

dimensionality and range of values of varying variables. The lack of unified algorithms for analysis and forecasting necessitates the creation of new mathematical models. The proposed methodological approach provides a more accurate assessment of irrigation and resource potential, which is especially relevant in the context of sustainable environmental management and improving the efficiency of watershed management.

Key words: natural-resource potential, irrigation-resource potential, river basin, desirability function, assessment, methodology, mathematical modeling.

Вклад авторов: Концептуализация, Курирование данных - ЖСМ; Формальный анализ - АЕА; Методология - ЖСМ; Проверка – ЖСМ; Написание – обзор и редактирование - АЕА.

ГТАХР 70.03.07

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/55>

Д.С.Тунгатар, Е.Т.Кайпбаев, Г.К.Исмаилова, А.Н.Калмашова*

*Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы қ., Қазақстан,
dana.tungatar@kaznaru.edu.kz, yerbolat.kaipbayev@kaznaru.edu.kz,
ismailova.gauharkul@kaznaru.edu.kz, Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz*

ӨЗЕНДЕРГЕ ТҮСЕТІН АНТРОПОГЕНДІК ӘСЕРДІ БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСНАМАЛЫҚ ТӘСІЛДЕРІН ТАЛДАУ

Аңдатпа

Мақала су ағындарына түсетін антропогендік жүктемені бағалаудың заманауи әдіснамалық тәсілдерін талдауға арналған, сонымен қатар шағын өзен экожүйелерінің әртүрлі техногендік ықпалдарға осалдылығына ерекше назар аударылған. Гидроэкологиялық мониторинг тәжірибесінде қолданылатын индикаторлық, индекстік, баланстық-массалық, биоиндикациялық, геоакпараттық және модельдік тәсілдер қарастырылған. Олардың артықшылықтары, шектеулері және аймақтық жағдайларға бейімдеу мүмкіндіктері сипатталған. Алматы облысының шағын өзендерінің жағдайын климаттық өзгергіштік пен артып келе жатқан антропогендік қысым жағдайында бағалау үшін біріктірілген әдістерді қолданудың мақсатқа сай екендігі негізделген.

Қосымша түрде жүйелік тәсілді қолдану тек су нысандарының ағымдағы жағдайын ғана емес, сонымен қатар шаруашылық қызметінің ықпалымен болатын өзгерістердің үрдістерін анықтауға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Мұндай талдау экожүйелердің деградация қаупін болжауға және алдын алу шараларын әзірлеуге ғылыми негіз береді. Шағын өзендерге антропогендік әсерді кешенді бағалау экологиялық мониторингті жетілдірудің, табиғатты қорғау шараларын әзірлеудің және тиімді су пайдалану стратегияларын негіздеудің маңызды құралы болып табылады. Алынған қорытындылар шағын су ағындарын қорғау мен су пайдалану бойынша тұрақты стратегияларды қалыптастыруға, сондай-ақ климаттық өзгерістер жағдайында аймақтық және ұлттық бейімделу бағдарламаларын жасауға негіз болады.

Кілт сөздер: антропогендік жүктеме, шағын өзендер, экологиялық мониторинг, индикаторлық әдіс, су ластану индексі, ГАЖ-талдау, биоиндикация.

Кіріспе

Адамның шаруашылық қызметінің қарқынды өсуі геожүйелерге антропогендік жүктемені кешенді бағалауды талап етеді, бұл кезде ықпал ету факторларының жиынтығы мен зерттелетін объектілердің табиғи ерекшеліктері ескерілуі тиіс. Қазіргі жағдайда қоршаған

ортаның антропогендік өзгерістерге тұрақтылығын бағалауда өңірлік ерекшеліктерді ескеру ерекше маңызды болып отыр.

Қабылдауға болатын антропогендік жүктеме деп табиғи жүйеге әсерді айтуға болады, ол экожүйелердегі тұрақты биогеохимиялық байланыстардың бұзылуына әкелмейді және табиғи ортаның тозуына не оның сапалық сипаттамаларының нашарлауына себеп болмайды. Антропогендік әсерге ең осал экожүйелер қатарына өздігінен қалпына келу қабілеті шектеулі шағын өзендер жатады [1].

Алматы облысының индустриялық және урбанизацияланған аумағының дамуы жер пайдаланудың өзіндік түрлерімен қатар жүреді: елді мекендер салу мен пайдалану, өндірістік және тұрғын үй құрылысы, көлік пен инженерлік инфрақұрылымды (жолдар, құбырлар және т.б.) жүргізу. Бұл әсерлер, негізінен, сызықты сипатқа ие болып келеді және тек табиғи биоценоздардың бұзылуына, топырақтардың тозуына ғана емес, сонымен бірге микроклиматтың, гидрологиялық режимнің өзгеруіне және кейбір жағдайларда жер бедерінің өзгеруіне де алып келеді.

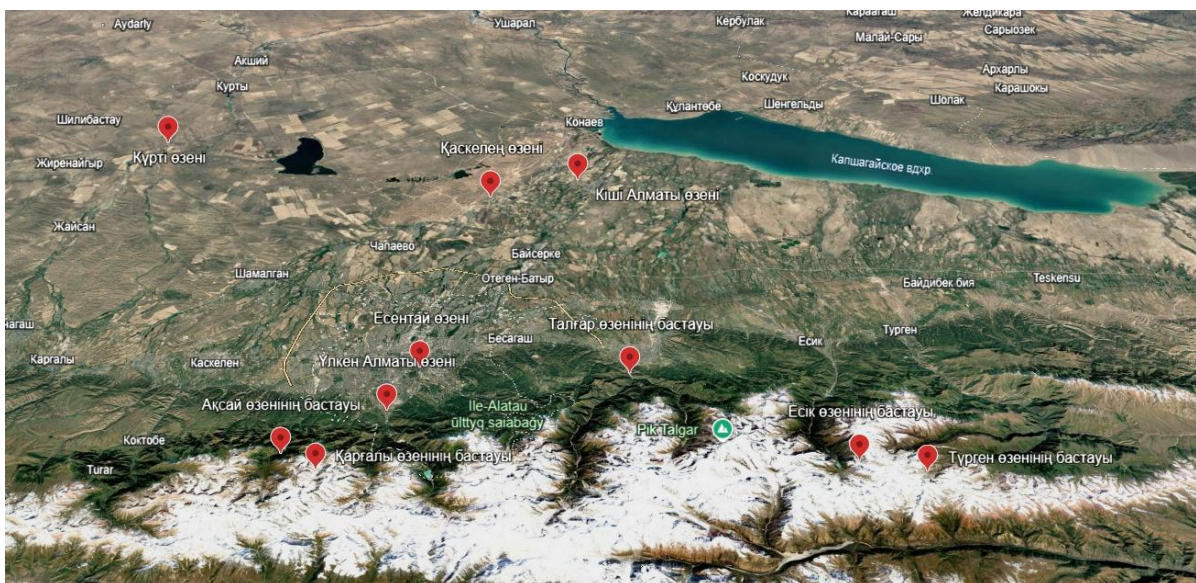
Осы зерттеудің мақсаты – су ресурстарына антропогендік әсерді бағалаудың қазіргі тәсілдеріне талдау жасау, бұл әдістерді Алматы облысындағы шағын өзендердің жағдайына бейімдеу және өңірдің су шаруашылығын орнықты дамыту келешегін негіздеу.

Әдістер мен материалдар

Алматы облысы Қазақстан Республикасының оңтүстік-шығысында орналасқан және батысында Жамбыл облысымен, солтүстік-батысында Қарағанды облысымен, солтүстік-шығысында Жетісу облысымен шектеседі.

Облыс аумағы географиялық және табиғи тұрғыдан жоғары дәрежеде әртүрлілігімен сипатталады. Өңірдің солтүстік-батыс бөлігін Тауқұм, Бессексеуіл және Мойынқұм құм массивтері орналасқан жартылай шөлді жазық алып жатыр. Бұл аумақтың жер бедері Балқаш көліне қарай сәл еңісті және көне өзен арналары арқылы тілімденген: Іле, Қаратал, Ақсу, Көксу, Лепсі, Аягөз, олардың ішінде ең ұзыны – Бақанас.

Өңірдің оңтүстік және шығыс бөліктерін Тянь-Шань жүйесіне кіретін Іле Алатауы мен Жоңғар Алатауының таулы жоталары құрайды. Бұл жоталардың төмен қарай бағытталған беткейлері арасындағы тауаралық ойыста Іле өзенінің орта ағысы ағып өтеді. Таулы беткейлерде Іле өзенінің салалары – Шарын, Шелек, Алматы, Күрті және басқалар түзген аллювийлік жер бедері формалары – шоғырлану конустары кеңінен дамыған [2-3].



Сурет 1 – Алматы облысы өзендерінің орналасу картасы

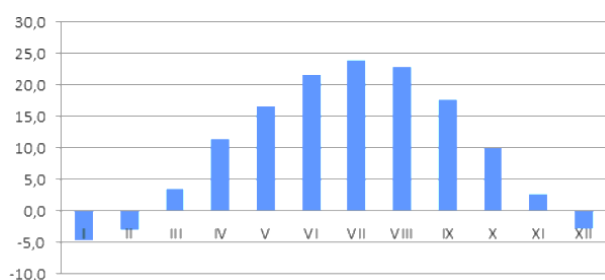
Өңірдің климаты биіктік белдеулерге байланысты әртүрлі. Солтүстіктегі жазықтық аудандар күрт континенталды климатпен ерекшеленеді: температураның тәуліктік және

жылдық ауытқулары жоғары, қысы суық, жазы ұзақ әрі ыстық әрі құрғақ. Оңтүстік баурайлар мен таулы аймақтар, керісінше, жұмсақ климаттық жағдайлармен және ылғалдың мол болуымен сипатталады.

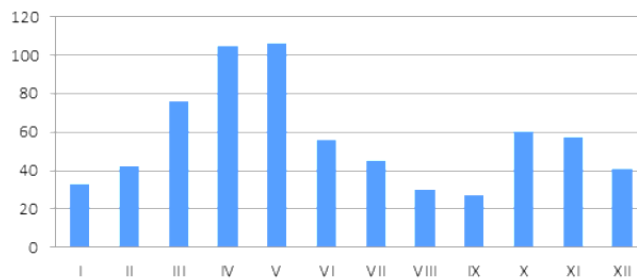
Қаңтар айындағы орташа айлық ауа температурасы солтүстікте $-11...-13^{\circ}\text{C}$, ал оңтүстіктегі таулы баурайларда $-6...-13^{\circ}\text{C}$ аралығында болады. Шілде айында температура солтүстікте $+25^{\circ}\text{C}$ -қа жетеді, тауда $+8^{\circ}\text{C}$, ал баурайларда $+26^{\circ}\text{C}$ шамасында ауытқиды. Температураның абсолютті минимумы $-40...-45^{\circ}\text{C}$ -қа дейін төмендейді, ал максимумы $+46^{\circ}\text{C}$ -қа дейін көтеріледі. Орташа тәуліктік температурасы 0°C -тан жоғары болатын жылы кезеңнің ұзақтығы таулы аймақтарда 220 күннен, ал жазықтықта 240 күнге дейін жетеді.

Жылдық жауын-шашын мөлшері солтүстік аудандарда 125 мм-ден, таулы аудандарда 900 мм-ге дейін өзгереді. Жылдық жауын-шашынның 50–75 %-ы жылы маусымда (сәуір–қазан) жауады. Орташа жел жылдамдығы 1,5–3,5 м/с шамасында, алайда кейбір өңірлерде (мысалы, Жалаңашкөлде) 60 м/с-қа дейін жететін екпінді желдер тіркелген. Таулы жерлерде тау-жазық желдері мен фён желдері басым, олар микроклиматқа айтарлықтай әсер етеді.

Геологиялық-геоморфологиялық және климаттық жағдайлардың алуан түрлілігі су объектілерінің жай-күйін зерттеу барысында ландшафтық әркелкілікті есепке алу қажеттігін анықтайды. Алматы облысы жағдайындағы антропогендік жүктемені бағалаудың әдіснамалық негізі табиғи, климаттық, су шаруашылығы және әлеуметтік-экономикалық сипаттамаларды кешенді талдауға сүйенеді.



Сурет 2 – Алматы қаласының орташа айлық ауа температурасы, $^{\circ}\text{C}$ (1994-2024жж.)



Сурет 3 – Алматы қаласының орташа айлық жауын-шашын мөлшері, мм (1994-2024жж.)

Әдістер мен материалдар

Шағын өзендерге антропогендік жүктемені бағалау - су ресурстарын басқару және қоршаған ортаны қорғау саласындағы өзекті әрі басым бағыттардың бірі болып табылады. Шағын су ағындары шектеулі қалпына келу қабілетіне ие болғандықтан, жергілікті әсерлерге аса сезімтал келеді және көбінесе жүйелі экологиялық мониторинг шеңберінен тыс қалып қояды.

Ғылыми әдебиет пен қолданбалы тәжірибеде антропогендік әсерді бағалаудың бірнеше негізгі әдіснамалық тәсілдері ерекшеленеді [4-5]:

Индикаторлық тәсіл. Ең кең таралған әдістердің бірі – су экожүйелерінің ластану және трансформация деңгейін көрсететін гидрохимиялық және биологиялық индикаторлар кешенін қолдану. Бұл әдіс бойынша биохимиялық оттегі тұтыну (БПК_5), нитраттар, фосфаттар, ауыр металдар концентрациясы, судың лайлылығы, сондай-ақ биологиялық сипаттамалар (макрозообентос, фитопланктон және т.б.) сияқты көрсеткіштер талданады. Бұл әдіс салыстырмалы түрде арзандау әрі ақпараттық тұрғыдан тиімді бағалаулар алуға мүмкіндік береді, бірақ жүйелі түрде өлшеулер жүргізуді және аймақтық жағдайларға бейімделген индикаторларды қолдануды талап етеді [6].

Индекстік және интегралдық талдау. Су ресурстарын қорғау тәжірибесінде агрегатталған сандық көрсеткіштер кеңінен қолданылады, мысалы: судың интегралды ластану индексі (ИЗВ), су сапасының индексі (Water Quality Index - WQI), сондай-ақ бұзылу деңгейінің интегралды индексі (Integrated Disturbance Index - IDI). Бұл құралдар ластану деңгейін сандық

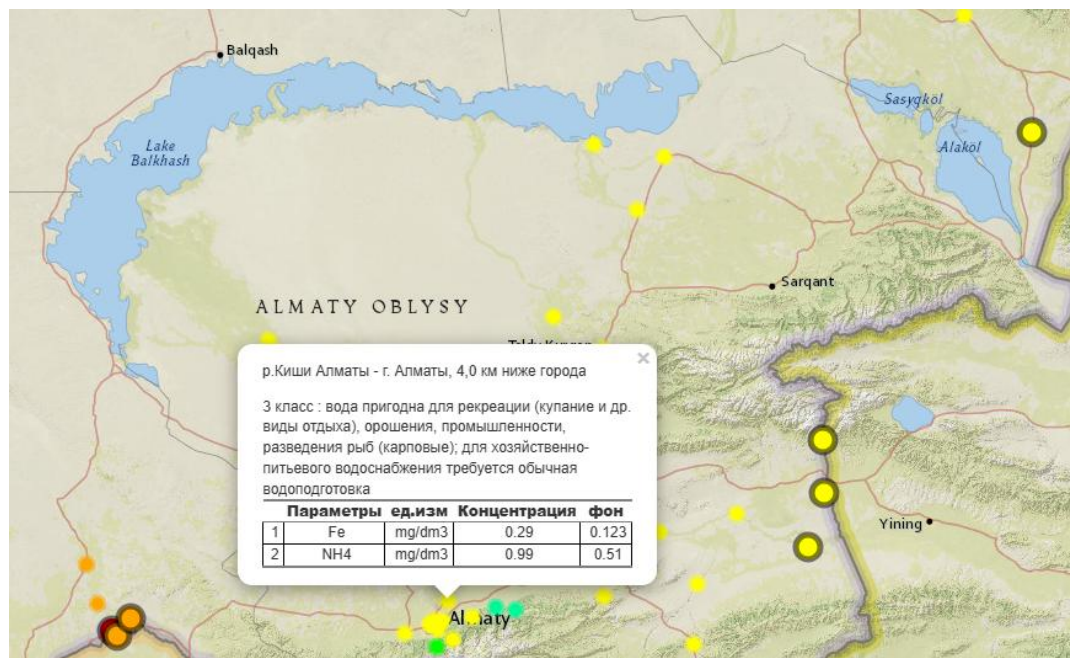
тұрғыдан бағалауға, проблемалық аумақтарды анықтауға және оларды өзара салыстыруға мүмкіндік береді. Мәселен, IDI индексі тек судың сапасын ғана емес, сонымен қатар су жинау алабының ішкі жағдайларын да ескереді [7].

Кеңістіктік (ГАЗ) тәсіл. Геоакпараттық жүйелерді (ГАЗ) пайдалану антропогендік жүктеменің таралуын кеңістіктік тұрғыдан талдауға, әсердің «критикалық нүктелерін» анықтауға, халық тығыздығын, жер пайдаланудың құрылымын және ластану көздерінің орналасуын модельдеуге мүмкіндік береді. Бұл тәсіл шашыраңқы (диффузиялық) ластану түрлерін бағалауда аса тиімді болып табылады және оны қашықтықтан зондау деректерімен (мысалы, Sentinel-2, Landsat) толықтыруға болады [8].

Баланстық-массалық әдіс. Бұл тәсіл өзен жүйесінің шегіндегі ластаушы заттардың түсуі мен шығарылуын есептеуге негізделеді. Әдіс әрбір антропогендік көздің - ауыл шаруашылығының, өнеркәсіп пен тұрмыстық сектордың - үлесін сандық тұрғыда анықтауға мүмкіндік береді. Алайда, бұл әдісті іске асыру үшін көп көлемде бастапқы деректер қажет және ол еңбекті көп қажет ететін тәсіл болып табылады [9].

Биологиялық бағалау. Биоиндикация әдістері, атап айтқанда макрозообентос құрамын және құрылымын талдау, шағын өзендердің экологиялық жағдайын кешенді түрде бағалауға мүмкіндік береді. Мұндай тәсілдер әртүрлі факторлардың жиынтық әсеріне сезімтал келеді және физика-химиялық өлшеулерді толықтырады. Ең жиі қолданылатындар - биотикалық индекстер (IBE, BMWP), сапробтылық индексі және организмдердің функционалдық белгілерін талдау [10].

Модельдеу. Антропогендік жүктеменің салдарын болжау және оңтайлы басқару шараларын таңдау үшін гидрологиялық және экологиялық модельдеу кешендері қолданылады: SWAT, QUAL2K, HSPF және т.б. Бұл модельдер маусымдық өзгерістерді, гидрологиялық режимді, ластаушы заттардың түсу жолдарын ескеріп, әртүрлі табиғатты қорғау сценарийлерінің тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Қолдану үшін кәсіби бағдарламалық қамтамасыз ету және модельдерді калибрлеу қажет [11].



Сурет 4 – Қазгидромет РМК жер беті су ресурстарының сапасы бойынша интерактивті картасынан фрагменті

Нәтижелер мен талқылау

Шағын су ағындарына антропогендік жүктемені бағалаудың заманауи әдіснамалық тәсілдері әртүрлі сипаттағы - химиялық, биологиялық, кеңістіктік және әлеуметтік-экономикалық - деректерді біріктіру бағытында дамып келеді. Ең перспективалы тәсілдер

қатарында ГАЖ-талдауды, индикаторлық мониторингі, интегралды индекстерді есептеуді және сценарийлік модельдеуді біріктіретін кешенді бағалау әдістері танылып отыр.

Қазақстан жағдайында, әсіресе Алматы облысында, аталған тәсілдерді аймақтық ерекшеліктерді ескере отырып бейімдеуге болады - континенталды климат, су тапшылығы, су режимінің маусымдылығы және ластану көздерінің кеңістіктік таралуы. Ең тиімдісі - ГАЖ-бағытталған бағалауды қарапайым әрі бейімделген су сапасы индекстерімен (WQI, ИЗВ) үйлестіре қолдану, бұл тәсілдің тиімділігі аймақтық және халықаралық зерттеулер нәтижелерімен расталған [12].

Су экожүйелеріне антропогендік жүктеме - адамның қызметіне байланысты су нысандарының сандық және сапалық сипаттамаларын өзгертетін ықпалдардың жиынтығымен айқындалады. Шағын өзендердің жағдайын бағалау тұрғысынан алғанда, антропогендік жүктеме тікелей және жанама әсерлерге бөлінеді.

Тікелей жүктеме - бұл су нысанына тікелей араласу әрекеттері: ағынды суларды төгу, шаруашылық-ауызсу және өндірістік қажеттіліктерге су алу, гидротехникалық құрылыстар салу, арналарды канализациялау, мелиорациялық шаралар жүргізу.

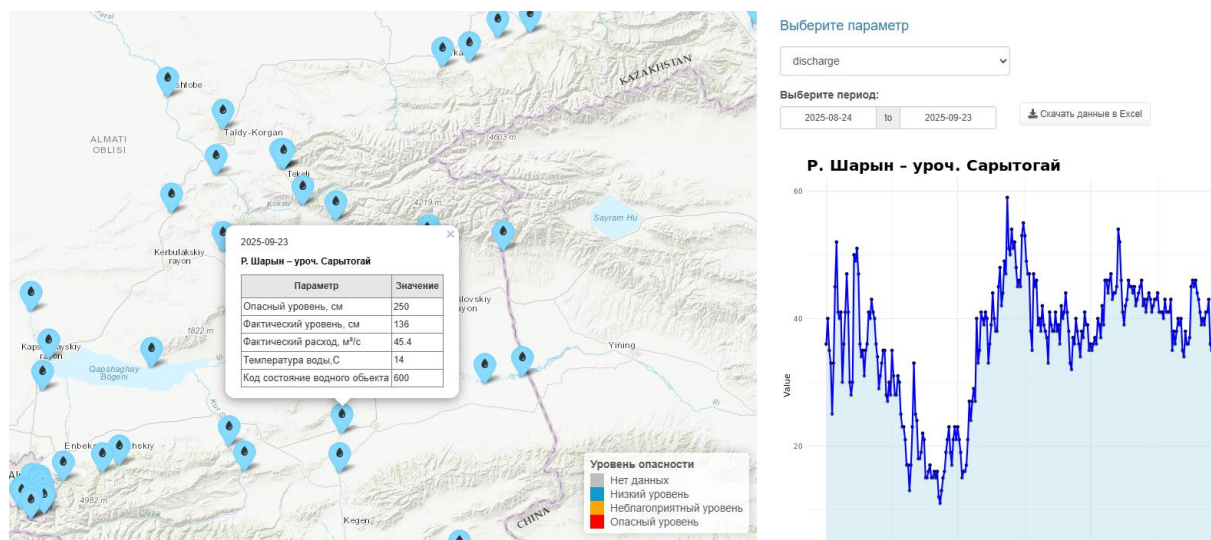
Жанама жүктеме су жинау алабындағы ландшафттық және жер пайдаланудың құрылымдық өзгерістері есебінен қалыптасады. Бұл санатқа беткейлерді жырту, урбанизация, орман кесу, ауыл шаруашылығы қызметі жатады, олардың салдарынан агрохимикаттар мен биогендерге қаныққан үстіңгі ағын сулар өзендерге түседі.

Антропогендік жүктемені бағалау үшін гидрологиялық, климаттық, әлеуметтік-экономикалық, экологиялық және кеңістіктік деректерді қамтитын пәнаралық тәсіл қажет. Төменде әдістемелік базаның негізгі құрамдас бөліктері келтірілген (Сурет 5).



Сурет 5 – Өзен бассейніне түсетін антропогендік жүктемені бағалауға ұсынылған әдістемелік база

Гидрологиялық көрсеткіш: су өтімі (жылдық орташа, ең төменгі, тасқын кезіндегі), су деңгейі мен оның ауытқуы, арнаның морфометриялық сипаттамалары (ені, тереңдігі, еңістігі), су режимі (мерзімділігі, маусымдылығы), су көздері (қар суы, жауын-шашын, жер асты сулары).



Сурет 6 – Қазгидромет РМК өзендердің гидрологиялық сипаттамалары бойынша интерактивті картасынан фрагменті

Климаттық көрсеткіш: жауын-шашын мөлшері (жылдық, маусымдық), температура режимі (орташа, ең жоғары, ең төменгі температура), булану және ылғалдылық, климаттық төтенше құбылыстардың жиілігі (құрғақшылық, су тасқыны).

Экологиялық және гидрохимиялық көрсеткіштер: ластаушы заттардың концентрациясы: БПК₅, ХПК, нитраттар, фосфаттар, ауыр металдар, су сапасының көрсеткіштері (рН, лайлылық, минерализация), биологиялық көрсеткіштер: макрозообентос, фитопланктон, сапробтылық индексі, шекті рұқсат етілген концентрациялармен (ШРК) салыстыру.

Әлеуметтік-экономикалық көрсеткіш: өзен маңындағы елді мекендер және халық тығыздығы, ағынды сулардың көздері (тұрмыстық, өнеркәсіптік, ауыл шаруашылық), жер пайдаланудың түрлері (ауыл шаруашылығы, урбанизацияланған, өнеркәсіптік аймақтар), инфрақұрылым: су тарту пункттері, тазарту құрылыстары;

Кеңістіктік-географиялық база (ГАЗ): цифрлық жер бедері моделі, жерсеріктік суреттер мен ғарыштық мониторинг деректері, ландшафт құрылымы мен топырақ түрлері, су жинау алаптарының карталануы;

Нормативтік-құқықтық база: ҚР Су кодексі (2025 ж.), санитарлық-экологиялық нормалар мен ШРК, су пайдалану және су объектілерін қорғау бойынша өңірлік сұлбалар, экологиялық жағдайды бағалау жөніндегі әдістемелік нұсқаулар.

Қорытынды

Жүргізілген талдау нәтижесінде климаттық, гидрологиялық, ландшафтық және әлеуметтік-экономикалық параметрлерді қамтитын кешенді әдістемелік сұлбаны қолдану антропогендік жүктеме факторларын жүйелеуге және су жинау алаптарын әсер ету дәрежесі бойынша жіктеуге мүмкіндік беретінін анықтады. Геоақпараттық талдау мен су сапасының индикаторлық бағалаулары (WQI, сапробтылық индексі) негізінде экологиялық мониторингті басым жүргізуді және табиғатты қорғау шараларын енгізуді қажет ететін аумақтарды анықтауға болады.

Табиғи жағдайлары әрқелкі - таулы аймақтардан жазықтарға дейін таралған - Алматы облысы үшін интеграцияланған тәсілді қолдану орынды болып табылады, ол өз ішіне келесі құрамдас бөліктерді қамтиды: аспаптық өлшеулер жүргізу, биоиндикация әдістерін қолдану, су жинау алабы аумағындағы жер пайдалануды бағалау, антропогендік жүктеменің өзгеру сценарийлерін модельдеу.

Зерттеу нәтижелері шағын өзендерді басқару бойынша өңірлік бағдарламаларды әзірлеу және іске асыру қажеттігін айғақтайды. Бұл - буферлік аймақтарды нормативтік тұрғыда бекіту, тазарту құрылыстарын жаңғырту, сондай-ақ жасыл инфрақұрылым элементтері мен суды ұстап тұратын табиғи жүйелер секілді табиғи тектес шешімдерді енгізу шараларын

қамтуы тиіс. Мұндай әрекеттер Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірінде орнықты су пайдалануды қамтамасыз ету және климаттық өзгерістерге бейімделу тұрғысынан ерекше маңызды.

Әдебиеттер тізімі

1. Кайпбаев, Е., Алдиярова, А., Калмашова, А., Тұрсыналы, Д., & Муханбет, Е. (2024). Методологический подход к формированию исследовательской базы для оценки деятельности речных бассейнов. *Izdenister Natigeler*, (3(103), 340–348. <https://doi.org/10.37884/3-2024/38>
2. Конуркулжаева Н.З., Алмасбеккызы Э., Зейлгабиден Г. Вопросы рационального использования водных ресурсов Алматинской области. *Современные инновации* № 5(7) 2016 – С.79-82.
3. С.К. Алимкулов, А.А. Турсунова, А.А. Сапарова Ресурсы речного стока Казахстана в условиях будущих климатических и антропогенных изменений. *Гидрометеорология и экология* №1, 2021 – С.57-69. DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69
4. И.Д.Рыбкина Оценка антропогенной нагрузки на водные ресурсы и эффективности их использования: обзор методологических подходов. *Антропогенная трансформация природной среды* 2023, Т. 9. № 2 – С.55-67. DOI: <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2023-2-55-67>
5. Рыбкина И.Д., Стоящева Н.В., Курепина Н.Ю., Головин А.В., Седова Е.Ю., Машкина О.В. Оценка антропогенной нагрузки на водные объекты бессточной области Обь-Иртышского междуречья. *Известия Российской академии наук. Серия географическая*. 2023;87(2):264-279. <https://doi.org/10.31857/S2587556623020085>
6. Brown R.M., McClelland N.I., Deininger R.A., Tozer R.G. Water quality index – do we dare? // *Water and Sewage Works*. - 1970. - Vol. 117(10). - P. 339-343.
7. Borgmann L., Schmidt-Kloiber A., Graf W., et al. Choice of field and laboratory methods affects the detection of anthropogenic disturbances using stream macroinvertebrate assemblages // *Ecological Indicators*. - 2021. - Vol. 122. DOI:[10.1016/j.ecolind.2020.106382](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106382)
8. Maidment D.R. (ed.) *Handbook of Hydrology*. - New York: McGraw-Hill, 1993.- 1424 p.
9. Rosgidromet. Методика комплексной оценки степени загрязнённости поверхностных вод. - М.: Гидрометеиздат, 2002. - 63 с.
10. Wang L., Zhang Y., Yang Y., et al. The impacts of different anthropogenic disturbances on macroinvertebrate community structure and functional traits of glacier-fed streams in the Tianshan Mountains // *Water*. - 2022. - Vol. 14(8). DOI:[10.3390/w14081298](https://doi.org/10.3390/w14081298)
11. Tetzlaff D., Soulsby C., Carey S.K., et al. Catchments on the cusp? Structural and functional change in northern ecohydrology // *Hydrological Processes*. - 2019. - Vol. 33(1). - P. 5–22.
12. Zhumabay A., Zhumanova M., Satayeva A. Assessment of Anthropogenic Load on the Talas River Watershed, Kazakhstan // In: *Environmental Security of the European Cross-Border Energy Supply Infrastructure*. - Springer, 2021. - P. 113–126. DOI:[10.1007/978-3-030-68337-5_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-68337-5_8)

References

1. Kajpbaev, E., Aldijarova, A., Kalmasova, A., Tursynaly, D., & Muhambet, E. (2024). Metodologicheskiy podhod k formirovaniyu issledovatel'skoj bazy dlja ocenki dejatel'nosti rechnyh bassejnov. *Izdenister Natigeler*, (3(103), 340–348. <https://doi.org/10.37884/3-2024/38>
2. Konurkulzhaeva N.Z., Almasbekkyzy E., Zeylgabiden G. Voprosy racional'nogo ispol'zovanija vodnyh resursov Almatinskoj oblasti. *Sovremennye innovacii* № 5(7) 2016 – S.79-82.
3. S.K. Alimkulov, A.A. Tursunova, A.A. Saparova Resursy rechnogo stoka Kazahstana v uslovijah budushhih klimaticheskikh i antropogennyh izmenenij. *Gidrometeorologija i jekologija* №1, 2021 – S.57-69. DOI:10.54668/2789-6323-2021-100-1-57-69
4. I.D. Rybkina Ocenka antropogennoj nagruzki na vodnye resursy i jeffektivnosti ih ispol'zovanija: obzor metodologicheskikh podhodov. *Antropogennaja transformacija prirodnoj sredy* 2023, T. 9. № 2 – S.55-67. DOI: <https://doi.org/10.17072/2410-8553-2023-2-55-67>

5. Rybkina I.D., Stojashheva N.V., Kurepina N.Ju., Golovin A.V., Sedova E.Ju., Mashkina O.V. Ocenka antropogennoj nagruzki na vodnye ob'ekty bestochnoj oblasti Ob'-Irtyskogo mezhdurech'ja. Izvestija Rossijskoj akademii nauk. Serija geograficheskaja. 2023;87(2):264-279. <https://doi.org/10.31857/S2587556623020085>
6. Brown R.M., McClelland N.I., Deininger R.A., Tozer R.G. Water quality index – do we dare? // Water and Sewage Works. - 1970. - Vol. 117(10). - P. 339-343.
7. Borgmann L., Schmidt-Kloiber A., Graf W., et al. Choice of field and laboratory methods affects the detection of anthropogenic disturbances using stream macroinvertebrate assemblages // Ecological Indicators. - 2021. - Vol. 122. DOI:10.1016/j.ecolind.2020.106382
8. Maidment D.R. (ed.) Handbook of Hydrology. - New York: McGraw-Hill, 1993.- 1424 p.
9. Rosgidromet. Metodika kompleksnoj ocenki stepeni zagryaznennosti poverhnostnyh vod. - M.: Gidrometeoizdat, 2002. - 63 s.
10. Wang L., Zhang Y., Yang Y., et al. The impacts of different anthropogenic disturbances on macroinvertebrate community structure and functional traits of glacier-fed streams in the Tianshan Mountains // Water. - 2022. - Vol. 14(8). DOI:10.3390/w14081298
11. Tetzlaff D., Soulsby C., Carey S.K., et al. Catchments on the cusp? Structural and functional change in northern ecohydrology // Hydrological Processes. - 2019. - Vol. 33(1). - P. 5–22.
12. Zhumabay A., Zhumanova M., Satayeva A. Assessment of Anthropogenic Load on the Talas River Watershed, Kazakhstan // In: Environmental Security of the European Cross-Border Energy Supply Infrastructure. - Springer, 2021. - P. 113–126. DOI:10.1007/978-3-030-68337-5_8

Д.С.Тунгатар*, Е.Т.Кайпбаев, Г.К.Исмаилова, А.Н.Калмашова

Казахский национальный аграрный исследовательский университет, г.Алматы, Казахстан, dana.tungatar@kaznaru.edu.kz, yerbolat.kaipbayev@kaznaru.edu.kz, ismailova.gauharkul@kaznaru.edu.kz, Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz

АНАЛИЗ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ АНТРОПОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА РЕКИ

Аннотация

Статья посвящена анализу современных методологических подходов к оценке антропогенной нагрузки на водотоки, с акцентом на уязвимость экосистем малых рек к различным формам техногенного воздействия. Рассматриваются индикаторный, индексный, балансово-массовый, биоиндикационный, геоинформационный и модельный подходы, применяемые в практике гидроэкологического мониторинга. Описаны их преимущества, ограничения и возможности адаптации к региональным условиям. Особое внимание уделено возможностям интеграции данных различной природы (физико-химической, биологической, пространственной) в рамках комплексных оценок. Обоснована целесообразность применения комбинированных методов для оценки состояния малых рек Алматинской области в условиях климатической изменчивости и растущего антропогенного давления.

Дополнительно показано, что применение системного подхода позволяет выявить не только текущее состояние водных объектов, но и тенденции их изменения под воздействием хозяйственной деятельности. Такой анализ обеспечивает научную основу для прогнозирования возможных рисков деградации экосистем и разработки превентивных мер. Комплексная оценка антропогенного воздействия на малые реки является важным инструментом для совершенствования экологического мониторинга, разработки природоохранных мероприятий и обоснования стратегий рационального водопользования. Полученные выводы могут служить основой для формирования устойчивых стратегий водопользования и охраны малых водотоков, а также для выработки региональных и национальных программ адаптации в условиях климатических изменений.

Ключевые слова: антропогенная нагрузка, малые реки, экологический мониторинг, индикаторный подход, индекс загрязнения воды, ГИС-анализ, биоиндикация.

D.S.Tungatar*, Y.T.Kaipbayev, G.K.Ismailova, A.N.Kalmashova
Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan,
dana.tungatar@kaznaru.edu.kz, yerbolat.kaipbayev@kaznaru.edu.kz,
ismailova.gauharkul@kaznaru.edu.kz, Kalmashova.Ainur@kaznaru.edu.kz
**ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSING
ANTHROPOGENIC IMPACT ON RIVERS**

Abstract

The article is devoted to the analysis of modern methodological approaches to assessing anthropogenic pressure on watercourses, with a focus on the vulnerability of small river ecosystems to various forms of technogenic impact. Indicator, index, balance–mass, bioindication, geoinformation, and modeling approaches applied in the practice of hydroecological monitoring are considered. Their advantages, limitations, and possibilities for adaptation to regional conditions are described. Special attention is given to the integration of data of different nature (physico-chemical, biological, spatial) within the framework of comprehensive assessments. The expediency of applying combined methods for assessing the state of small rivers in the Almaty region under conditions of climatic variability and increasing anthropogenic pressure is substantiated.

It is additionally shown that the use of a systemic approach makes it possible to identify not only the current state of water bodies but also the trends of their changes under the influence of economic activities. Such analysis provides a scientific basis for predicting potential risks of ecosystem degradation and for developing preventive measures. A comprehensive assessment of anthropogenic impact on small rivers is an important tool for improving ecological monitoring, developing environmental protection measures, and justifying strategies for rational water use. The obtained conclusions can serve as a basis for the formation of sustainable strategies for water use and the protection of small watercourses, as well as for the development of regional and national adaptation programs under conditions of climate change.

Keywords: anthropogenic load, small rivers, ecological monitoring, indicator approach, water pollution index, GIS analysis, bioindication.

Авторлардың үлесі: Тұжырымдаманы әзірлеу, деректерді үйлестіру – ЕТҚ; Ресми талдау – ДСТ; Әдістеме – ЕТҚ, ДСТ; Тексеру – ГКИ; Жазу – шолу және редакциялау – АНҚ.

МРНТИ 70.21.15

DOI <https://doi.org/10.37884/3-2025/56>

М.Б.Арыстанов, А.Г.Жандияр, Е.Д.Жапаркулова

*Казахский национальный аграрный исследовательский университет,
arystanov.meiram@kaznaru.edu.kz, 508291@kaznaru.edu.kz,
yermekkul.zhaparkulova@kaznaru.edu.kz*

**АНАЛИЗ ИСТОЧНИКОВ ОРОШЕНИЯ И СОСТОЯНИЯ ОРОСИТЕЛЬНЫХ
СИСТЕМ АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ**

Аннотация

В статье рассматриваются источники орошения и текущее состояние оросительных систем междуречья Чилик – Чемолган в Алматинской области. Орошаемые земли междуречья Чилик–Чемолган играют ключевую роль в обеспечении сельскохозяйственной продукцией основной части населения Алматинской области, выступая важной базой продовольственной безопасности региона. Особое внимание уделено гидрографическим и водохозяйственным характеристикам региона, включая роль Бартогайского водохранилища и Большого Алматинского канала (БАК) в перераспределении водных ресурсов. Анализируются площади