

FTAMP 38.29.15/38.41.29

<https://doi.org/10.26577/EJE87220266>

А. Ысқақ , **А.М. Нурсеитова*** ,
К.А. Казбекова , **С.А. Дарибаева** 

Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан
*e-mail: aruzhan.nurseitova03@gmail.com

ТОБЫЛ ӨЗЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫН ГИДРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕР НЕГІЗІНДЕ БАҒАЛАУ

Бұл мақалада Қостанай облысы аумағындағы Тобыл өзенінің 2020–2024 жылдар аралығындағы гидрохимиялық көрсеткіштер негізінде экологиялық жағдайына кешенді баға берілген. Зерттеу РМК «Қазгидромет» Қостанай облыстық филиалының бақылау деректері негізінде жүргізіліп, өзеннің бес нүктесінде су сынамалары бойынша жүргізілді. Су сапасын бағалау үшін кальций, магний, хлоридтер, минералдану және ілінген заттар сияқты негізгі көрсеткіштер зерттелді. Талдау нәтижелері Су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесіне сәйкес, барлық нүктелердегі судың сапасы 6-класқа – яғни жоғары дәрежеде ластанған категорияға жататынын көрсетті. Бұл судың ауыз су, шаруашылық-тұрмыстық және балық шаруашылығында пайдалануға жарамсыз екенін айқындайды. Сонымен қатар, көрсеткіштер арасындағы өзара байланысты анықтау үшін корреляциялық талдау жүргізіліп, кальций, магний, минералдану және ілінген заттар арасында тығыз байланыс, ал хлоридтермен әлсіз тәуелділік анықталды. Зерттеу нәтижелері Тобыл өзенінің бассейнінде антропогендік жүктеменің жоғары деңгейде екенін және су ортасын қалпына келтіру бойынша жедел шаралар қабылдау қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: Тобыл өзені, экологиялық жағдай, гидрохимиялық көрсеткіштер, су сапасы, минералдану, корреляциялық талдау, антропогендік ластану, су мониторингі, Қостанай облысы, тұрақты су пайдалану.

A. Yskak, A.M. Nurseitova*, K.A. Kazbekova, S.A. Daribayeva
Kostanay Regional University named after Akhmet Baitursynuly, Qostanay, Kazakhstan
*e-mail: aruzhan.nurseitova03@gmail.com

Assessment of the ecological state of the Tobyl river based on hydrochemical indicators

This article presents a comprehensive assessment of the ecological state of the Tobyl River within the territory of Kostanay Region based on hydrochemical indicators for the period 2020–2024. The study is based on observation data from the Kostanay branch of RSE “Kazhydromet”, where water samples were collected at five points along the river. Key indicators such as calcium, magnesium, chlorides, mineralization, and suspended solids were analyzed to evaluate water quality. According to the Unified Water Quality Classification System, the analysis results showed that water at all sampling points falls into Class 6 – a highly polluted category. This indicates the water is unsuitable for drinking, domestic, and fishery use. Additionally, a correlation analysis was conducted to identify relationships between the indicators, revealing strong correlations among calcium, magnesium, mineralization, and suspended solids, and a weak correlation with chlorides. The findings of the study indicate a high level of anthropogenic pressure within the Tobyl River basin and highlight the urgent need for measures to restore the aquatic environment.

Keywords: Tobyl River, ecological state, hydrochemical indicators, water quality, mineralization, correlation analysis, anthropogenic pollution, water monitoring, Kostanay Region, sustainable water use.

А. Ысқақ, А.М. Нурсеитова*, К.А. Казбекова, С.А. Дарибаева
Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан
*e-mail: aruzhan.nurseitova03@gmail.com

Оценка экологического состояния реки Тобыл на основе гидрохимических показателей

В данной статье представлена комплексная оценка экологического состояния реки Тобыл на территории Костанайской области на основе гидрохимических показателей за период 2020–2024 годов. Исследование основано на данных наблюдений филиала РГП «Казгидромет» по Ко-

станайской области, в рамках которого пробы воды были отобраны в пяти точках реки. Для оценки качества воды были проанализированы ключевые показатели, такие как кальций, магний, хлориды, минерализация и взвешенные вещества. Результаты анализа, согласно Единой системе классификации качества воды, показали, что во всех точках вода относится к 6-му классу – высоко загрязнённой категории. Это указывает на её непригодность для питьевого, хозяйственно-бытового и рыбохозяйственного использования. Кроме того, был проведён корреляционный анализ для выявления взаимосвязей между показателями, в ходе которого установлены сильные связи между кальцием, магнием, минерализацией и взвешенными веществами, а также слабая зависимость с хлоридами. Результаты исследования свидетельствуют о высоком уровне антропогенной нагрузки в бассейне реки Тобыл и необходимости срочного принятия мер по восстановлению водной среды.

Ключевые слова: река Тобыл, экологическое состояние, гидрохимические показатели, качество воды, минерализация, корреляционный анализ, антропогенное загрязнение, мониторинг воды, Костанайская область, устойчивое водопользование.

Кіріспе

Су ресурстарының тапшылығы мен климаттың өзгеруі жағдайында Қазақстан су секторын реформалау бойынша ауқымды қадамдар жасауда. 2024 жылы елдің оңтүстік өңірлеріне суару үшін 10,9 км³ су жіберілді, бұл суаруға арналған жалпы су алу көлемінің 97%-ын құрайды. Су инфрақұрылымын жаңғырту аясында 20 жаңа су қоймасын салу және 15 қолданыстағы нысанды, соның ішінде 14 мың шақырымнан астам ирригациялық каналдарды қайта жаңарту жоспарланған. Бұл шаралар суды тасымалдау кезіндегі шығындарды 50%-дан 25%-ға дейін азайтып, ауыл шаруашылығы қажеттіліктері үшін қосымша су көлемін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. 2024 жылы Қазақстанда 93 гидротехникалық нысанға зерттеу жүргізіліп, жалпы ұзындығы 592,9 км болатын 260 бөгет салынды және нығайтылды. «Tasqyn» су тасқынын болжау және модельдеу ақпараттық жүйесі мен су ресурстарының ұлттық ақпараттық жүйесін енгізу су айдындарының жағдайына нақты уақытта мониторинг жүргізуге және су тасқыны мен құрғақшылықты болжауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, 2024 жылы тамшылатып суару мен жаңбырлату жүйелерін енгізудің арқасында суармалы жерлердің аумағы 312,2 мың гектардан 462,2 мың гектарға дейін ұлғайды, бұл суды үнемдеуге және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыруға септігін тигізеді. Бұл бастамалар Қазақстанның су ресурстарын тұрақты басқаруға және климаттық өзгерістерге бейімделуге деген ұмтылысын айқын көрсетеді (Prime Minister of the Republic of Kazakhstan, 2024).

Су объектілерінің экологиялық жағдайын және экожүйелерді қалпына келтіру процестерін бағалау – антропогендік ықпалдың су және

жағалау экожүйелеріне әсері тұрғысынан алғанда аса маңызды ғылыми міндеттердің бірі болып табылады (Wikipedia, n.d.). Су ресурстары экожүйелердің тұрақты қызмет етуінде шешуші рөл атқарады, алайда олардың жағдайына өнеркәсіптік кәсіпорындар, ауыл шаруашылығы және урбанизация айтарлықтай кері әсер етеді (Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, 2016). Су айдындарының ауыр металдармен, мұнай өнімдерімен, биогендік заттармен және өзге де уытты қосылыстармен ластануы су сапасының төмендеуіне, биоәртүрліліктің қысқаруына және жағалаулық аумақтардың деградациясына алып келеді. Аталған саладағы ғылыми зерттеулердің ауқымы кең – ластанушы заттардың тірі ағзаларға әсерін зерттеуден бастап, деградацияға ұшыраған су объектілерін қалпына келтіру әдістемелерін әзірлеуге дейінгі мәселелерді қамтиды (Kazhydromet, 2024). Сонымен қатар, климаттық өзгерістердің су объектілерінің гидрологиялық режиміне және экожүйелердің өзін-өзі тазарта алу қабілетіне әсері де ерекше назарда (Zholdasbek & Kauazov, 2020). Жаһандық жылыну мен жауын-шашын режимінің өзгеруі эвтрофикация, су түбінің шөгуді және патогенді микроағзалардың көбеюі сияқты проблемаларды ушықтыруы мүмкін (Kurzhukayev et al., 2020). Осыған байланысты су экожүйелерінің жағдайына әсер ететін факторларға кешенді талдау жүргізу және оларды қорғау мен қалпына келтірудің тиімді әдістерін әзірлеу өзекті. Техногендік жүктеменің артуы мен климаттың өзгеруі су және жағалау экожүйелерінің деградация үдерістерін одан әрі жылдамдата түсуде.

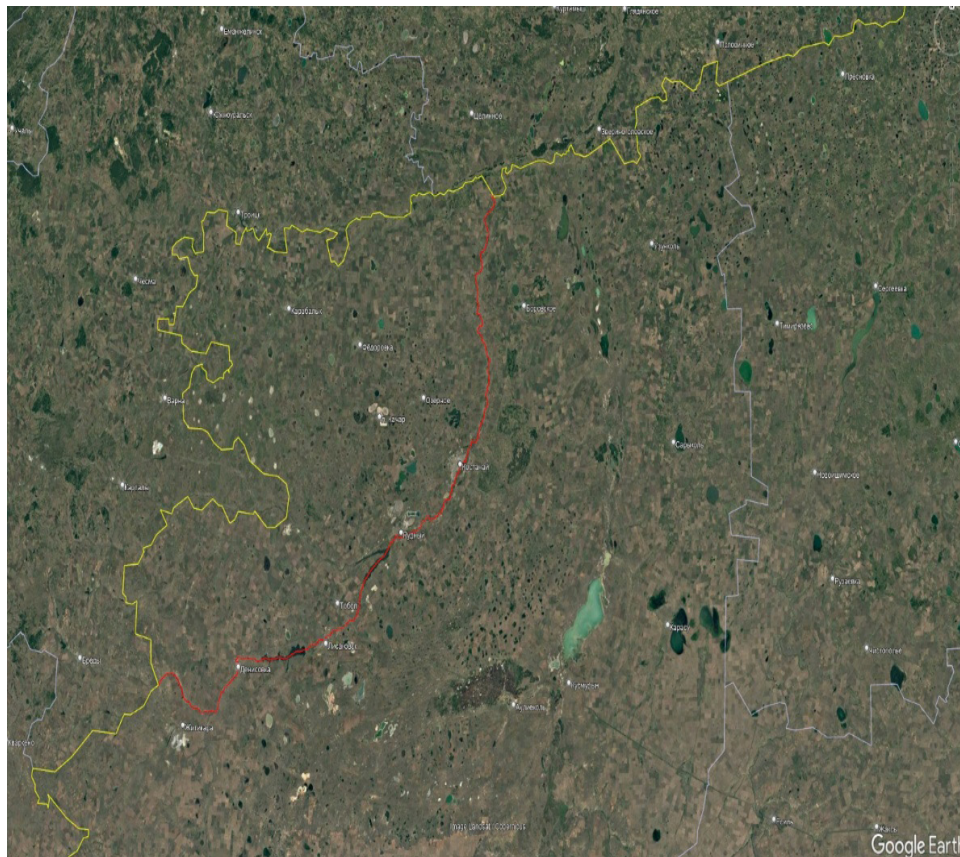
Қостанай облысының суға деген қажеттілігін қамтамасыз ететін ең маңызды су нысаны – Тобыл өзені (1-сурет). Ол Меңдіқара, Қостанай, Федоров және Сарыкөл аудандары-

ның аумағында орналасқан 41 елді мекен мен кәсіпорынды сумен қамтамасыз етеді. Өзеннің ұзындығы – 1591 км, ал оның бассейнінің ауданы

– 426 000 км². Тобыл өзенінің бассейнінде жалпы ауданы 9000 км² болатын шамамен 20 мың көл бар (Kozykееva et al., 2024).

1-сурет

Тобыл өзенінің орналасқан жері



Тобыл өзенінің кешенді экологиялық мониторингін ұйымдастыру және жүргізу жөніндегі уәкілетті орган – Қостанай облысы бойынша филиалы арқылы әрекет ететін «Қазгидромет» РМК. «Қазгидромет» республикалық мемлекеттік кәсіпорны – Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігіне қарасты ғылыми-өндірістік мекеме болып табылады және еліміздің әрбір облысында он бес филиалы бар (Nesgovogova et al., 2021).

Тобыл өзеніне қатысты «Қазгидромет» РМК-ның қызметі мемлекеттік бақылау желісін пайдалана отырып, қоршаған ортаның жай-күйіне, сондай-ақ метеорологиялық және гидрологиялық үдерістерге мониторинг жүргізуге бағытталған. Бұл ретте сенімді гидрометеорологиялық ақпаратты жинау, гидрометеорология-

лық болжамдар мен қоршаған ортаның жай-күйі туралы ақпараттың сапасын арттыру, сондай-ақ бақылау желісінде жүйелі түрде жүргізілген байқаулар нәтижесінде алынған деректерді жинақтап, қорыту негізгі міндеттер болып табылады (Birimbayeva et al., 2024).

Тобыл өзенінің су ресурстарын ұтымды басқару оның гидрологиялық режимін, су сапасын және антропогендік факторлардың әсерін терең түсініксіз. Осы тұрғыда көпжылдық ағын көлемін талдау, судың физикалық-химиялық және биологиялық сипаттамаларын зерттеу, сондай-ақ климаттық және шаруашылық жүктемелердің әсерін бағалау бағытындағы ғылыми зерттеулер айрықша мәнге ие (Nugmanov et al., 2025).

А. Е. Жолдасбек пен А. М. Казуазовтың жұмысында 1964–2017 жылдар аралығындағы су

шығынының көпжылдық қатарлары қарастырылады. Зерттеу барысында авторлар трендік талдау жүргізіп, орташа ағын мөлшерінің өзгеруін анықтайды және негізгі климаттық параметрлердің (температура мен жауын-шашын) су режимінің өзгергіштігіне әсерін бағалайды (Kazhydromet, 2021).

Ағынның маусымдық және жыл сайынғы өзгергіштігі, сондай-ақ негізгі гидрохимиялық көрсеткіштер (кермектілік, иондық құрам, органикалық заттар мөлшері) Ж. Құржықбаева, Г. К. Баринаова және А. С. Асылбекова (2020) жүргізген зерттеуде жан-жақты талданған. Авторлар Тобыл өзенінің бойындағы алты гидрологиялық бақылау бекетіндегі параметрлердің динамикасын қарастырып, маусымдық ауытқулармен қатар, гидротехникалық құрылыстар мен шаруашылық қызметтің ықпалына байланысты жергілікті аномалияларды анықтаған (Kazhydromet Kostanay Branch, 2022–2025).

А.Т. Қозыкеева, Ж.С. Мұстафаев және Б.Е. Тастемирова (2024) жүргізген зерттеу Тобыл өзені бассейніндегі су қайтарымы мен температуралық және жауын-шашындық аномалиялардың арасындағы өзара байланысқа назар аударады. Авторлар су ресурстарының тұрақтылығын бағалау барысында маусымдық үрдістер мен климаттық өзгерістердің ықтимал салдарын ескеру қажеттігін атап көрсетеді (Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, 2022). Осыған ұқсас мәселелерді Л. Биримбаева мен Л. Махмудова (2024) қарастырып, Қазақстанның жазық өңірлеріндегі, оның ішінде Тобыл өзені бассейніндегі, гидрологиялық құрғақшылық режимдерінің кеңістіктік-уақыттық өзгермелілігін талдайды. SPI (стандартталған жауын-шашын индексі) және SDI (ағын суларының құрғақшылық индексі) индекстерін қолдана отырып, олар құрғақ кезеңдердің жиілігі мен қарқындылығының артып келе жатқанын анықтап, су ресурстарын басқарудың бейімделген стратегияларын әзірлеу қажеттігін алға тартады (Water Code of the Republic of Kazakhstan, 2003).

С.В. Иванова мен А.Л. Кузнецова (2021) Тобыл өзенінің салаларындағы су сапасын бақылауға назар аударған. Зерттеу барысында еріген оттегі, органикалық заттар, мұнай өнімдері және перманганаттық тотығу деңгейінің маусымдық ауытқулары тіркелген, бұл жыл бойы тұрақты сынама алу мен ластанудың маусымдық өршуіне жедел әрекет ету қажеттігін көрсетеді (Environmental Code of the Republic of Kazakhstan, 2021).

Зерттеулердің тағы бір бағыты су ресурстарын басқаруды оңтайландырумен байланысты. Атап айтқанда, А.Б. Нугманов пен М.М. Молдахметов (2024) Тобыл өзені бассейніндегі трансшекаралық ағындарды ескере отырып, су балансының бағалау әдістемесін ұсынады. Бұл әдістеме су ресурстарының келіп түсуі мен тұтынылуы жөніндегі деректерді біріктіре отырып, аймақтық су пайдалануды ғылыми негізде жоспарлауға мүмкіндік береді (World Health Organization [WHO], 2022).

Жоғарыда айтылғандарға сүйене отырып, соңғы жылдары Тобыл өзенінің экологиялық жағдайын зерттеу тек қазақстандық ғалымдар мен зерттеушілердің ғана емес, сондай-ақ шетелдік ғылыми қауымдастықтың да қызығушылығын тудырып отырғанын байқауға болады. Осыған байланысты әртүрлі физикалық-химиялық көрсеткіштерді зерделеудің өзектілігі артып келеді.

Тобыл өзеніндегі судың сапасына баға беру Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі Су ресурстары комитеті төрағасының 2016 жылғы 9 қарашадағы №151 бұйрығымен бекітілген «Су объектілеріндегі су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесі» негізінде жүргізілді. Аталған жіктеу жүйесіне сәйкес, нормаланатын көрсеткіштердің шоғырлануына байланысты су сапасы 6 сыныпқа бөлінеді: 1-сынып – өте жақсы сапалы су, ал 6-сынып – жоғары дәрежеде ластанған су болып есептеледі (UNSCLEAR, 2021).

Су сынамаларын алу ГОСТ 31861-2012 «Су. Сынамаларды алуға қойылатын жалпы талаптар» стандартына сәйкес жүргізілді. Аталған стандарт сынама алу әдістері мен шарттарын реттейді, олардың репрезентативтілігін қамтамасыз етеді және талдауға дейін су құрамының өзгеруіне жол бермейді. Қолайлы ыдысты таңдау, сынамаларды тасымалдау және сақтау шарттары, сондай-ақ іріктеу кезінде санитарлық-гигиеналық талаптарды сақтау мәселелеріне ерекше назар аударылады. Іріктеу орындары мен олардың координаттары 1-кестеде көрсетілген:

Қазгидромет РМК деректеріне сәйкес, Тобыл өзеніндегі су сапасын бағалау кезінде су қоймасының химиялық құрамын ескере отырып, келесі көрсеткіштер индикатор ретінде таңдалды: кальций, магний, хлоридтер, минералдану және қалқып жүрген заттар. Аталған көрсеткіштер осы су айдынының негізгі ластанушылары болып табылады (International Atomic Energy Agency [IAEA], n.d.).

1-кесте*Тобыл өзенінің сынамаларын іріктеу координаттары*

Іріктеу нүктесі	Аққарға ауылы, ауылдан оңтүстік- шығысқа қарай 1 км	Гришенка ауылы, 0,2 км төмен	Қостанай қ., су арнасы басқармасы, ағызу нүктесінен 1 км жоғары	Қостанай қ., қаладан 10 км төмен	Милютинка а., ауыл аумағында
Координаттар	51.437° N, 61.348° E	52.384° N, 61.690° E	53.220° N, 63.620° E	53.130° N, 63.700° E	51.938° N, 61.147° E

Кальций мен магнийді анықтау ГОСТ 23268.5–78 «Емдік, емдік-асханалық және табиғи асханалық минералды ауыз сулар. Кальций мен магний иондарын анықтау әдістері» стандартына сәйкес жүргізілді. Әдіс рН 10 болатын сілтілі ортада трилон Б реагентінің кальций мен магний иондарымен кешенді қосылыстар түзу қабілетіне және осы кезде ерітінді түсінің өзгеруіне негізделген.

Хлоридтерді анықтау үшін ГОСТ 4245–72 «Ауыз су. Хлоридтер мөлшерін анықтау әдістері» стандарты қолданылды. Бұл әдіс хлор иондарын бейтарап немесе сәл сілтілі ортада азот қышқылды күміспен тұндыруға және индикатор ретінде хром қышқылды калийдің қатысуымен жүзеге асырылады.

Минералдану мен қалқып жүрген заттар ГОСТ 18164–72 «Ауыз су. Құрғақ қалдықтың мөлшерін анықтау әдісі» және РД 52.24.468–2005 «Судағы қалқып жүрген заттар мен қоспалардың жалпы мөлшері. Гравиметриялық әдіспен массалық концентрацияны өлшеу әдіс-темесі» бойынша салмақтық (гравиметриялық) әдіспен анықталды.

Берілген көрсеткіштер арасындағы өзара байланысты анықтау үшін корреляциялық матрица құруда Пирсон әдісі қолданылды.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

мұндағы:

x_i, y_i – X және Y айнымалылары бойынша бақылаулар ($i = 1 \dots n$);

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i$$

олардың таңдама орта мәндері.

Сонымен қатар, егер:

$r \approx +1$ – күшті тура сызықтық байланыс,

$r \approx -1$ – күшті кері сызықтық байланыс,

$r \approx 0$ – сызықтық тәуелділік жоқ.

Материалдар мен әдістер

Жоғарыда көрсетілген көрсеткіштер бойынша су сапасының класын анықтау үшін су объектілеріндегі су сапасының бірыңғай жіктемесіне негізделген нормалармен салыстыру қажет (2-кесте) (IAEA, n.d.).

2-кесте*Жіктеу нормаларына сәйкес су сапасының индикаторлық көрсеткіштерінің шоғырлану мәндері*

Көрсеткіш	Өлшем бірлігі	1 класс	2 класс	3 класс	4 класс	5 класс	6 класс
Кальций	мг/л	180	180	170	150	150	180 (150*)
Магний	мг/л	≤20,0	20,0	60,0	≤100,0	100	>100
Хлоридтер	мг/л	300	350	350	400	400	>400
Минералдану	мг/л	≤1000	1000	1300	1500	≤2000	>2000
Қалқып жүрген заттар	мг/л	$C_{\text{фон.}} + 0,25$	$C_{\text{фон.}} + 0,75$	$C_{\text{фон.}} + 1,0$	$C_{\text{фон.}} + 5,0$	$C_{\text{фон.}} + 10,0$	$>C_{\text{фон.}} + 10,0$

*150 мг/л өнеркәсіптік мақсатта суды пайдаланған кезде кальцийдің құрамына қатысты қолданылады (өнеркәсіптік қондырғыларда қақтың түзілу қаупі).

Су сапасының класын бағалау үшін әрбір көрсеткіштің өлшенген мәндерін су нысандарындағы су сапасының бірыңғай жіктелмесінде белгіленген диапазондармен салыстыру қажет. Егер барлық көрсеткіштер тиісті нормативтік шектерге сәйкес келсе, су неғұрлым жоғары (таза) классқа жатады (FAO, 2021). Мысалы, кальцийдің 170–180 мг/л аралығындағы концентрациясы 1-классқа (егер 180 мг/л-ден аспаса) сәйкес келуі мүмкін, алайда өнеркәсіптік мақсатта пайдалану үшін шекті мән 150 мг/л екенін ескерсек, бұл көрсеткіш 6-классқа да сәйкес келуі ықтимал (өнеркәсіптік қондырғыларда қажеттілігінің алдын алу үшін) (European Commission, 2000). Магний бойынша су тек 20 мг/л-ден төмен болған жағдайда ғана жоғары сапалы деп есептеледі – ал 100 мг/л-ден жоғары көрсеткіштер автоматты түрде 6-классқа жатқызылады. Сол сияқты, хлоридтердің 400 мг/л-ден, ал минералданудың 2000 мг/л-ден

артуы да судың сапасының өте төмен екенін (6-класс) білдіреді (International Organization for Standardization [ISO], 2018). Бұдан бөлек, қалқып жүрген (өлшенген) заттарды бағалау үшін фондық шоғырлану мәнін (Сфон) білу қажет: егер нақты мән фоннан 10 мг/л-ден артық болса, онда су қатты ластанған деп есептеледі. Осылайша, су класына баға беру үшін әрбір компонент жеке қарастырылады, содан кейін барлық көрсеткіштер ішіндегі ең төменгі сынып таңдалады – дәл сол сынып нақты нүктедегі судың интегралды экологиялық сапасын сипаттайды.

3-кестеде 2020–2024 жылдар аралығындағы келесі көрсеткіштер бойынша мәндер келтірілген: кальций, магний, хлоридтер, минералдану және қалқып жүрген (өлшенген) заттар. Экологиялық жағдайды түсіну үшін ШРК (шектегі рұқсат етілген концентрация) мәні де көрсетілген (Journal of Environmental Radioactivity, n.d.).

3-кесте

Су сапасы класының индикаторлық көрсеткіштерінің шоғырлану мәндері

Көрсеткіш	Өлшем бірлігі	ШРК	2020	2021	2022	2023	2024
Кальций	мг/л	-	959,3	322,6	348,5	339,8	324,3
Магний	мг/л	-	432,9	349,5	135,3	384,3	108,7
Хлоридтер	мг/л	350	2912,9	1480,2	2971,4	2694,0	2256,5
Минералдану	мг/л	1000 (1500)	11102,4	5018,7	4024,6	6657,7	5869,8
Қалқып жүрген заттар *	мг/л	-	48,0	40,1	29,0	36,2	31,8
Класс сапасы	-	-	6 класс	6 класс	6 класс	6 класс	6 класс

*қалқып жүрген заттардың мөлшерінің нормаларын анықтау үшін $C_{\text{фон}} = 36,7$ мг/л мәні қолданылады

**барлық мәндер бес қанаттан іріктеу нәтижелерінің орташа арифметикалық мәні болып табылады

2020–2024 жылдар аралығындағы су сапасы көрсеткіштерінің орташа мәндерін талдау судың тұрақты жоғары деңгейде ластанғанын көрсетеді, бұл 6-класс сапа категориясына жатады (Environmental Monitoring and Assessment, n.d.). Негізгі шектеуші көрсеткіштер – магний, хлоридтер және минералдану – белгіленген шекті мәндерден айтарлықтай асады: барлық жылдардағы хлорид мөлшері ШРК-дан 6–8 есе жоғары (350 мг/л), минералдану тіпті әлсіретілген 1500 мг/л нормадан бірнеше есе асып түседі, ал магний концентрациясы қауіпсіз шекті деңгейден

2–4 есе жоғары күйінде қалуда. Кальций деңгейі де, әсіресе 2020 жылы, қалыптан тыс жоғары болып, су айдындарының тұрақты және қолайсыз ластануын дәлелдейді. 2020 және 2021 жылдардағы қалқып жүрген заттардың мәндері де фондық көрсеткіштен жоғары, бұл жалпы экологиялық жағдайдың нашарлығын одан әрі күшейтеді (Water, n.d.).

Анықталатын көрсеткіштер арасындағы тәуелділікті анықтау үшін корреляциялық талдау жүргізілді, оның нәтижелері 4-кестеде ұсынылған:

4-кесте*Су сапасы көрсеткіштерінің корреляциялық матрицасы*

Көрсеткіш	Кальций	Магний	Хлоридтер	Минералдану	Қалқып жүрген заттар *
Кальций	-	0,560	0,439	0,929	0,810
Магний	0,560	-	-0,037	0,662	0,867
Хлоридтер	0,439	-0,037	-	0,361	-0,069
Минералдану	0,929	0,662	0,361	-	0,846
Қалқып жүрген заттар *	0,810	0,867	-0,069	0,846	-

Ұсынылған корреляциялық матрица негізінде су сапасы көрсеткіштері арасындағы өзара байланысқа қатысты келесі негізгі қорытындыларды жасауға болады:

1. Кальций ($r = 0,929$) және өлшенген заттармен ($r = 0,846$) өте күшті байланыс байқалады: тұздылық пен қалқып жүрген заттардың жоғарылауы жалпы минералданудың артуына тікелей әсер етеді. Магниймен байланыс орташа деңгейде ($r = 0,662$), ал хлоридтермен әлсіз ($r = 0,361$), бұл тұз құрамына хлоридті емес, көбінесе карбонатты және қиын еритін компоненттердің көбірек үлес қосатынын көрсетеді.

2. Кальций мен магний арасында орташа байланыс бар ($r = 0,560$), бұл олардың ортақ көздерден (мысалы, карбонатты жыныстардың еруі) шығуы мүмкін екенін білдіреді, бірақ олардың гидрохимиялық таралу жолдары бірдей емес. Кальций минералдану мен өлшенген заттармен магнийге қарағанда тығыз байланысты, бұл оны жалпы тұз балансының негізгі «қозғаушысы» етеді.

3. Өлшенген заттар магниймен өте тығыз байланысқан ($r = 0,867$), сонымен қатар минералдану және кальциймен де жоғары байланыс байқалады. Бұл өлшенген заттармен бірге кальций мен магний иондары да келіп түсетінін (мысалы, карбонаттардың микробөлшектері түрінде) көрсетеді. Мұндай үрдістерге эрозиялық ағын немесе биомасса себеп болуы мүмкін.

4. Хлоридтердің магниймен ($r \approx -0,037$) және өлшенген заттармен ($r \approx -0,069$) байланысы жоққа жуық, ал кальций және минералданумен байланысы орташа деңгейде. Бұл хлорид көздерінің (тұз қабаттары, агротехникалық ағындар) карбонатты және өлшенген фракцияларға жауап

беретін процестерден тәуелсіз жұмыс істейтінін білдіреді.

5. Минералдануды басқару үшін карбонатты қосылыстар мен өлшенген материалдардың (торф, топырақ ағындары) келуін бақылау маңызды, тек хлор тұздарын ғана бақылаумен шектелмеу керек. Жағалау эрозиясын және ауыл шаруашылығы ағынын азайту – өлшенген фракция мен тұз балансын (кальций/магний) бір уақытта төмендетуге көмектеседі. Тазалау жүйелері әртүрлі тұз түрлеріне бейімделуі тиіс: хлоридтер үшін ион алмасу және осмостық технологиялар қажет болса, карбонаттар мен өлшенген заттар үшін механикалық-химиялық өңдеу және коллоидтарды жою жеткілікті.

Осылайша, жүргізілген корреляциялық талдау Тобыл өзенінің минералдану деңгейіне карбонатты және қалқып жүрген фракциялардың ықпалы басым екенін айқындайды, ал хлоридтердің салыстырмалы түрде дербес динамикасы олардың көздерін жеке қарастыру қажеттілігін көрсетеді. Жалпы су сапасы 6-классқа (жоғары ластанған) сәйкес келеді. Мұндай суларды тек гидроэнергетикада, су көлігі мен пайдалы қазбаларды өндіруде – яғни, су сапасына қойылатын нормативтік талаптар қолданылмайтын жағдайларда ғана пайдалану ұсынылады. Басқа су пайдаланудың түрлері үшін бұл су сапасы жарамсыз болып табылады.

Қорытынды

2020–2024 жылдар аралығында Қостанай облысы аумағындағы Тобыл өзенінің су сапасын зерттеу нәтижесінде су айдынының тұрақты жоғары деңгейде ластанғаны анықталды. Каль-

ций, магний, хлоридтер, жалпы минералдану және қалқып жүрген заттар сияқты барлық талданған индикаторлық көрсеткіштер бойынша Су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесінде белгіленген нормативтік мәндерден айтарлықтай асып кету тіркелді. Ең сыни көрсеткіштер – магний, хлоридтер және минералдану, бұл барлық зерттелген учаскелер бойынша судың сапасын 6-классқа – жоғары ластанған сулар санатына жатқызуға негіз болды. Мұндай су ауызсу, тұрмыстық, рекреациялық және балық шаруашылығы мақсаттарында қолдануға жарамсыз. Алынған нәтижелер Тобыл өзені алабындағы өзекті экологиялық мәселені және суды одан әрі ластаудың алдын алу бойынша кешенді мониторинг, шаралар қабылдау және су ортасын қалпына келтіру бағдарламаларын әзірлеу қажеттігін

көрсетеді. Антропогендік жүктеменің артуы мен климаттың өзгеруі жағдайында осындай зерттеулер өңірдің су қауіпсіздігін қамтамасыз ету және табиғи экожүйелерді сақтау үшін маңызды рөл атқарады.

Алғыстар

Ғылыми зерттеулер 2024–2026 жылдарға арналған (ЖТН BR24992785) тақырыбы бойынша «Қостанай облысының агроөнеркәсіптік кешенінің тұрақты дамуын қамтамасыз ету бойынша кешенді зерттеулерді ұйымдастыру және жүргізу, сондай-ақ ғылыми-зерттеу технологиялық орталығын құру» жобасы аясындағы гранттық бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде орындалды.

Әдебиеттер

- Birimbayeva, L., Makhmudova, L., Alimkulov, S., Tursunova, A., Mussina, A., Tigkas, D., Beksultanova, Zh., Rodrigo-Clavero, M.-E., & Rodrigo-Illari, J. (2024). Analysis of the spatiotemporal variability of hydrological drought regimes in the lowland rivers of Kazakhstan. *Water*, 16(16), 2316. <https://doi.org/10.3390/w16162316>
- European Commission. (2000). *EU Water Framework Directive (2000/60/EC)*. https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-framework-directive_en
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture (SOLAW 2021)*. <https://www.fao.org/land-water/solaw2021>
- International Atomic Energy Agency. (n.d.). *Determination of radionuclides in environmental samples*. <https://www.iaea.org/publications>
- International Atomic Energy Agency. (n.d.). *Measurement of radionuclides in food and the environment* (Technical Reports Series No. 295). <https://www.iaea.org/publications>
- International Organization for Standardization. (2018). *ISO 5667-3:2018. Water quality—Sampling—Part 3: Preservation and handling of water samples*. <https://www.iso.org/standard/72243.html>
- Journal of Environmental Radioactivity*. (n.d.). Gross alpha and beta activity in natural waters (Review articles collection). Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-environmental-radioactivity>
- Kazgidromet. (2024). *Natsional'naya gidrometeorologicheskaya sluzhba Respubliki Kazakhstan* [National Hydrometeorological Service of the Republic of Kazakhstan]. <https://www.kazhydromet.kz/ru/about/o-nacionalnoy-gidrometeorologicheskoy-sluzhbe-kazahstana>
- Kazakhstan Respublikasy Aul sharuashylygy ministrligi Su resurstary komiteti. (2016). *Su obektlerindegi su sapasynyn biryngai zhiktau zhuiesin bekitu turaly* [On approval of the unified water quality classification system for water bodies] (Order No. 151). Adilet. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014513>
- Kazakhstan Respublikasy Densaulyk saktau ministrligi. (2022). *Sharuashylyk-auyz sumen zhane madeni-turmystyk su paidalanumen bailanysty sudyn kauipsizdik korsetkishterinin gigenalyk normativterin bekitu turaly* [On approval of hygienic standards for water safety indicators related to drinking and domestic water use] (Order No. KR DSM-13). <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2200031800>
- Kazakhstan Respublikasy Ekologiya, geologiya zhane tabigi resursttar ministrligi. (2021). *Kazhydromet. Akparattyk byulleten: Kazakhstan Respublikasynyn korshagan orta zhagdaiy turaly* [Information bulletin on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan]. <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/ecology-bulletin>
- Kazakhstan Respublikasy Ekologiya, geologiya zhane tabigi resursttar ministrligi. (2022–2025). *Kazhydromet Kostanai oblysy boiynsha filialy. Kostanai oblysyndagy korshagan orta zhagdaiy turaly akparattyk byulleten* [Information bulletin on the state of the environment in Kostanay Region]. <https://www.kazhydromet.kz/ru/ecology/reports>
- Kazakhstan Respublikasynyn Ekologiyalyk kodeksi. (2021). [Environmental Code of the Republic of Kazakhstan]. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>

Kazakhstan Respublikasynyn Su kodeksi. (2003, amended 2023–2025). [Water Code of the Republic of Kazakhstan]. https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K030000481_

Kozykeeva, A. T., Mustafayev, Zh. S., Tastemirova, B. E., & Ryskulbekova, A. T. (2024). Otsenka antropogennoy nagruzki na vodosbor basseyna reki Tobyl ot istochnikov zagryazneniya s matematicheskimi modelirovaniyem kachestva poverkhnostnykh vod [Assessment of anthropogenic load on the Tobyl River basin using mathematical modeling of surface water quality]. *Kazgidro*, 2(20), 65–75. <https://journal.kazhydromet.kz/kazgidro/article/view/2330/2603>

Kurzhykayev, Zh., Barinova, G. K., & Asylbekova, A. S. (2020). Sostoyanie gidrologicheskogo i gidrokhimicheskogo rezhima reki Tobol [State of the hydrological and hydrochemical regime of the Tobol River]. *Kronos*, 9(47). <https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-gidrologicheskogo-i-gidrokhimicheskogo-rezhima-reki-tobol>

Nesgovorova, N. P., Savelyev, V. G., Ivantsova, G. V., & Firulina, I. I. (2021). Monitoring of water quality tributary of the Tobol. *Uspekhi Sovremennogo Estestvoznaniya*, 6, 114–121. <https://doi.org/10.17513/use.37649>

Nugmanov, A. B., Moldakhmetov, M. M., Makhmudova, L. K., Yskak, A., Chashkov, V. N., Kuanyshbayev, S. B., & Joldassov, A. A. (2025). Methodological foundations for assessing the water management balance of water bodies in the Tobyl River Basin. *International Journal of Agriculture and Biosciences*, 14(1), 31–39. <https://doi.org/10.47278/journal.ijab/2024.191>

Prime Minister of the Republic of Kazakhstan. (2024). *Development of water infrastructure and implementation of technologies for the sustainable future of Kazakhstan: Year-end results*. <https://primeminister.kz/ru/news/reviews/itogi-goda-razvitie-vodnoy-infrastruktury-i-vnedrenie-tehnologiy-dlya-ustoychivogo-budushchego-kazakhstana-29470>

UNSCEAR. (2021). *Sources, effects and risks of ionizing radiation: UNSCEAR 2020/2021 report to the General Assembly*. <https://www.unscear.org/unscear/en/publications.html>

Environmental Monitoring and Assessment. (n.d.). Springer Nature. <https://link.springer.com/journal/10661>

Water. (n.d.). MDPI. <https://www.mdpi.com/journal/water>

Wikipedia contributors. (n.d.). *Tobyl*. Wikipedia. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Тобыл>

World Health Organization. (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (4th ed., incorporating the 1st and 2nd addenda). <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

Zholdasbek, A. E., & Kauazov, A. M. (2020). Gidrologicheskiy analiz vodnykh resursov Tobyl-Torgayskogo vodokhozyaystvennogo basseyna [Hydrological analysis of the water resources of the Tobyl-Torgai water management basin]. *CyberLeninka*, 2, 23–29. <https://cyberleninka.ru/article/n/gidrologicheskiy-analiz-vodnyh-resursov-tobyl-torgayskogo-vodokhozyaystvennogo-basseyna>

Авторлар туралы мәлімет:

Ысқақ Алия – ауыл-шаруашылық ғылымдарының кандидаты, қолданбалы биотехнологиялық ғылыми-зерттеу институтының директоры, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ (Қазақстан, e-mail: alia-almaz@mail.ru).

Нұрсеитова Аружан Мағауияқызы – «7М05201 Геоэкология және табиғатты пайдалануды басқару» БББ магистратура білім алушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ (Қостанай, Қазақстан, e-mail: aruzhan.nurseitova03@gmail.com).

Казбекова Карина Азаматовна – «7М01503 Химия» БББ педагогика ғылымдарының магистрі, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ (Қостанай, Қазақстан, e-mail: karina09081999@gmail.com).

Дарибаева Севара Анварқызы – жаратылыстану ғылымдарының магистрі, жаратылыстану-ғылыми пәндер кафедрасының аға оқытушысы, «Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КЕАҚ (Қостанай, Қазақстан, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com).

Information about the authors:

Yskak Aliya – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ecology and Chemistry, «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC (Kazakhstan, e-mail: alia-almaz@mail.ru).

Nurseitova Aruzhan Magauiyakzy – Master’s student, “7M05201-Geoecology and Environmental Management” educational program, Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University NLC (Kostanay, Kazakhstan, e-mail: aruzhan.nurseitova03@gmail.com).

Kazbekova Karina Azamatovna – Master of Pedagogical Sciences in EP «7M01503 Chemistry», «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC (Kostanay, Kazakhstan, e-mail: karina09081999@gmail.com).

Daribayeva Sevara Anvarkzy – Master of Natural Sciences, Senior lecturer at the Department of Natural Sciences, «Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC (Kostanay, Kazakhstan, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com).

Сведения об авторах:

Ысқақ Алия – кандидат сельскохозяйственных наук, директор научно-исследовательского института прикладной биотехнологии НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы» (Казахстан, e-mail: alia-almaz@mail.ru).

Нурсеитова Аружан Мағауияқызы – обучающаяся магистратуры ОП 7М05201 – Геоэкология и управление природопользованием, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы (Костанай, Казахстан, e-mail: aruzhan.nurseitova03@gmail.com).

Казбекова Карина Азаматовна – магистр педагогических наук по ОП «7М01503 – Химия», НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы» (Казахстан, e-mail: karina09081999@gmail.com).

Дарибаева Севара Анварқызы – магистр естественных наук, старший преподаватель кафедры естественно-научных дисциплин, НАО «Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы» (Казахстан, e-mail: sevara.daribaeva@gmail.com).

*Келін түсті: 13 ақпан 2026 жыл
Қабылданды: 25 маусым 2026 жыл*