШРК мәнінен асып кетуі байқалды: норма бойынша 0,1 мг/дм³ болғанда, оның мөлшері 0,115...0,119 мг/дм³ құрады. Кенттенген аймақтардың коммуналды-тұрмыстық және жер үсті сулармен тұрақты түсу сипаты фосфор концентрациясының айқын көрсетілген бойлық градиентінің болмауымен түсіндіріледі. Алюминий концентрациясы айқын бейнеленген кеңістіктік әртектілікпен көрсетілген. Өзеннің жоғары және төмен телімдерінде Al мөлшері (0,030...0,031 мг/дм³) ШРК-дан аспайды, бірақ қала шетінде және өнеркәсіптік аймақтың шекарасында

нормалық мәннен 2-3 есеге ($0,128 \text{ мг/дм}^3$ дейін) артқаны тіркелді. Мұндай динамика ластану көздеріне алюминийдің негізінен қалқыма пішінде түсуімен және алыстаған сайын оның біртіндеп тұндырылуы негізгі шараларының бірі ретінде түсіндіріледі. Темірге де осы үлгі тән. Өзеннің қалалық бөлігінде ең жоғары Fe концентрациясы ($0,128 \text{ мг/дм}^3$) анықталды, онда ол ШРК-дан ($0,1 \text{ мг/дм}^3$) асып түсті. Ағыс бойынша темір мөлшері $0,039 \text{ мг/дм}^3$ дейін төмендейді, бұл қалқымалы қатты заттардың шөгінділерінің пайда болуы мен өзен ағынының сұйытылуын көрсетеді.



Сурет 3. Бойлық профиль бойындағы Үлбі өзенінің жер үсті суларындағы элементтер концентрациясының ШРК мәндеріне қатынасы

Ауыр металдардың ішінде мыс пен мырыш бойынша ең жағымсыз жағдай байқалды. Барлық сынама алу нүктелеріндегі мыс концентрациясы ШРК-дан ($0,001 \text{ мг/дм}^3$) 3...4 есе асып (3 сурет), $0,0030...0,0039 \text{ мг/дм}^3$ құрады. Мыс концентрациясының артуы тұрақты және зерттеу аймағының барлық жерінде сақталады, бұл су ортасына мыстың үздіксіз түсетін көздерінің бар екенін көрсетеді. Мырыш сонымен қатар ШРК-ның тұрақты асып кетуімен ($0,01 \text{ мг/дм}^3$) сипатталады, жоғарғы ағыс бөлігінде $0,0508 \text{ мг/л}$ және төменгі ағыс бөлігінде $0,0459 \text{ мг/дм}^3$ ең жоғары мәндеріне жетеді. Бұл таралу ластанудың транзиттік сипатын және Zn-тың айтарлықтай қашықтыққа тасымалдау қабілетін көрсетеді. Хром, марганец, кобальт және никель концентрациялары барлық телімдерде нормалық мәндерден төмен екендігін көрсетті, алайда, Mn және Ni үшін қалалық және өнеркәсіптік аймақтарда орташа өсім байқалады, бұл ластанудың маңызды деңгейіне жетпей, антропогендік жүктеменің әсерін көрсетеді. Мышьяк деңгейі рұқсат етілген шекті концентрациядан (ШРК) аспайды, бірақ та өнеркәсіптік әсер ету аймағында максималды фондардың жоғары мәндерін байқауға болады. Молибден деңгейі нормативтік шектерге жақын, бұл антропогендік ластануды көрсетуі мүмкін, ал кадмий мен қорғасынның концентрациясы рұқсат етілген шекті деңгейден айтарлықтай төмен.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер Үлбі өзенінің гидрохимиялық жағдайы табиғи фондық құрам мен тұрақты антропогендік әсерлердің үйлесімімен анықталатынын көрсетеді, бұл фосфор, мыс және мырыштың артық деңгейінде, сондай-ақ алюминий мен темірдің жергілікті ауытқуларында айқын көрінеді. Ластаушы заттардың кеңістіктік таралуы қалалық және өнеркәсіптік аймақтардың су сапасын қалыптастырудағы негізгі рөлін көрсетеді және еріген және қалқымалы элементтерді ескере отырып, су ағынының экологиялық жағдайын кешенді бағалау қажеттілігін растайды.

Қалалық және өнеркәсіптік аймақтардағы алюминий мен темірдің жоғары концентрациясы Үлбі өзенінің бойлық профилі бойынша су лайлылығының өзгеруімен тығыз байланысты. Орташа лайлылық мәндері өзеннің жоғарғы ағысындағы $2,23 \text{ NTU}$ -дан өнеркәсіптік аймақтан төмен максимум $4,23 \text{ NTU}$ -ға дейін артады, содан кейін олар

Ертіс өзеніне құяр алдындағы төменгі ағысында 3,13 NTU-ға дейін аздап төмендейді. Бұл үрдіс кенттенген аймақ пен өнеркәсіптік аймақта қалқымалы бөлшектер ағынының артуын көрсетеді. Лайлылықтың жоғарылауы қалқыма және коллоидты түрдегі, ең алдымен алюминий, темір, мырыш және мыс түріндегі миграцияға бейім элементтер деңгейінің жоғарылауымен қатар жүреді. Al және Fe ең жоғары концентрациялары дәл ең жоғары лайлылық бар телімде тіркелді, бұл қалқыма бөлшектердің судың химиялық құрамын қалыптастырудағы басым рөлін көрсетеді. Бұл тау-кен және металлургиялық аймақтардағы өзендердегі аталған элементтердің айтарлықтай бөлігі ұсақ дисперсті минералды және жасанды бөлшектермен байланысты екендігімен сәйкес келеді. Зерттеу телімінің ортаңғы және төменгі бөліктеріндегі су лайлылығының жоғарылауы ауыр металдардың, әсіресе Cu және Zn-нің сорбциясы мен тасымалдануын жеңілдетеді, олардың концентрациясы барлық сынама алу нүктелерінде рұқсат етілген ең жоғары концентрациядан үнемі асып түседі. Бұл элементтердің жоғары концентрациясының сақталуы, тіпті төменгі ағыстағы лайлылықтың ішінара төмендеуімен де, қалқыма заттарды тасымалдауды да, еріген иондардың болуын да қамтитын біріктірілген ластану механизмін көрсетеді. Ертіске қосылғанға дейін өзеннің төменгі ағысындағы лайлылықтың төмендеуі алюминий мен темір концентрациясының ШРК-дан төмен деңгейге дейін төмендеуімен қатар жүреді, бұл қалқыма заттардың шөгінділерінің пайда болуын және өзен ағынының сұйылтылуын көрсетеді. Дегенмен, мыс пен мырыш үшін мұндай төмендеу байқалмайды, бұл олардың жоғары миграциялық қабілеті мен су фазасындағы тұрақтылығын көрсетеді.

Сонымен, судың лайлылығы Үлбі өзеніндегі ластанушы заттардың қайта таралу процессі мен антропогенді әсерлердің қарқындылығын бейнелейтін маңызды интегралды көрсеткіш болып табылады. Судың химиялық құрамы мен лайлылықты бірге талдау элементтердің миграция формасы мен көздерін толық түсінік берсе, сонымен бірге қаланың, өнеркәсіптік аймақтың және Ертіс өзенінің сағасының маңына таяу жоғары экологиялық жүктемеге ие телімдерді анықтауға мүмкіндік береді.

Бірқатар микроэлементтер үшін ШРК стандарттарының болмауына байланысты олардың кеңістіктік өзгергіштігі Үлбі өзенінің жоғарғы ағысында, қала құрылыстары орналасқан №1 нүктеге қатысты салыстырмалы талдау арқылы бағаланды, ол жергілікті эталондық нүкте ретінде пайдаланылды. Бұл тәсіл өзеннің бойлық профилі бойынша элементтер концентрациясындағы техногендік шартталған ауытқуларды анықтауға мүмкіндік береді (кесте 3).

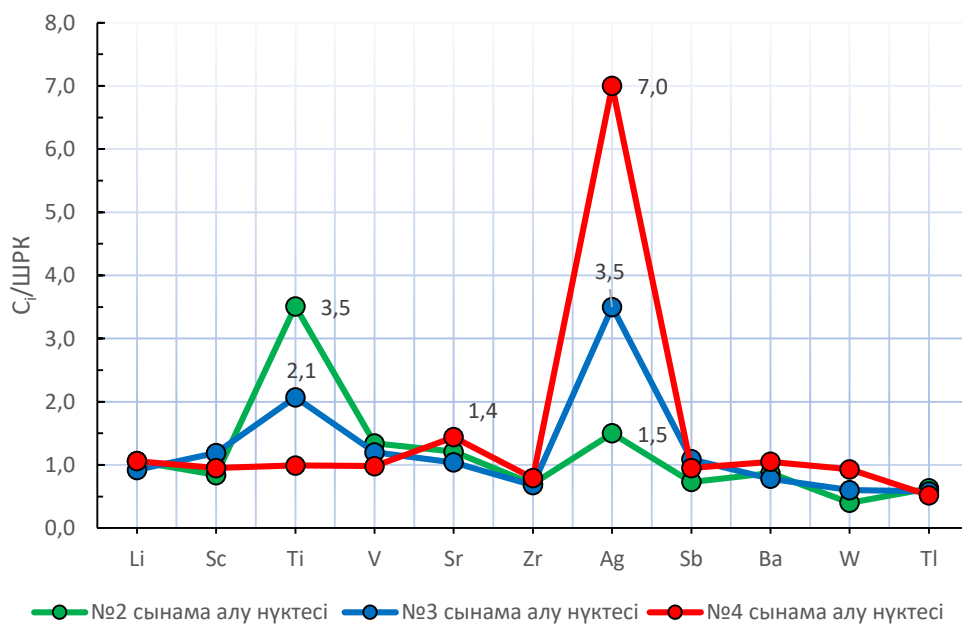
Кесте 3

Үлбі өзенінің жер үсті суларында салыстырмалы түрде фондық телімге (№1) қатысты ШРК бекітілмеген элементтердің концентрациясы

Элементтер	Сынама алынған нүктелер			
	№1 шартты жергілікті фон	№2	№3	№4
	С, мкг/дм ³			
Li	2,37	2,51	2,19	2,51
Sc	0,57	0,48	0,68	0,54
Ti	0,76	2,67	1,57	0,75
V	0,82	1,10	0,98	0,80
Sr	131,69	158,73	136,50	189,92
Zr	0,47	0,33	0,32	0,37
Ag	0,02	0,03	0,07	0,14
Sb	0,22	0,16	0,24	0,21
Ba	21,25	18,45	16,58	22,35
W	0,15	0,06	0,09	0,14
Tl	0,64	0,40	0,37	0,33
Bi	0,00	0,00	0,01	0,01

Литий фондық деңгейге жақын тұрақты концентрациялармен (2,19...2,51 мкг/дм³) сипатталады, бұл негізінен табиғи көзді көрсетеді. Скандийдің мөлшері де аз өзгереді, №3

нүктеде фондық деңгейден шамамен 20 %-ға жоғары, бұл, қалқыма заттардың жергілікті үлесіне байланысты болуы мүмкін. Титан мен ванадий ең айқын кеңістіктік әртектілікті көрсетеді. Қала маңындағы (№ 2) Ti концентрациясы фондық мәннен ~3,5 есеге артқан, ал төменірек өнеркәсіптік аймақта (№ 3) 2 есеге жоғары, бұл жұқа дисперсті минералды және техногенді материалдардың түсуін растайды. Сәйкесінше, ванадий үшін қала аймағының маңында (1,3 есеге дейін) салыстырмалы фонның максималды артуы байқалса, азырақ деңгейде карама-қарсы үрдіспен сипатталады. Стронций концентрациясының тұрақты артуы төменгі ағыс бойынша көрсетеді, яғни № 4 нүктеде ($189,92 \text{ мкг/дм}^3$) жоғары мән фондық деңгейден шамамен 1,4 есе жоғары (4 сурет) екенін байқауға болады. Бұл су айдынының литогеохимиялық ерекшелігін және ақаба сулар мен құйылған сулардың есебінен жинақтаушы эффектін көрсетеді. Цирконий үшін төмендегі барлық телімдер үшін, фондық концентрациямен салыстырғанда төмендетілген концентрациямен сипатталады, бұл айтарлықтай антропогендік көздердің жоқтығын көрсетеді. Күмістің таралуы ерекше назар аударарлық, концентрациялар төменгі ағыста үнемі артқанын байқауға болады, ал төменгі ағыста фондық мәндерден 7 есеге (4 сурет) артқан. Бұл үрдіс өнеркәсіптік көздермен және су ортасындағы күмістің жоғары миграциялық қабілетімен байланысты болуы мүмкін. Сурьма, барий және вольфрам концентрацияларының өзгеруі тұрақты үрдістерді көрсетпейді және әдетте фондық мәндерге жақын ауытқиды, бұл олардың концентрациясына антропогендік әсердің шектеулі екенін көрсетеді. Таллий концентрациясы төменгі ағыста тұрақты түрде төмендейді (фонға қатысты 1,6...2 есе), бұл сұйылту және сорбциялық процестерге байланысты болуы мүмкін. Висмут іздік мөлшерде болады және тек өнеркәсіптік аймақтан төмен басталып анықталынды, бірақ оның абсолютті концентрациясы өте төмен болып қала береді.



Сурет 4. Бойлық профиль бойындағы Үлбі өзенінің жер үсті суларындағы шартты жергілікті Фон мәндеріне элементтер концентрациясының қатынасы

Жалпы алғанда, фондық жағдайға қатысты салыстырмалы талдау көптеген микроэлементтер үшін концентрацияның өзгеруі орташа екенін, ал титан, ванадий және әсіресе күміс кенттелген және өнеркәсіптік аймақтың әсерін анық екенін көрсетеді. Өзеннің төменгі ағысындағы су химиясының қалыптасуы жинақталған антропогендік әсер жағдайында жүреді, бұл Ертіске элементтердің еріген және қалқымалы түрлерінің

ағып, түсетінін анықтайды. Белгіленген ШРК мәндері жоқ элементтер үшін концентрациялардың кеңістіктік өзгергіштігі Үлбі өзенінің жоғарғы ағысында орналасқан, жергілікті фон ретінде қабылданған № 1 нүктеге қатысты бағаланды. Бұл тәсіл ағынның физикалық-химиялық сипаттамаларының, ең алдымен лайлылығының өзгеруін ескере отырып, судың химиялық құрамына антропогендік факторлардың әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

Су лайлылығының жоғары ағыс бөлігіндегі 2,23 NTU-дан өнеркәсіптік аймақтан төменірек максимум 4,23 NTU-ға дейін (№ 3 нүкте) артуы қатты фазамен байланысты бірнеше элементтердің концентрациясының артуымен қатар жүретіні анықталды. Титан ең маңыздысы: оның №2 нүктедегі мөлшері фон деңгейімен салыстырғанда 3,5 еседен астам артады, ал № 3 нүктеде ол екі еседен астам жоғары болып қалады. Ванадий үшін де осындай байланыс байқалады, оның концентрациясы лайлылығы жоғары аймақтарда 1,3 есеге дейін артады, бұл оның негізінен қалқыма бөлшектердің құрамында тасымалданатынын көрсетеді. Скандий сонымен қатар ең жоғары лайлылық аймағында (№ 3 нүкте) концентрацияның артуын көрсетеді, бұл фондық деңгейден шамамен 20 %-ға асып түседі, бұл оның ұсақ дисперсті минералды фракциямен байланысын растайды. Литий лайлылықтың өзгеруімен концентрацияның шамалы ауытқуларымен сипатталады, бұл оның негізінен еріген түрдегі миграциясы мен қалқыма заттардың құрамына әлсіз тәуелді екенін көрсетеді. Стронций лайлылықтың 3,13 NTU-ға дейін төмендеуіне қарамастан, ағыс бойымен концентрацияның тұрақты өсуін көрсетеді, №4 нүктеде максималды мәндерге жетеді. Бұл еріген формалардың жетекші рөлін және элементтің ағынының кумулятивтік сипатын көрсетеді, қалқыма заттармен тікелей байланысты емес. Керісінше, цирконий фондық деңгейлермен салыстырғанда барлық жерлерде төмен концентрациямен сипатталады, бұл оның төмен қозғалғыштығын және қалқыма фазадағы шектеулі ағынын көрсетеді. Күміс лайлылықпен айқын оң байланыс көрсетеді: оның концентрациясы жоғарғы бөліктен төменгі бөлікке қарай үнемі артып, 4-ші нүктеде максимумға жетеді, мұндағы күмістің мөлшері фондық мәннен 7 есе асады. Бұл антропогендік әсерге де, қалқыма бөлшектерге Ag сіңірілуіне де байланысты болуы мүмкін. Сурьма, барий және вольфрам үшін лайлылыққа байланысты айқын тәуелділік анықталған жоқ; олардың концентрациясы фондық мәндерге жуық ауытқиды, бұл антропогендік әсердің шектеулі екенін көрсетеді.

Таллий кері тәуелділік көрсетеді: лайлылық артқан сайын оның концентрациясы фондық деңгейлерге қатысты 1,6...2 есе төмендейді, бұл элементтің қатты фазамен бірге сорбциясына және кейінгі тұнбаға түсуіне байланысты болуы мүмкін. Висмут іздік мөлшерде анықталды және тек лайлылығы жоғары аймақтарда ғана кездеседі, осыған байланысты оның абсолютті концентрациясы өте төмен болып қалады.

Осылайша, алынған деректер су лайлылығының кеңістіктік ауытқулары Үлбі өзеніндегі іздік элементтердің таралуын басқаратын негізгі факторлардың бірі екенін көрсетеді. Қалқымалы түрде миграцияға бейім элементтер (Ti, V, Sc, Ag) кенттенген және өнеркәсіптік аймақтардың әсерін айқын көрсетеді, ал негізінен еріген күйдегі элементтер (Li, Sr) тегіс бойлықтың бойымен таралады және Ертістің химиялық ағындысын қалыптастырады.

4. ҚОРЫТЫНДЫ

Судың химиялық құрамын талдау барысында көптеген элементтердің ШРК шегінде екенін көрсетті. Алюминий (Al), темір (Fe) және мырыш (Zn) үшін нормадан артуы тіркелді: Al концентрациясы орташа ағыста 0,128 мг/дм³ жетеді (0,04 мг/дм³ ШРК-дан ~3,2 есе артық); Fe - орта ағысында 0,128 мг/дм³ (0,1 мг/дм³ ШРК-дан ~1,3 есе артық); Zn - жоғары ағысында 0,0508 мг/дм³ (0,01 мг/дм³ ШРК-дан ~5,1 есе артық) және төменгі ағысында 0,0459 мг/дм³ (ШРК-дан ~4,6 есе артық). Al және Fe ең жоғары концентрациясы өзеннің орташа ағысына сәйкес келеді, бұл Өскемен қаласының кенттенген және өнеркәсіптік аймақтарынан ақаба сулар мен қалқыма бөлшектердің тасымалдануымен байланысты.

Еріген элементтердің өзен ағысы бойынша кеңістіктік таралуы негізінен телімнің жоғары бөлігінен төменгі бөлігіне дейін концентрацияның төмендеу тенденциясымен сипатталады. Бұл өзен суларының сұйылу процессі мен қалқыма заттардың біртіндеп тұнуымен байланысты. Сонымен бірге Sr, Li, Ti, V және Ag үшін төменгі телімде концентрацияның салыстырмалы түрде артуы байқалады, бұл өнеркәсіптік сулардың түсуімен және қалқыма фазада қауымдасқан элементтердің миграциясымен байланысты болуы мүмкін.

Жер үсті суларының лайлылығы жоғары ағыста 2,23 NTU диапазонынан максималды мәнге дейін 4,23 NTU өнеркәсіптік аймақта, одан әрі Ертіс өзеніне түсер алдында 3,13 NTU дейін төмендей отырып, өзгерген. Лайлылықтың артуы қалқыма бөлшектерде сорбциялану мүмкіндігі бар элементтер (Fe, Al, Ti, Zn) концентрациясының артуымен жүреді, бұл судың гидрохимиялық құрамының қатты фазаның тасымалдану процессімен тығыз байланыста екенін көрсетеді.

Өзеннің жоғары теліміндегі элементтердің салыстырмалы талдауы кезінде ШРК (Li, Sc, Ti, V, Sr, Zr, Ag, Sb, Ba, W, Tl, Bi) нормаларының болмауы, әсіресе ағыс бойынша тұрақты таралуы кезінде аталған тұстаманы шартты фондық ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Әсіресе айқын ауытқулар Sr мен Ag үшін орташа және төменгі ағыстарда байқалды, бұл кенттенген және өнеркәсіптік аймақтардың әсерінен екендігін көрсетеді.

Zn, Al және Fe антропогенді жүктеменің индикаторы болып табылады: олардың концентрациялары лайлылықтың артуымен өзара байланыстылықты көрсетеді және қалалық және өнеркәсіптік аймақтың жергілікті әсерін көрсетеді. Мырыш өзеннің төменгі теліміне дейін жоғары мәнді сақтай отырып, ластану сипатының транзитін көрсетеді.

Гидрохимиялық көрсеткіштер мен лайлылық бойынша мәліметтер қалалық және өнеркәсіптік аймақтардың шекарасында антропогенді әсердің өзеннің орташа ағысының аса айқын көрсетілген қалқыма бөлшектердің мөлшерінің артуымен және жекеленген металдарының концентрациясының жоғарлауымен байқалады.

Алынған деректер гидрохимиялық көрсеткіштер мен судың лайлылығын техногенді жүктеменің индикаторы ретінде кешенді талдаудың ақпараттық құндылығын растайды. Нәтижелер Үлбі өзенінің Ертіске құяр телімінде экологиялық мониторинг стратегияларын әзірлеу мен одан әрі ластану бағасын жасаудың тиімді әдістерін негіздейді.

АВТОРЛАРДЫҢ ҚОСҚАН ҮЛЕСІ

Тұжырымдамалау – НВС, ГҚД; деректерді басқару – НВС, ГҚД, ОАП, ЖКИ, ААП, ИВД; Ресми талдау – НВС, ГҚД; Әдістеме – НВС, ГҚД, ОАП; Визуализация – НВС, ААП; Бастапқы жобаны жазу – НВС, ГҚД; Шолу жазу және редакциялау – НВС, ГҚД, ОАП, ЖКИ, ААП, ИВД.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ

Бұл мақала BR24992854 «Шығыс Қазақстан облысының тау-кен металлургия саласының тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін бәсекеге қабілетті ғылыми-негізделген технологияларды әзірлеу және іске асыру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру жобасы бойынша орындалды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Bilotta G.S., Brazier R.E. (2008) Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, Vol. 42, pp. 2849–2861. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>
2. Horowitz A.J. (2008) Determining annual suspended sediment and sediment-associated trace element fluxes. *Hydrological Processes*, Vol. 22, pp. 4213–4223. <https://doi.org/10.1002/hyp.7117>
3. Förstner U., Wittmann G.T.W. (2012) *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-69385-4>
4. Singh B.P., Varshney P., Chourasiya S., Vidyarthi V.K. (2025) Assessment of physicochemical properties and heavy metal contamination in riverine system and their impacts on public health. *Discover Water*, Vol. 5, pp. 50. <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00243-9>
5. Liu X., Sheng Y., Liu Q., Li Z. (2024) Suspended Particulate Matter Affects the Distribution and Migration of Heavy Metals in the Yellow River. *Science of the Total Environment*, 2024, Vol. 912, pp.169537. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169537>
6. Fan J., Yang J., Cheng F., Zhang S. (2023) The Source, Distribution, and Environmental Effects of Suspended Particulate Matter in the Yangtze River System. *Water*, Vol.15, pp. 3429. <https://doi.org/10.3390/w15193429>

7. Krickov I.V., Lim A.G., Shevchenko V.P., Starodymova D.P., Dara O.M., Kolesnichenko Y., Zinchenko D.O., Vorobyev S.N., Pokrovsky O.S. (2023) Seasonal Variations of Mineralogical and Chemical Composition of Particulate Matter in a Large Boreal River and Its Tributaries. *Water*, Vol. 15, pp. 633. <https://doi.org/10.3390/w15040633>
8. Nadmitov B., Hong S., In Kang S., Chu J.M., Gomboev B., Janchivdorj L., Lee C-H., Khim J.S. (2015) Large-scale monitoring and assessment of metal contamination in surface water of the Selenga River Basin (2007–2009). *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 22, pp. 2856–2867. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3564-6>
9. Kasimov N., Shinkareva G., Lychagin M., Kosheleva N., Chalov S., Pashkina M., Thorslund J., Jarsjö J. (2020) River Water Quality of the Selenga-Baikal Basin: Part I-Spatio-Temporal Patterns of Dissolved and Suspended Metals. *Water*, Vol. 12(8), pp. 2137. <https://doi.org/10.3390/w12082137>
10. Shiretorova V.G., Nikitina E.P., Nimbueva N.B., Bazarsadueva S.V., Budaeva O.D., Pintaeva E.Ts., Taraskin V.V., Radnaeva L.D. (2026) Dissolved metals in the Selenga River delta (Lake Baikal) during a high-water period: Spatiotemporal patterns, pollution levels, and environmental risk assessment. *Journal of Great Lakes Research*, pp.102776. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2026.102776>
11. Mussakulkyzy A., Opp C., Amirgaliev N., Madibekov A., Ismukhanova L., Zhadi A. (2025) Transmission of heavy metals in river water and self-purification capacity of the Ile River. *Applied Sciences*, Vol. 15, No. 12, pp. 6548. <https://doi.org/10.3390/app15126548>
12. Sultangazieva G.S. (2024) Study of chemical pollution level in water resources of Almaty city. *Reports of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, Vol. 2, pp. 152–166. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.286>
13. Романова С.М., Крупа Е.Г., Серикова А.С., Алексеев С.Н. (2024) Современная гидрохимическая характеристика водных объектов казахстанской части бассейна р. Ертис. *Гидрометеорология және экология*, Т.1, С. 121-132. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132>
14. Krupa E., Romanova S., Serikova A., Shakhvorostova L. (2024). A Comprehensive Assessment of the Ecological State of the Transboundary Irtysh River (Kazakhstan, Central Asia). *Water*, Vol. 16(7), pp. 973. <https://doi.org/10.3390/w16070973>
15. Aidarkhanova A., Larionova N., Tasheikova A., Dyussebayeva M., Mamyrbayeva A., Timonova L., Shakenov Ye., Mulikova A., Aidarkhanov A. (2024) Assessment of the radionuclide and chemical composition of the Irtysh River water at the Republic of Kazakhstan territory. *RSC Advances*, Vol. 14, pp. 26208–26218. <https://doi.org/10.1039/D4RA02557A>
16. Seraya N., Daumova G., Petrova O., Garcia-Mira R., Polyakova A. (2025) Ecological Status of the Small Rivers of the East Kazakhstan Region. *Sustainability*, Vol. 17, pp. 6525. <https://doi.org/10.3390/su17146525>
17. Zhalmagambetova U., Assanov D., Neftissov A., Biloshchitskyi A., Radelyuk I. (2024). Implications of Water Quality Index and Multivariate Statistics for Improved Environmental Regulation in the Irtysh River Basin (Kazakhstan). *Water*, Vol. 16(15), pp. 2203. <https://doi.org/10.3390/w16152203>
18. Мамырбекова Г., Қалыбекова Е., Анапьянова С., Колпакова В., Еремеева Ю., Шевцов М. (2024). Ертис өзені су сапасына Үлбі саласының әсері. *Izdenister Natigeler*, т. 2 (102), 341–351 б. <https://doi.org/10.37884/2-2024/33>
19. Dyussebayeva M., Tasheikova A., Shakenov Y., Kolbin V., Nurgaisinova N., Mamyrbayeva A., Abisheva M. (2025) Distribution characteristics and assessment of the content of heavy metals in small rivers of the Ulba riv. basin in the mining regions of East Kazakhstan. *RSC Advances*, Vol. 15, No. 14, pp. 11034–11044. <https://doi.org/10.1039/d5ra00801h>
20. Rakhymberdina M., Daumova G., Apshikur B., Kolpakova V. (2024) Integrated chemical-geoecological monitoring of the Yertis River. *Engineered Science*, Vol. 32, pp. 1328. <https://doi.org/10.30919/es1328>
21. Apshikur B., Rakhymberdina M., Levin E. (2025) Integrated research of the transboundary Yertis River. *ES Energy & Environment*, Vol. 27, pp. 1362. <https://doi.org/10.30919/esee1362>
22. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. - Л., Гидрометеиздат, 1977 - 541 с.
23. СТ РК ИСО 17294-2-2006. Качество воды. Применение масс-спектрометрии индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС) Часть 2: Определение 62 элементов. https://prg.kz/document/?doc_id=30371803&pos=22;274
24. EN ISO 7027-1-2016 Water quality – Determination of turbidity – Part 1: Quantitative methods (ISO 7027-1:2016), Available online: <https://www.iso.org/standard/62801.html>
25. Об утверждении единой системы классификации качества воды в поверхностных водных объектах и (или) их частях Приказ Министра водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан от 4 июня 2025 года № 111-НК, <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G25MA000111>

REFERENCES

1. Bilotta G.S., Brazier R.E. (2008) Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*, Vol. 42, pp. 2849–2861. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.03.018>
2. Horowitz A.J. (2008) Determining annual suspended sediment and sediment-associated trace element fluxes. *Hydrological Processes*, Vol. 22, pp. 4213–4223. <https://doi.org/10.1002/hyp.7117>
3. Förstner U., Wittmann G.T.W. (2012) *Metal Pollution in the Aquatic Environment*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-69385-4>
4. Singh B.P., Varshney P., Chourasiya S., Vidyarthi V.K. (2025) Assessment of physicochemical properties and heavy metal contamination in riverine system and their impacts on public health. *Discover Water*, Vol. 5, pp. 50. <https://doi.org/10.1007/s43832-025-00243-9>
5. Liu X., Sheng Y., Liu Q., Li Z. (2024) Suspended Particulate Matter Affects the Distribution and Migration of Heavy Metals in the Yellow River. *Science of the Total Environment*, 2024, Vol. 912, pp.169537. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169537>
6. Fan J., Yang J., Cheng F., Zhang S. (2023) The Source, Distribution, and Environmental Effects of Suspended Particulate Matter in the Yangtze River System. *Water*, Vol.15, pp. 3429. <https://doi.org/10.3390/w15193429>
7. Krickov I.V., Lim A.G., Shevchenko V.P., Starodymova D.P., Dara O.M., Kolesnichenko Y., Zinchenko D.O., Vorobyev S.N., Pokrovsky O.S. (2023) Seasonal Variations of Mineralogical and Chemical Composition of Particulate Matter in a Large Boreal River and Its Tributaries. *Water*, Vol. 15, pp. 633. <https://doi.org/10.3390/w15040633>
8. Nadmitov B., Hong S., In Kang S., Chu J.M., Gomboev B., Janchivdorj L., Lee C-H., Khim J.S. (2015) Large-scale monitoring and assessment of metal contamination in surface water of the Selenga River Basin (2007–2009). *Environmental Science and Pollution Research*, Vol. 22, pp. 2856–2867. <https://doi.org/10.1007/s11356-014-3564-6>

9. Kasimov N., Shinkareva G., Lychagin M., Kosheleva N., Chalov S., Pashkina M., Thorslund J., Jarsjö J. (2020) River Water Quality of the Selenga-Baikal Basin: Part I-Spatio-Temporal Patterns of Dissolved and Suspended Metals. *Water*, Vol. 12(8), pp. 2137. <https://doi.org/10.3390/w12082137>
10. Shiretorova V.G., Nikitina E.P., Nimbueva N.B., Bazarsadueva S.V., Budaeva O.D., Pintaeva E.Ts., Taraskin V.V., Radnaeva L.D. (2026) Dissolved metals in the Selenga River delta (Lake Baikal) during a high-water period: Spatiotemporal patterns, pollution levels, and environmental risk assessment. *Journal of Great Lakes Research*, pp.102776. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2026.102776>
11. Mussakulkyzy A., Opp C., Amirgaliev N., Madibekov A., Ismukhanova L., Zhadi A. (2025) Transmission of heavy metals in river water and self-purification capacity of the Ile River. *Applied Sciences*, Vol. 15, No. 12, pp. 6548. <https://doi.org/10.3390/app15126548>
12. Sultangazieva G.S. (2024) Study of chemical pollution level in water resources of Almaty city. *Reports of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, Vol. 2, pp. 152–166. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.286>
13. Romanova S.M., Krupa E.G., Serikova A.S., Alekseev S.N. (2024) Sovremennaya gidrokhimicheskaya kharakteristika vodnykh ob"ektov kazakhstanskoi chasti basseina r. Ertis. *Gidrometeorologiya zhane ekologiya*, T.1, S. 121-132. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132>. (In Russian).
14. Krupa E., Romanova S., Serikova A., Shakhvorostova L. (2024). A Comprehensive Assessment of the Ecological State of the Transboundary Irtysh River (Kazakhstan, Central Asia). *Water*, Vol. 16(7), pp. 973. <https://doi.org/10.3390/w16070973>
15. Aidarkhanova A., Larionova N., Tasheкова A., Dyussebayeva M., Mamyrbayeva A., Timonova L., Shakenov Ye., Mulikova A., Aidarkhanov A. (2024) Assessment of the radionuclide and chemical composition of the Irtysh River water at the Republic of Kazakhstan territory. *RSC Advances*, Vol. 14, pp. 26208–26218. <https://doi.org/10.1039/D4RA02557A>
16. Seraya N., Daumova G., Petrova O., Garcia-Mira R., Polyakova A. (2025) Ecological Status of the Small Rivers of the East Kazakhstan Region. *Sustainability*, Vol. 17, pp. 6525. <https://doi.org/10.3390/su17146525>
17. Zhalmagambetova U., Assanov D., Neftissov A., Biloshchitskyi A., Radelyuk I. (2024). Implications of Water Quality Index and Multivariate Statistics for Improved Environmental Regulation in the Irtysh River Basin (Kazakhstan). *Water*, Vol. 16(15), pp. 2203. <https://doi.org/10.3390/w16152203>
18. Mamyrbekova G., Qalybekova E., Anäpänova S., Kolpakova V., Ereemeeva İ., Şevsov M. (2024). Ertis özenı su sapasyna Ülbı salasynyñ äserı. *Izdenister Natigeler*, t. 2 (102), 341–351 b. <https://doi.org/10.37884/2-2024/33>. (In Kazakh).
19. Dyussebayeva M., Tasheкова A., Shakenov Y., Kolbin V., Nurgaisinova N., Mamyrbayeva A., Abisheva M. (2025) Distribution characteristics and assessment of the content of heavy metals in small rivers of the Ulba riv. basin in the mining regions of East Kazakhstan. *RSC Advances*, Vol. 15, No. 14, pp. 11034–11044. <https://doi.org/10.1039/d5ra00801h>
20. Rakhymberdina M., Daumova G., Apshikur B., Kolpakova V. (2024) Integrated chemical-geoecological monitoring of the Yertis River. *Engineered Science*, Vol. 32, pp. 1328. <https://doi.org/10.30919/es1328>
21. Apshikur B., Rakhymberdina M., Levin E. (2025) Integrated research of the transboundary Yertis River. *ES Energy & Environment*, Vol. 27, pp. 1362. <https://doi.org/10.30919/esee1362>
22. Rukovodstvo po khimicheskomu analizu poverkhnostnykh vod sushi / pod red. A.D. Semenova. - L., Gidrometeoizdat, 1977 - 541 s. (In Russian).
23. ST RK ISO 17294-2-2006. Kachestvo vody. Primenenie mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoi plazmoi (ISP-MS) Chast' 2: Opredelenie 62 elementov. https://prg.kz/document/?doc_id=30371803&pos=22;274. (In Russian).
24. EN ISO 7027-1-2016 Water quality – Determination of turbidity – Part 1: Quantitative methods (ISO 7027-1:2016), Available online: <https://www.iso.org/standard/62801.html>
25. Ob utverzhdenii edinoi sistemy klassifikatsii kachestva vody v poverkhnostnykh vodnykh ob"ektakh i (ili) ikh chastyakh Prikaz Ministra vodnykh resursov i irrigatsii Respubliki Kazakhstan ot 4 iyunya 2025 goda № 111- NQ, <https://adilet.zan.kz/rus/docs/G25MA000111>. (In Russian).

ГИДРОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И МУТНОСТЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕКИ УЛЬБА В УСЛОВИЯХ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Наталья В. Серая к.х.н., профессор, Гульжан К. Даумова* к.т.н., профессор, Ольга А. Петрова к.т.н., ассоциированный профессор, Жанат К. Идришева к.т.н., профессор, Арина А. Полякова, Игорь А. Денисов

Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан; NSeraya@edu.ektu.kz (НВС), GDaumova@edu.ektu.kz (ГКД), OPetrova@edu.ektu.kz (ОАП), Zhidrisheva@edu.ektu.kz (ЖКИ), APolyakova@edu.ektu.kz (ААП), IDenisov@edu.ektu.kz (ИВД)

*Автор корреспонденции: Гульжан К. Даумова, GDaumova@edu.ektu.kz

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Река Ульба; река Ертис;
гидрохимия; мутность;
поверхностные воды;
техногенное воздействие;
тяжелые металлы;
экологический мониторинг

АБСТРАКТ

Проведено исследование гидрохимического состава и мутности поверхностных вод реки Ульба в условиях воздействия городской и промышленной зоны г. Усть-Каменогорска. Отобраны пробы на четырех контрольных участках: верхнем течении выше города, среднем течении в городской черте, ниже промышленной зоны и на нижнем участке перед впадением в Ертис. Определены концентрации широкого спектра химических элементов, включая Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Pb и другие,

По статье:

Получено: 20.03.2026
Пересмотрено: 02.06.2026
Принято: 25.08.2026
Опубликовано: 30.09.2026

а также измерена мутность воды. Выявлено, что концентрации большинства элементов находятся в пределах предельно допустимых значений, при этом локальное превышение зафиксировано для Al, Fe, Sr и Ag в среднем и нижнем течении, что связано с антропогенным воздействием промышленных предприятий и городского стока. Мутность варьировала от 2,23 до 4,23 NTU, демонстрируя прямую связь с повышением содержания взвешенных частиц и металлов. Результаты исследования подтверждают информативность комплексного мониторинга гидрохимических показателей и мутности как индикаторов техногенной нагрузки, что позволяет оценивать экологическое состояние рек в зоне промышленного воздействия и формировать основу для дальнейшего экологического мониторинга.

HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS AND TURBIDITY OF THE SURFACE WATERS OF THE ULBA RIVER UNDER INDUSTRIAL IMPACT

Natalya V. Seraya Candidate of Chemical Sciences, professor, Gulzhan K. Daumova* Candidate of Technical Sciences, professor, Olga A. Petrova Candidate of Technical Sciences, associate professor, Zhanat K. Idrisheva Candidate of Technical Sciences, professor, Arina Polyakova, Igor Denisov

D. Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; NSeraya@edu.ektu.kz, GDaumova@edu.ektu.kz, OPetrova@edu.ektu.kz, Zhidrisheva@edu.ektu.kz, APolyakova@edu.ektu.kz, IDenisov@edu.ektu.kz

*Author correspondent: Gulzhan Daumova, GDaumova@edu.ektu.kz

KEY WORDS

Ulba River; Yertis River;
hydrochemistry; turbidity;
surface waters; anthropogenic
impact; heavy metals;
environmental monitoring

About article:

Received: 20.03.2026
Revised: 02.06.2026
Accepted: 25.08.2026
Published: 30.09.2026

ABSTRACT

A study was conducted to assess the hydrochemical composition and turbidity of the surface waters of the Ulba River under the influence of urban and industrial activities in Ust-Kamenogorsk. Samples were collected at four monitoring sites: the upper reaches upstream of the city, the middle reaches within the city limits, downstream of the industrial zone, and the lower reaches before the confluence with the Yertis River. Concentrations of a broad range of chemical elements were determined, including Li, Be, B, Na, Mg, Al, P, K, Ca, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Mo, Cd, Pb, etc., and water turbidity was also measured. The results showed that the concentrations of most elements were within established environmental standards; however, localized exceedances were observed for Al, Fe, Sr, and Ag in the middle and lower reaches. These exceedances can be attributed to anthropogenic impacts associated with industrial activities and urban runoff. Turbidity values ranged from 2.23 to 4.23 NTU, indicating a correlation with increased levels of suspended solids and metal concentrations. The study results confirm the effectiveness of integrated monitoring of hydrochemical parameters and turbidity as indicators of anthropogenic pressure, enabling the assessment of the ecological status of rivers in industrially impacted areas and providing a basis for further environmental monitoring.

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