

Гидрохимия и качество воды

Гидрохимия және судың сапасы

Hydrochemistry and water quality

<https://doi.org/10.55764/2957-9856/2025-4-16-29.43>

FTAMP 87.19.91
ӘӨЖ 502.656

А. Б. Болатова¹, Л. С. Курбанова^{*2}, Б. Х. Тусупова³,
У. Ш. Мусина⁴, Г. З. Бижанова⁵, Қ. Т. Қырғызбай⁶, С. М. Нурмакова⁷

¹ Магистрант (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан; *aiym.bolatova.01@mail.ru*)

^{2*} Т. ғ. к., аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан; *laura.kurbanova@kaznu.edu.kz*)

³ Т. ғ. к., аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан; *tusupova_b@kaznu.kz*)

⁴ Т. ғ. к., қауымдастырылған профессор (Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; *07061960@mail.ru*)

⁵ Докторант (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан; *gulfairus82@mail.ru*)

⁶ PhD, аға оқытушы (Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,
Алматы, Қазақстан; *kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com*)

⁷ Т. ғ. к., қауымдастырылған профессор (Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан; *s.nurmakova@satbayev.university*)

ЕРТІС ӨЗЕНІ СУ САПАСЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫН ГЕОЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Аннотация. Мақалада Өскемен қаласы шегіндегі Ертіс өзені бассейнінің соңғы жылдардағы экологиялық ахуалына талдау жасалды. Ертіс өзені бассейніндегі антропогендік ықпалдың көбеюі су теңгерімінің өзгеруіне әкеп соқтыратыны ескерілді. Сонымен қатар, Өскемен қаласындағы Ертіс өзенінің ағысындағы судың ластануы бойынша «Қазгидромет» РМҚ ақпараттық-талдамалық материалдарын жүйелеу және талдау негізінде судың сапасы мен олардың геоэкологиялық жай-күйіне бағалау жүргізілді. «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)», «Өскемен Конденсатор Зауыты», Үлбі өзенінің оң жақ және сол жақ аймақтарының көрсеткіштерін пайдалана отырып, су құрамының ауыр металдармен ластануының жылдық орташа көрсеткіші есептелді. Алынған жылдық орташа көрсеткішті 2024 жылғы Ертіс өзенінің «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)», Үлбі өзені (Металл зауыты) аймақтарынан алынған сынама нәтижелерімен салыстырып, талдау жүргізді.

Суды пайдалану сипатына байланысты басым ластаушы заттар, оның ішінде ауыр металдар мыс, мырыш, марганецтің көрсеткіштері сынама алу орындарында әр түрлі екендігі анықталды. Геоэкологиялық бағалау нәтижелері ГАЖ технологиясы арқылы Ертіс өзенінің ауыр металдармен ластануы карта негізінде сипатталды.

Түйін сөздер: геоэкологиялық бағалау, экология, өзен, талдау, бағалау, антропогендік факторлар, ластану, шекті рұқсат етілген концентрация, шекті ластану коэффициенті.

Кіріспе. Су ресурстары мәселесі тұрақты дамудың жалпы проблемасының маңызды құрамдас бөліктерінің бірі болып табылады. Су мәселесінің шиеленісуін табиғи және антропогендік факторлармен түсіндіруге болады. Табиғи факторларға мыналар жатады: аумақ бойынша су ресурстарының біркелкі таралмауы, жылдық ағынның нақты жазғы таралуы, ағынды сулардың зиянды әсері, оның зияны экономика дамыған сайын артып келеді. Адамның шаруашылық қызметінің нәтижесінде суды тұтынудың тез өсуі байқалады және су ресурстарының ластануы көрініс табады [1].

Өзен бассейндерінің су жинау аумағы – гидрогеохимиялық ағындары бар, табиғаты пайдалану мен табиғат жайластырудың кеңістіктегі негізі болып табылатын көп компонентті геожүйе. Олар экологиялық, орта құраушы сияқты маңызды функцияларды атқарады және су объектілерінің жай-күйін кешенді бағалауға мүмкіндік береді. Әр түрлі принциптер мен әдістерді қолдана отырып, өзен бассейндерін сандық және сапалық бағалау үшін жүйеге келтірілген, көпжылдық, объективті гидрологиялық, гидрогеохимиялық және шаруашылық ақпараттық-аналитикалық материалдар қажет [2].

Зерттеу нысаны – Ертіс өзені Қазақстан, Қытай және Ресей елдерінің аумағы арқылы өтетін ең ұзын трансшекаралық өзен. Қара Ертіс – Қытайдың қайнар көзінен Жайсан көліне құятын Ертіс өзенінің жоғарғы ағысы. Бұл учаскеде негізгі арнаның сол жағалауының (Кендірлік ө., Жарлы ө.) және оң жағалауының (Күршім ө., Қалжыр ө.) бірнеше салалары бар. Оң жағалаудың салалары – бірнеше тау жүйелерінің (Сауыр-Тарбағатай, Алтай және т.б.) су алаптарынан бастау алатын таулы өзендер. Сол жағалаудың салалары және суы аз. Олар Тарбағатай жотасының сілемдерінен шыққан, негізінен шөлейт аудандардағы қардың еруінен толады [3, 4].

Өзеннің жалпы ұзындығы 4280 км, оның 1698 шақырымы Қазақстанға, 1964 шақырымы Ресейге, 618 шақырымы Қытайға тиесілі [5].

Су бассейнінің Қазақстандық бөлігінде Ертістің су ресурстарының өзгеруіне ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіптен басқа, гидроэлектр станциялары айтарлықтай әсер етеді. Мұнда кенес заманынан бері ірі су қоймаларының каскадтары (Бұқтырма, Өскемен, Шүлбі және т.б.) жұмыс істейді [6].

Үлбі өзені – Ертіс өзенінің оң жағалауындағы саласы және Өскемен су электр станциясының бөгетінен 14 км төмен Ертіске құяды. Өзеннің су жинайтын алабы 5050 км, орташа биіктігі 960 м, орман жамылғысы 55%. Алаптың төменгі бөлігі далалық сипатқа ие. Өзен аңғарының ендік бағыты бар, және ені 1-3 км аралығында, кей жерлерде 0,5 км-ге дейін жетеді. Алқаптың кеңею аймақтарында шөгінді тасымалдаудың жүйекті түрі көп тармақты түрге айналады [7].

Өзендер ластаушы заттарды коммуналдық және өнеркәсіптік ағынды сулардан қабылдайды және әрі қарай тасымалдайды. Өзендердің ластану деңгейін бағалау өзендегі табиғи металл деңгейлері (яғни геогендік шығу тегін) мен өткен ластанулардан қалған антропогендік қалдықтарды біріктіретін геохимиялық фонды анықтауды талап етеді [8].

Қоршаған ортадағы ауыр металдар күй мен концентрациясына байланысты адам денсаулығына елеулі қауіп төндіреді. Өнеркәсіптік ағынды сулар басқа көздерге қарағанда табиғи судың ауыр металдармен едәуір ластануын туғызады, ал одан кейінгі әсер ететін көздерге металдардың атмосферадан шөгуі мен өнеркәсіптік төгінділердің жиналуынан ластану учаскелерінің пайда болуы жатады [9].

Зерттеудің мақсаты – гидрохимиялық көрсеткіштері бар жылдық бақылау нәтижесі негізінде Ертіс өзенінің жай-күйін геоэкологиялық бағалау.

Ертіс өзені Қазақстандағы жергілікті экономика, экология және қоғам үшін маңызды өзендердің бірі болып табылады. Ертіс өзенінің гидрохимиялық құрамын ластаушы заттардың қозғалу, жинақталу және таралу динамикасын және олардың қоршаған ортаға әсерін түсіну үшін ұзақ мерзімді және бірнеше көрсеткіштер бойынша бағалау қажет [10].

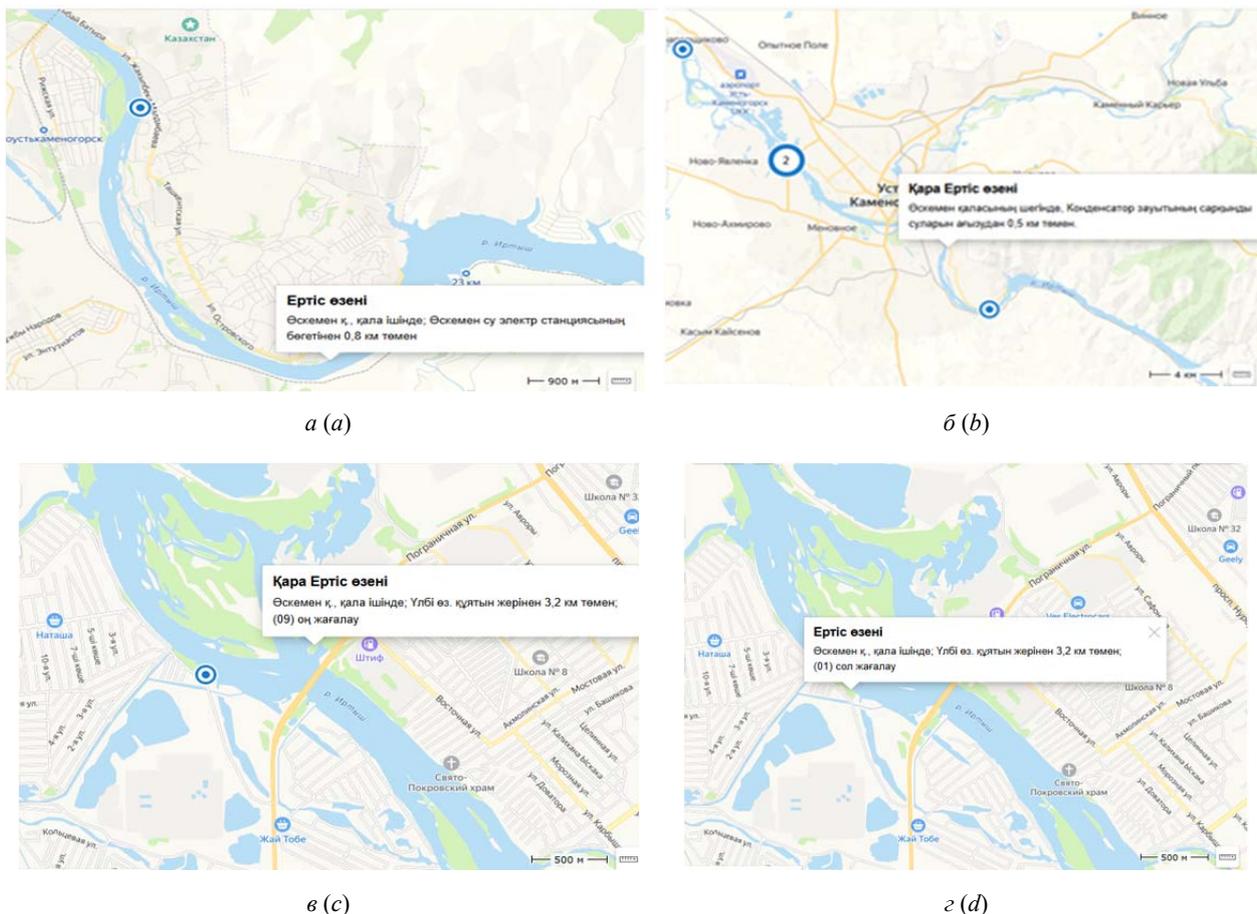
Қазіргі таңда жер үсті суларының сапасы туралы объективті ақпарат алу өзекті мәселе болып отыр. Зерттеудің практикалық маңызы Шығыс Қазақстан облысы, Өскемен қаласы үшін жер үсті суларының сапасын сенімді бағалауда. Бұл жергілікті билік органдарына су ресурстарын ластанудан қорғау саласына негізделген басқару шешімдерін қабылдауға көмектеседі.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу нысаны – Қазақстан аумағындағы Өскемен қаласы шегіндегі Ертіс өзенінің бөлігі.

Зерттеудің негізгі бағыты қазіргі антропогендік жүктеме деңгейінде Ертіс өзенінің аумағын ГАЗ технологиясын қолдана отырып, геоэкологиялық бағалау.

Ертіс өзенінің Қазақстандық бөлігіне зерттеулер Өскемен қаласында антропогендік жүктеменің қарқыны мен сипаты бойынша айтарлықтай ерекшеленетін төрт учаскеде жүргізілді (1-сурет).

Материалдар 2024 жылдың желтоқсан айында «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)», «Үлбі Металл зауыты аймақтарында жиналды. Сонымен қатар зерттеуде «Қазгидромет» РМК 2024 жылғы айлар бойынша 1-ші суретте көрсетілген. 4 аудан бойынша алынған ресми



1-сурет – Ертіс өзенінің экологиялық жай-күйін бағалау үшін сынама алу тұстамасы:
 а – Өскемен СЭС бөгетінен 0,8 км төмен, сарқырама тұсында; б – конденсатор зауытының ағынды сулары көзінен 0,5 км төмен (оң жағалау); в – Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, понтондық көпірден 0,35 км төмен (оң жақ Үлбі); г – Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, Понтондық көпірден 0,35 км төмен (сол жақ Үлбі)

Figure 1 – Sampling point for assessing the ecological condition of the Irtysh River:
 а – 0.8 km downstream from the dam of the Oskemen Hydroelectric Power Station, at the waterfall; б – 0.5 km downstream from the wastewater discharge of the condenser plant (right bank); в – at 3.2 km downstream of the Ulba River confluence, and 0.35 km downstream from the pontoon bridge (right bank of the Ulba River); д – at 3.2 km downstream of the Ulba River confluence, and 0.35 km downstream from the pontoon bridge (left bank of the Ulba River)

деректері пайдаланылды. Атап айтқанда: 1) Өскемен СЭС бөгетінен 0,8 км төмен, сарқырама тұсында; 2) Конденсатор зауытының ағынды сулары көзінен 0,5 км төмен, теміржол көпірінен 0,5 км жоғары (оң жағалау); 3) Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Оң жақ Үлбі); 4) Өскемен қ., қала шегінде, Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, Понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Сол жақ Үлбі).

ҚР ЭБЖМ «Қазгидромет» РМК қоршаған ортаның, оның ішінде жер үсті суларының сапасын бағалаудың ұлттық операторы болып табылады. 2016 жылдан бастап өзендердің экологиялық жағдайы су нысандарындағы су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесі бойынша бағаланады [11].

«Қазгидромет» РМК 2025 жылғы қаңтардан бастап өзендердегі, каналдардағы және су қоймаларындағы суды бағалау үшін су нысандарындағы су сапасын жіктеудің жаңартылған бірыңғай жүйесін (ҚР ИМ ШҚ 20.03.2024 жылғы № 70 бұйрығы), су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесін (ЭБЖМ бұйрығымен бекітілген ҚР № 275-п 14.11.2024) қолдану жөніндегі бекітілген әдістемелік ұсынымдарға сәйкес бағалайды [12].

Бірыңғай жіктеу, құрамында оттегі режимінің көрсеткіштері, органолептикалық параметрлер, минералдану мәндері, биогендік заттар, металдар, органикалық және улы заттар, пестицидтер,

гидробиологиялық, токсикологиялық және микробиологиялық көрсеткіштері бар су объектісінің экологиялық әлеуетін интегралды бағалауға негізделген.

Бірыңғай жіктеу су сапасының алты класын (I-VI) қамтиды: «ең жақсыдан» «ең нашарға» дейін. Бұл суды пайдалану түрлерінің талаптарын ескеруге мүмкіндік береді: экожүйе, ауыз су, рекреациялық, суару, өнеркәсіп, гидроэнергетика және көлік.

Су ресурстарының сапасын және су экожүйелерінің геоэкологиялық жағдайын бағалау үшін келесі әдістер кеңінен қолданылады: өзгерістердің рұқсат етілген шегі, сыни әсер ету шегі (СӘШ), шекті рұқсат етілген концентрация (ШРК), ластанудың гидрохимиялық индексі және т.б. [13].

МЕМСТ 17.1.3.07-82 «Табиғатты қорғау. Гидросфера. Суды пайдалану және қорғау. Негізгі терминдер мен анықтамалар» жалпы судың сапасы оның құрамы мен қасиеттерінің сипаттамаларын білдіреді, бұл оның суды пайдаланудың нақты түрлеріне жарамдылығын анықтайды. Бұл ретте сапа көрсеткіштері су сапасын бағалау жүргізілетін белгілерді білдіреді. СанЕмН 2.1.4.1074-01 ережелер мен нормаларға сәйкес су эпидемиологиялық тұрғыдан қауіпсіз, химиялық құрамы жағынан зиянсыз және қолайлы органолептикалық қасиеттерге ие болуы керек.

Ертіс өзенінің жай-күйін геоэкологиялық бағалау үшін салыстырмалы түрде, 2 тұстамадан сынама алынып, зерттеу жүргізілді. 1-сынама тұстамасы «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)» және 2-сынама тұстамасы «Үлбі өзені (Металл зауыты)». Судың сапасын бағалау оның құрамындағы негізгі металдармен (Cd, Mn, Zn) ластануын анықтау арқылы жүргізілді.

Нәтижелер және оларды талқылау. Салыстыру негізінде алынған сынамаға талдау Алматы қ-сы «Қазгидромет» ШЖҚ РМК филиалында, СТ РК 2214-2012 «Су сапасы. Атомдық абсорбциялық спектрофотометрия әдісімен микроэлементтердің мөлшерін графитті пешті қолдану арқылы анықтау» сынақ әдісі арқылы жасалды [14]. Өлшеу келесі жағдайларда жүргізілді: температура 20,0°C, ылғалдылық 33%, атмосфералық қысым 699,75 мм.сын.бағ. Сынама нәтижелері 1-кестеде берілген.

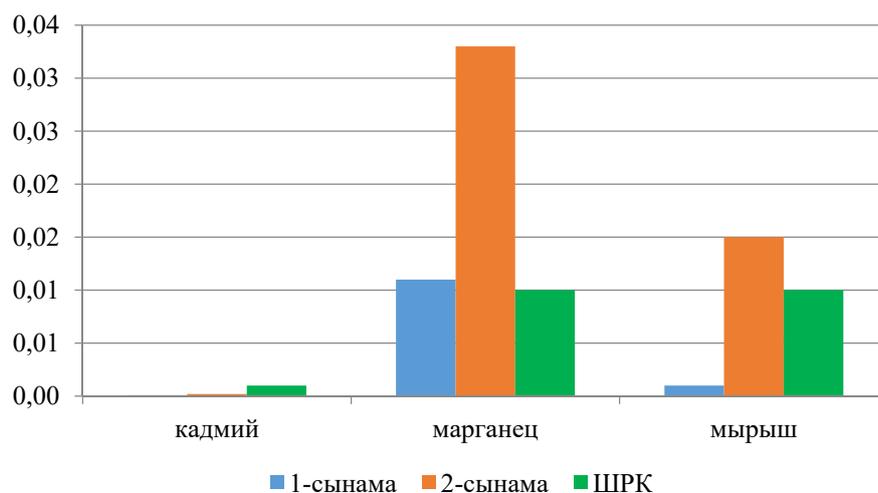
1-кесте – Ертіс өзені суындағы ауыр металдардың құрамы (талдама нәтижесі бойынша)

Table 1 – Heavy metal content in the water of the Irtysh River (according to the analysis results)

Көрсеткіштің атауы, өлшем бірлігі, мг/дм ³	Сынақ әдісінің нормативтік құжаттамада белгіленуі	Нақты мәні
1-сынама «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)»		
Кадмий	СТ РК 2214-2012	0,00001
Марганец	СТ РК 2214-2012	0,01104*
Мырыш	СТ РК 2214-2012	0,00142
2-сынама Үлбі өзені (Металл зауыты)		
Кадмий	СТ РК 2214-2012	0,00018
Марганец	СТ РК 2214-2012	0,03341*
Мырыш	СТ РК 2214-2012	0,01552*
*Ауыр металдардың көрсеткіші ШЖҚ-дан жоғары.		

1-кестедегі ластаушы заттар (металдар) көрсеткіштері негізінде сынама нәтижесіне талдау жүргізетін болсақ 1-суретте көрсетілгендей кадмий бойынша 2-нысанда да сынама көрсеткіштері ШРК-дан аспайды, яғни бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 1-классқа (өте жақсы сапа) жатады. Марганец бойынша нысан 2-нысанда да сынама көрсеткіштері ШРК мәнінен асып тұрғанын көрсетеді, яғни бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 3-классқа (орташа ластанған) жатады. Мырыштың 2-ші нысанда Үлбі өзенінде (Металл зауыты) сынама көрсеткіші ШРК-дан асып тұрғанын көрсетеді, бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 4 классқа (ластанған) жатқызамыз.

Аталған талдау нәтижелерімен қатар салыстыру үшін Ертіс өзенінің суындағы ауыр металдардың құрамын зерттеуде Өскемен қаласының «Қазгидромет» РМК филиалынан ресми деректер сұралды. Деректер жоғарыда аталған 4 аймақ бойынша жүргізілген ай сайынғы талдаулар нәтижесінен тұрады. Әр ай бойынша қарастырылған ақпаратты пайдалана отырып, ауыр металдармен жылдық орташа ластану мөлшері есептелді (2-кесте, 3-сурет) [15].



2-сурет – Ертіс өзені суындағы ауыр металдардың көрсеткіштері (талдама нәтижесі бойынша)

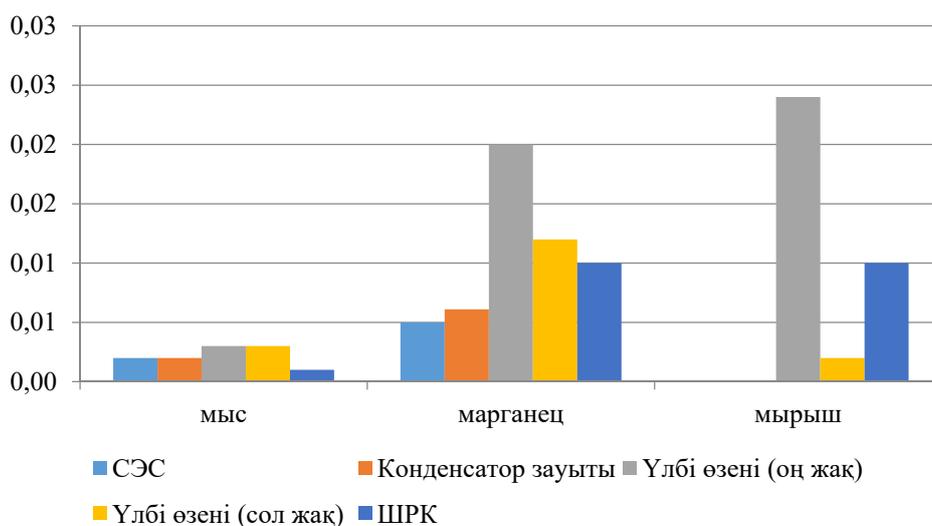
Figure 2 – Heavy metal indicators in the Irtys River water (based on analysis results)

2-кесте – Ертіс өзенінің суындағы ауыр металдардың көрсеткіші («Қазгидромет» РМК бойынша 2024 жыл)

Table 2 – Heavy metal indicators in the Irtys River water (2024, according to RSE «Kazhydromet»)

Көрсеткіштің атауы, өлшем бірлігі	Мыс, мг/дм ³	Марганец, мг/дм ³	Мырыш, мг/дм ³
«Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)»	0,002*	0,005	0
«Өскемен Конденсатор Зауыты»	0,002*	0,007	0
Үлбі өзенінің оң жақ бөлігі	0,003*	0,019*	0,024*
Үлбі өзенінің сол жақ бөлігі	0,003*	0,012*	0,002
Шекті жол берілетін концентрация (ШЖК)	0,001	0,01	0,01

*Ауыр металдардың көрсеткіші ШЖК артық.

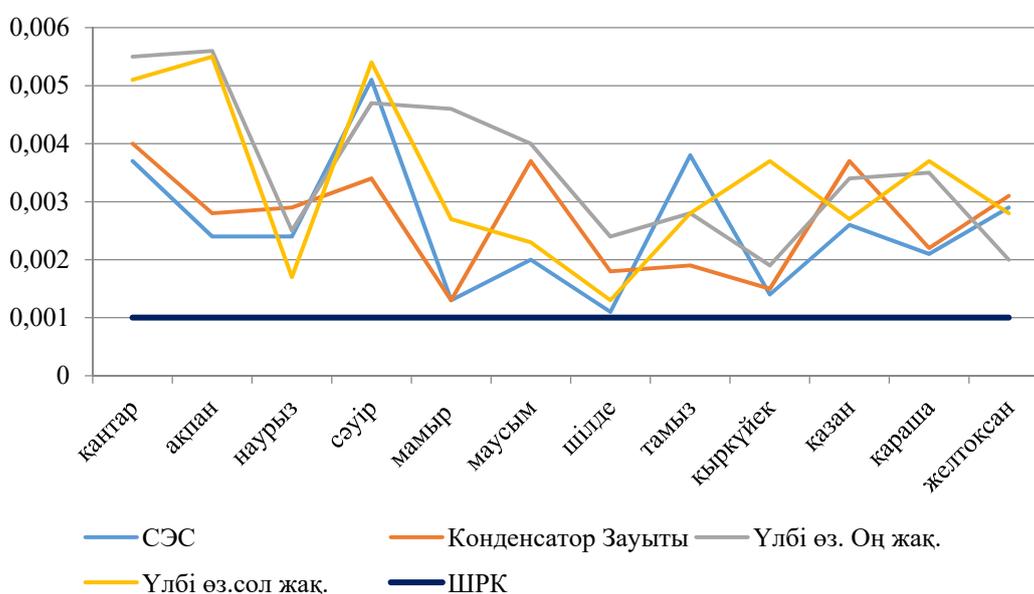


3-сурет – Ертіс өзенінің суындағы ауыр металдардың көрсеткіші, мг/дм³ («Қазгидромет» РМК мәліметтері бойынша, 2024 жыл)

Figure 3 – Heavy metal indicators in the Irtys River water, mg/dm³ (2024, according to RSE «Kazhydromet»)

2-кестедегі ластаушы заттар (металдар) жылдық көрсеткіштері негізінде сынама нәтижесіне талдау жүргізетін болсақ 3-суретте көрсетілгендей мыс бойынша 4-нысанда да сынама көрсеткіштері ШРК-дан асып отыр, яғни бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 2-классқа (жақсы сапа) жатады, ал марганец бойынша 2-тұстамада Үлбі өзенінің оң жақ және сол жақ бөлігі сынама көрсеткіштері ШРК мәнінен асып тұрғанын көрсетеді, яғни бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 2-классқа (жақсы сапа) жатады, ал мырыш 3-ші тұстама, яғни Үлбі өзенінің (оң жағы) сынама көрсеткіші ШРК-дан асып тұрғанын көрсетеді, бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 4 классқа (ластанған) жатқызамыз.

4-суреттегі ластаушы заттардың (металдар) «Қазгидромет» РМК 2024 жылғы 12 айлық көрсеткіштері негізінде талдау жүргізетін болсақ мыстың мәні 4-сынама тұстамаларында да 1) Өскемен СЭС бөгетінен 0,8 км төмен, сарқырама тұсында; 2) Конденсатор зауытының ағынды сулары көзінен 0,5 км төмен, теміржол көпірінен 0,5 км жоғары (оң жағалау); 3) Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Оң жақ Үлбі); 4) Өскемен қ., қала шегінде, Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, Понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Сол жақ Үлбі) ШРК-н асып тұр, яғни бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 2 класстан (жақсы сапа) асып тұрғанын көрсетеді [15].

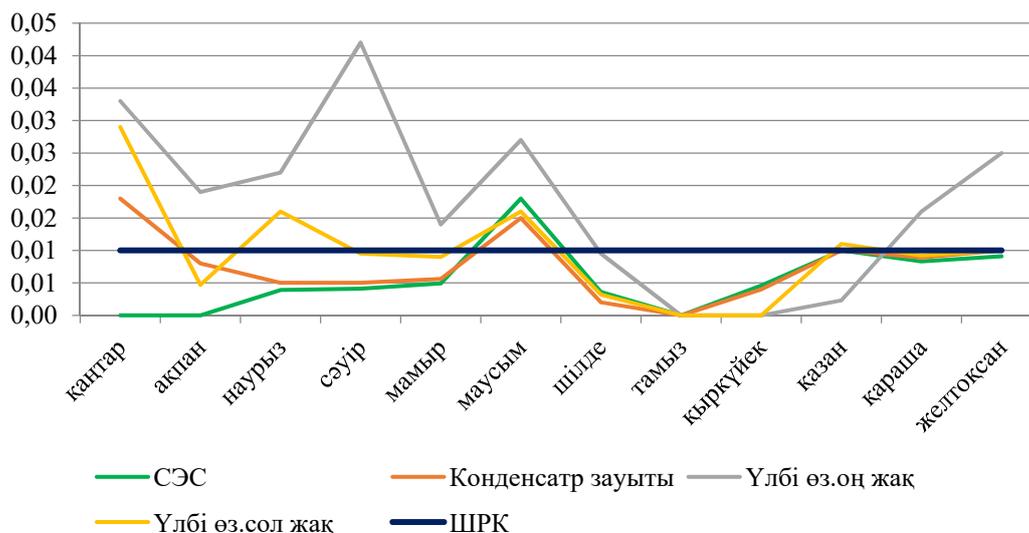


4-сурет – Ертіс өзені суындағы мыс металының көрсеткіші («Қазгидромет» РМК 2024 жылдың 12 айдың мәліметтері)

Figure 4 – Copper content in the Irtysh River water (RSE «Kazhydromet») data for 12 months of 2024)

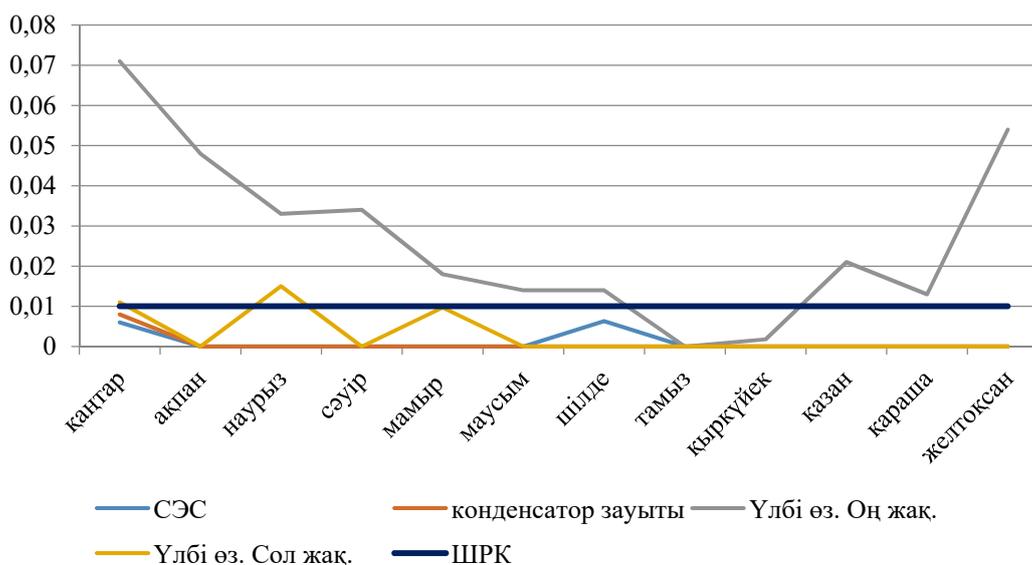
5-суретте көрсетілген марганецтің мәні бойынша 1-тұстама сынамасында Өскемен СЭС бөгетінен 0,8 км төмен, сарқырама тұсында және 2-ші тұстама Конденсатор зауытының ағынды сулары көзінен 0,5 км төмен, теміржол көпірінен 0,5 км жоғарыда (оң жағалау) қаңтар және маусым айларында шектен асып тұрады және 3-тұстама сынамасында Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төменде (Оң жақ Үлбі) (қаңтар, ақпан, наурыз, сәуір, мамыр, маусым, қазан, қараша, желтоқсан айларында) ШРК-дан асып тұрғанын көрсетеді, 4-ші тұстама сынамасында Өскемен қ., қала шегінде, Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, Понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Сол жақ Үлбі) (қаңтар, наурыз, маусым, қазан айларында) бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 2-класстан (жақсы сапа) асқанын байқаймыз.

6-суретте көрсетілген мырыш мәні бойынша 3-ші тұстама сынамасында Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төменде (Оң жақ Үлбі) барлық айда ШРК-дан асып тұрғанын көрсетті, демек бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 4-классқа (ластанған) жатқызамыз. 4-ші тұстама сынамасында Өскемен қ., қала шегінде, Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, Понтондық



5-сурет – Ертіс өзені суындағы марганец металының көрсеткіші («Қазгидромет» РМК мәліметі 2024 жыл 12 ай көрсеткіштері)

Figure 5 – Manganese content in the Irtys River water (RSE «Kazhydromet» data for 12 months of 2024)



6-сурет – Ертіс өзені суындағы мырыш металының көрсеткіші («Қазгидромет» РМК мәліметі 2024 жыл 12 ай көрсеткіштері)

Figure 6 – Zinc content in the Irtys River water (RSE «Kazhydromet» data for 12 months of 2024)

көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Сол жақ Үлбі) (қаңтар, наурыз, айларында) бірыңғай жіктеу жүйесі бойынша 4-класстан (ластанған) асқанын байқаймыз.

Ауыр металдар тіпті төмен концентрацияда да өлімге әкелуі мүмкін. Мырыш және мыс сияқты кейбір металдар биологиялық функциялар үшін микроөлшерде маңызды болғанымен, олардың жоғары концентрациясы биологиялық процестерді бұзады, су ағзаларына зиян келтіреді және адам денсаулығына айтарлықтай қауіп төндіреді [16].

Ауыр металдардың ластануы экожүйелерге, судың сапасына және табиғатқа айтарлықтай әсер етеді. Су экожүйелерінде кадмий, мыс, марганец, қорғасын және сынап сияқты металдар су ағзалары үшін улы болып табылады, аталған металдар олардың өсуін тежейді және өлімді арттырады [17].

Қауіптілік дәрежесі ретіндегі компоненттер тізбесі: Hg, Tl, Be (I топ – өте қауіпті); Cd, Se, Pb, Li, Ba, Bi, W, AS, Ag, Sb, Nb, Sm, Co, Te (II топ – жоғары қауіпті); V, Fe, Cu, Zn, Ni, Eu (III топ – қауіпті).

Қазақстан аумағындағы Ертіс өзені нысандарының су сапасы мен экологиялық жай-күйіне шекті ластану коэффициентіне (ШПК) (шекте рұқсат етілген концентрациясына) байланысты ($K_{\text{ШЛ}}$) бағалау жүргізілді [2,18].

$$K_{\text{ШЛ}} = C_i / \text{ШПК},$$

мұнда C_i – анықталған элементтің судағы нақты концентрациясы, мг/дм³; ШПК – анықталған элементтің судағы шекте рұқсат етілген концентрация көлемі, мг/дм³; $K_{\text{ШЛ}}$ – судың сапасын сипаттайтын коэффициент. $K_{\text{ШЛ}}$ мәнінің интерпретациясы 4-кесте көрсетілген.

3-кесте – $K_{\text{ШЛ}}$ көрсеткіші бойынша су сапасының жіктелуі

Table 3 – Water quality classification based on indicator K_{shl}

Өте таза	Таза	Орташа таза	Орташа ластанған	Жоғары ластанған	Өте лас
<0,80	-0,81–0,00	0,01–1,00	1,1–3,0	3,1–5,0	>5,1

4-кесте – Зерттеу аймақтарының суындағы ауыр металдардың жылжымалы формалары, $K_{\text{ШЛ}}$ көрсеткіші нәтижелері

Table 4 – Mobile forms of heavy metals in the water of the surveyed zones, according to indicator K_{shl} results

Шекте рұқсат етілген концентрация (ШПК), мг/дм ³	0,001 мг/дм ³	0,01 мг/дм ³	0,01 мг/дм ³	0,001 мг/дм ³
Элементтер	Мыс, мг/дм ³	Марганец, мг/дм ³	Мырыш, мг/дм ³	Кадмий, мг/дм ³
Талдама нәтижесі бойынша $K_{\text{ШЛ}}$ көрсеткіші (2024 жылдың желтоқсан айында)				
«Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)»	–	1,10	0,14	0,01
Үлбі өзені (Металл зауыты)	–	3,34	0,15	0,18
«Қазгидромет» РМК бойынша $K_{\text{ШЛ}}$ көрсеткіші (жылдық орташа көрсеткіш)				
«Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)»	2,0	3,8	1,1	–
«Өскемен Конденсатор Зауыты»	2,0	0,7	0	–
Үлбі өзенінің оң жақ бөлігі	3	1,9	3	–
Үлбі өзенінің сол жақ бөлігі	3	0,9	0,2	–

Талдама нәтижесі бойынша (2024 жылдың желтоқсан айындағы) $K_{\text{ШЛ}}$ көрсеткіші:

Марганец – шекте ластану коэффициенті екі сынама алу орнында да ШПК көлемінен көп. «Өскемен қаласының СЭС-ы аймағындағы $K_{\text{ШЛ}} = 1,10$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$ – орташа ластанған), ал Үлбі өзені (Металл зауыты) аймағындағы $K_{\text{ШЛ}} = 3,34$ ($3,1 < K_{\text{ШЛ}} > 5,0$ – жоғары ластанған) жіктеліміне жатады.

Мырыш – екі зерттеу аймағында да көрсеткіш көлемі сәйкесінше «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)» $K_{\text{ШЛ}} = 0,14$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза), ал Үлбі өзені (Металл зауыты) аймағындағы $K_{\text{ШЛ}} = 0,15$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза).

Кадмий – сынама алынған нүктелердегі су құрамындағы ауыр металдармен ластану шекте коэффициенті «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)» $K_{\text{ШЛ}} = 0,01$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза), ал Үлбі өзені (Металл зауыты) аймағындағы $K_{\text{ШЛ}} = 0,18$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза).

«Қазгидромет» РМК деректері бойынша $K_{\text{ШЛ}}$ көрсеткіштері (жылдық орташа көрсеткіш):

1. «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)». Аймақтағы өзен суы марганецпен $K_{\text{ШЛ}} = 3,8$ ($3,1 < K_{\text{ШЛ}} > 5,0$) жоғары ластанған, мыспен $K_{\text{ШЛ}} = 2$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) орташа ластанған, мырышпен $K_{\text{ШЛ}} = 1,1$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) орташа ластанған.

2. «Өскемен Конденсатор Зауыты». Аумақтағы өзен суы мыспен $K_{\text{ШЛ}} = 2$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) орташа ластанған, марганец $K_{\text{ШЛ}} = 0,7$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза), мырыш $K_{\text{ШЛ}} = 0,00$ ($-0,81 < K_{\text{ШЛ}} > 0,00$ – таза).

3. Үлбі өзенінің оң жақ бөлігі. Аумақтағы өзен суы мыспен $K_{\text{ШЛ}} = 3$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) – орташа ластанған, мырышпен $K_{\text{ШЛ}} = 3$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) орташа ластанған, марганецпен де $K_{\text{ШЛ}} = 1,9$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) орташа ластанған.

4. Үлбі өзенінің сол жақ бөлігі. Аталған нүктедегі су құрамы мыспен $K_{\text{ШЛ}} = 3$ ($1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$) – орташа ластанған), марганец $K_{\text{ШЛ}} = 0,9$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза), мырыш $K_{\text{ШЛ}} = 0,2$ ($0,01 < K_{\text{ШЛ}} > 1,00$ – орташа таза) деңгейді көрсетті.

Талқылау. Су ресурстарын сақтау және су сапасын арттыру проблемаларының өзектілігі жыл сайын артып келеді. Сонымен қатар, су ресурстарын басқару міндеттерінің саны да артып келеді. Су ресурстарын тиімді басқару көптеген факторларды есепке алуды және талдауды, сондай-ақ мемлекеттік құрылымдардан бастап қоғамға дейінгі мүдделі ұйымдар мен тұлғалардың кең ауқымына талдау нәтижелерінің қолжетімділігін талап етеді. Бұл бағыттағы қажетті қадамдардың бірі – су ресурстарын басқару бойынша автоматтандырылған ақпараттық-талдау жүйелерін құру. Бұл мәселелерді шешу, әдетте, әртүрлі компьютерлік ақпараттық технологияларды біріктіруді қажет етеді. Атап айтқанда, мұндай жүйелер кеңістіктік ақпаратты жүргізуді, кеңістіктік талдауды орындауды және шығыс картографиялық құжаттарды құруды қамтамасыз ететін геоақпараттық технологияларға негізделуі керек [19, 20].

Сондықтан, Қазақстан аумағындағы Өскемен қаласы шегіндегі Ертіс өзені объектілерінің су сапасының ластану көрсеткіші геоэкологиялық бағалау негізінде жоғарыда зерттелген талдау нәтижелері Ертіс өзенінің сынамалар алынған әр бір нүктелері бойынша ГАЗ технологиясын қолдана отырып картада 7-суретте бейнеленген. Су құрамындағы мыс (Cu), мырыш (Zn), марганец (Mn) ауыр металл концентрация мөлшері көрсетілген. Сонымен қатар «Қазгидромет» РМК деректеріне сүйене отырып, аталған ауыр металдармен ластануының көрсеткіші әр металға үшін жеке-жеке талдау жасап, ластану көрсеткіштерінің мөлшеріне қарай Ертіс өзені суы аймақтарға бөлініп, шартты белгілермен көрсетілген.

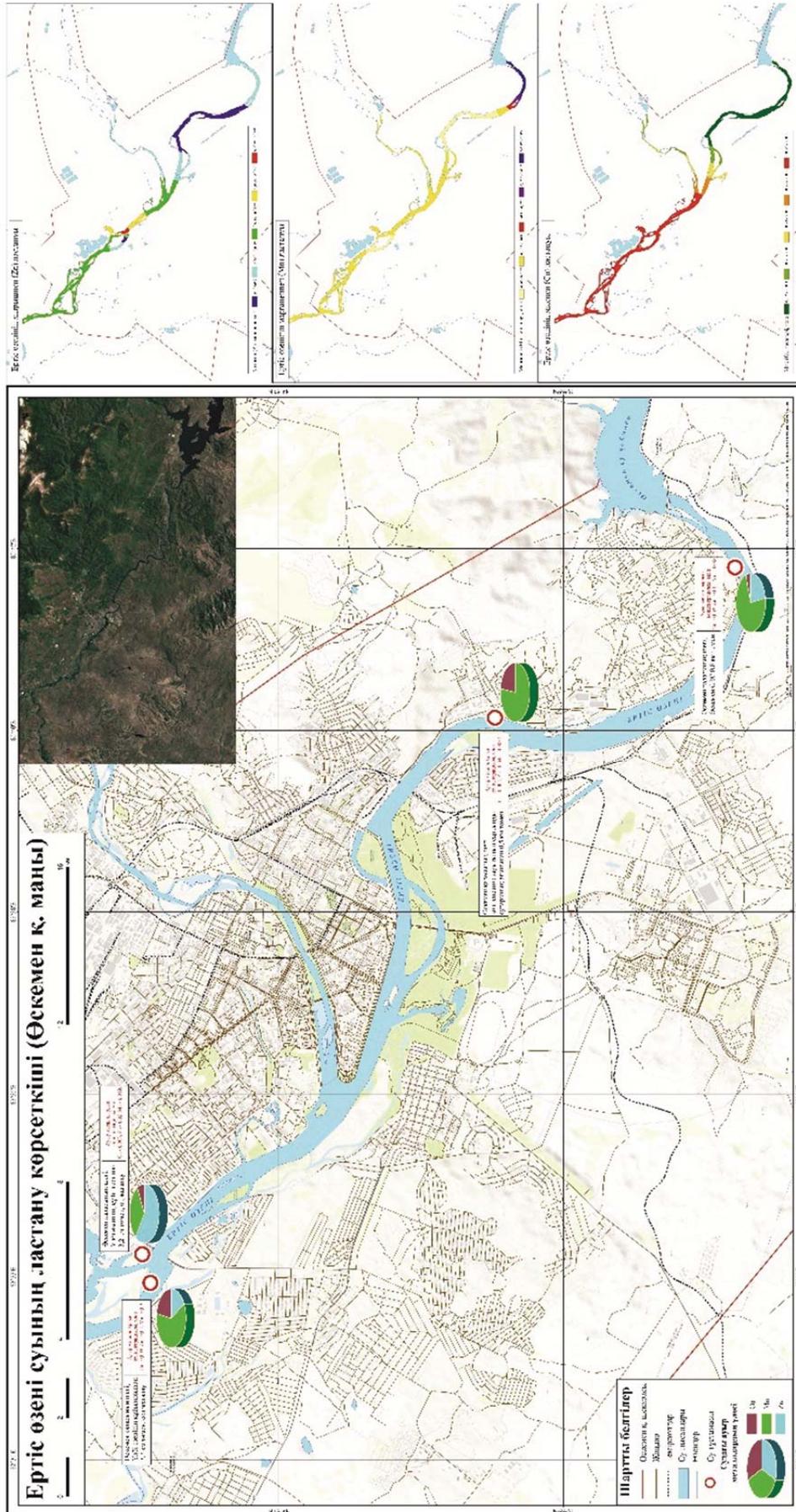
Ауыр металдардың өзен аумағындағы концентрациясы ArcGIS бағдарламасындағы IDW құралының көмегімен анықталды. 7-суретте көрсетілгендей нәтижесінде судағы ауыр металдардың мөлшері, атап айтқанда марганец (Mn) $0,005-0,019$ мг/дм³, мыс (Cu) – $0,002-0,003$ мг/дм³, мырыш (Zn) – $0-0,024$ мг/дм³ аралығын қамтыды.

Ертіс өзені геоэкологиялық бағалау кезінде мыс (Cu), мырыш (Zn), марганец (Mn) жер үсті суының сапасын сипаттайтын ықтимал маңызды ластаушылар ретінде анықталды.

Қорытынды. Қорыта келе, судың сапасын бағалау Ертіс өзені бассейнінің төрт гидрологиялық жармалары бойынша 2024 жылды қамтитын «Қазгидромет» РМК ақпараттық-талдау материалдарының негізінде жүргізілді, атап айтқанда 1) Өскемен СЭС бөгетінен 0,8 км төмен, сарқырама тұсында; 2) Конденсатор зауытының ағынды сулары көзінен 0,5 км төмен, теміржол көпірінен 0,5 км жоғары (оң жағалау); 3) Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Оң жақ Үлбі); 4) Өскемен қ., қала шегінде, Үлбі өзенінің құйылысынан 3,2 км төмен, Понтондық көпірден 0,35 км төмен, титан-магний комбинатының ағынды суларынан 0,5 км төмен (Сол жақ Үлбі). сонымен қатар салыстырмалы тәжірибе «Өскемен қаласының СЭС (су электр станциясы)», «Үлбі Металл зауыты аймақтарында жүргізілді.

Ертіс өзенінің су сапасын зерттеу нәтижелерінің деректерін талдау негізінде қорытынды ретінде келесілерді көрсетуге болады. Концентрацияны жалпы зерттеу арқылы бассейн сипаты бойынша Ертіс өзенінің трансшекаралық ағысын қатты ластанған деп айтуға болмайды. Су сапасының жалпы параметрлері қолайлы болып саналады. Мыс пен басқа да ауыр металдардың бірыңғай жіктеу жүйесінен асып кетуі белгілі бір кезеңдерде және белгілі бір өзен учаскелерінде су тасқынына байланысты байқалды, бірақ өзен суы сапасының айтарлықтай нашарлауына осы уақытқа дейін себеп болған жоқ. Мүмкін себебі, айналасындағы тау-кен жұмыстарынан шыққан минералды шаңның шайылып, өзенге таралуы немесе мыс шөгіндісінің қатты ағыстан бұзылуы.

Зерттеу жұмысында Өскемен қаласы маңындағы нүктелерден алынған Ертіс өзені суының мыс (Cu), мырыш (Zn), марганец (Mn), кадмий (Cd) сияқты ауыр металдармен шекті ластану коэффициенті есептелді. «Қазгидромет» РМК деректері бойынша жүргізілген есептеулер нәтижесі



7-сурет – Ертіс өзенін ластау көрсеткішінің картасы (Өскемен қ. маңы)

Figure 7 – Map of pollution indicators of the Irtysh River (suburbs of Ust-Kamenogorsk)

барлық су сынамаcы алынған нүктелердегі су құрамының мыспен $1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$ – орташа ластанған деңгейін көрсетті, ал марганец деңгейі екі аймақ бойынша, атап айтқанда «Өскемен қаласының СЭС-ында», Үлбі өзенінің оң жақ бөлігінде $1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$ – орташа ластанған. Ең төменгі шекті ластану коэффициенті «Өскемен Конденсатор Зауытына» тиесілі, $-0,81 < K_{\text{ШЛ}} > 0,00$ – таза.

Ал 2024 жылдың желтоқсан айында су сынамаларын алып, атомдық абсорбциялық-спектрофотометрия әдісімен талдау жасалған зертхана қорытындысы шекті ластану коэффициенті «Өскемен қаласының СЭС-ы аймағындағы $1,1 < K_{\text{ШЛ}} > 3$ – орташа ластанған, ал Үлбі өзені (Металл зауыты) аймағында $3,1 < K_{\text{ШЛ}} > 5,0$ – жоғары ластанған деп көрсетті, сондай-ақ екі сынама орнында да ауыр металмен ластану ШРК көлемінен артық болды.

Жүргізілген зерттеулер нәтижелері геоэкологиялық бағалау негізінде ауыр металдардың өзен аумағындағы концентрациясы ArcGIS бағдарламасындағы IDW құралының көмегімен картаға бейнеленді. Карта арқылы Өскемен қаласы шегіндегі Ертіс өзені су сапасының көрсеткіштерін көре аламыз.

Ертіс өзені ластануының айлық көрсеткіші мен орташа көрсеткіші нәтижелері әртүрлі болуы мүмкін. Жыл бойына судың ауыр металдармен ластану деңгейінің өзгеруі табиғи және антропогендік факторлар кешеніне байланысты болады. Дәл көрсеткіштерді алу үшін судың сапасына үнемі мониторинг жүргізіп отыру қажет.

Ертіс өзені су сапасына көп жағдайда Үлбі саласының әсері жоғары екені байқалады. Ертіс трансшекаралық өзенінің өнеркәсіптік, коммуналдық тұрмыстық, ауыл шаруашылығы ағында-рымен ластануын азайту үшін өзеннің су айдынында ғана емес, сонымен бірге негізгі су ағынына елеулі ластануды енгізетін оның салаларында да судың жай-күйіне тұрақты бақылау мен мониторинг жүргізу қажет.

ӘДЕБИЕТ

[1] Ержанов Н. Т., Карабалаева А. Б. Современное экологическое состояние реки Иртыш в пределах Павлодарской области // Гидрометеорология и экология. – 2011. – № 4. – С. 144-147.

[2] Мустафаев Ж. С., Рыскулбекова Л. М. Геоэкологическая оценка качества поверхностных вод речного бассейна с математическим анализом (на примере реки Иле) // Гидрометеорология и экология. – 2021. – № 4. – С. 6-19. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-103-4-6-19>

[3] Романова С., Крупа Е., Серикова А., Алексеев С. Современная гидрохимическая характеристика водных объектов казахстанской части бассейна р. Ертыс // Гидрометеорология и экология. – 2024. – № 1. – С. 121-132. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132>

[4] Krupa E., Romanova S., Serikova A., Shakhvorostova L. A Comprehensive Assessment of the Ecological State of the Transboundary Irtysh River (Kazakhstan, Central Asia) // Water. – 2024. – Vol. 16. – 973 p. <https://doi.org/10.3390/w16070973>

[5] Бурлибаев М. Ж., Амиргалиев Н. А., Шенбергер И. В., Скольский В. А., Бурлибаева, Д. М., Уваров Д. В., Смирнова Д. А., Ефименко А. В., Милуков Д. Ю. Проблемы загрязнения основных трансграничных рек Казахстана. – Алматы, 2014. – Т. 1. – 742 с.

[6] Пузанов А. В., Безматерных Д. М., Рыбкина И. Д., Зиновьева А. Т., Кошелева Е. Д., Ловцкая О. В. Трансграничные проблемы реки Иртыш: современное состояние и прогноз до 2030 года // ResearchGate Logo. – 2021. – С. 299-304.

[7] Мамырбекова Г. К., Калыбекова Е. М., Анапьянова С. Б., Колпакова В. П., Еремеева Ю. Н., Шевцов М. Н. Ертіс өзені су сапасына Үлбі саласының әсері // Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. – 2024. – № 2(102). – С. 341-350 <https://doi.org/10.37884/2-2024/33>

[8] André-Marie Dendievel, Brice Mourier, Aymeric Dabrin, Hugo Delile, Alexandra Coynel, Antoine Gosset, Yohan Liber, Jean-François Berger, Jean-Philippe Bedell. Metal pollution trajectories and mixture risk assessed by combining dated cores and subsurface sediments along a major European river (Rhône River, France) // Environment International. – 2020. – Vol. 144. – P. 16-29. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106032>

[9] Amudham Radha Amal Raj, Prabhakaran Mysamy, V. Sivasankar, B. Sathish Kumar, Kiyoshi Omine, T.G. Sunitha. Heavy metal pollution of river water and eco-friendly remediation using potent microalgal species // Water Science and Engineering. – 2024. – Vol. 17, Is. 1. – P. 41-50. <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.04.001>

[10] Burlibayeva D. M., Burlibayev M. Zh., Christian Opp, Bao Anming. Regime dynamics of hydrochemical and toxicological parameters of the Irtysh river in Kazakhstan // Journal of arid land. – 2016. – Vol. 8, No. 4. – P. 521-532. <https://doi.org/10.1007/s40333-016-0083-y>

[11] Су объектілерінде су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесін бекіту туралы. Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі Су ресурстары комитеті төрағасының 2016 жылғы 9 қарашадағы № 151 бұйрығы.

[12] «Қазақстан Республикасының су объектілерінде су сапасын жіктеудің бірыңғай жүйесін қолдану жөніндегі әдістемелік ұсынымдарды бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрінің 2024 жылғы 14 қарашадағы № 275-ө бұйрығы.

[13] Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // *Heliyon*. – 2020. – Vol. 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>

[14] Steve J. Hill, Andy S. Fisher. Atomic Absorption, Methods and Instrumentation // *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition)*, Academic Press. – 2017. – P. 37-43. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803224-4.00099-6>

[15] Шығыс Қазақстан және Абай облыстары бойынша қоршаған орта жай-күйі жөніндегі ақпараттық бюллетені. – Өскемен, 2024.

[16] Chakraborty S. C., Qamruzzaman M., Zaman M. W. U., Alam M. M., Hossain M. D., Pramanik B. K., Nguyen L. N., Nghiem L. D., Ahmed M. F., Zhou J. L., Mondal M. I. H. Metals in e-waste: occurrence, fate, impacts and remediation technologies // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2022. – Vol. 162. – P. 230-252. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.04.011>

[17] Joy Tuoyo Adu, Frank Ikechukwu Aneke. Evaluation of heavy metal contamination in landfills from e-waste disposal and its potential as a pollution source for surface water bodies // *Results in Engineering*. – Vol. 25. – 2025. – P. 2590-1230. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104431>

[18] Шабанов В. В., Маркин В. Н. Метод оценки качества вод и состояния водных экосистем. – М.: МГУП, 2009. – 154 с.

[19] Хожамуратова Р. Т., Жангабаев Д. М. Роль ГИС-технологии в оценке и анализе современного состояния водных ресурсов // *Экономика и социум*. – 2024. – № 3-1(118). – С. 1018-1020. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-gis-tehnologii-v-otsenke-i-analiza-sovremennogo-sostoyaniya-vodnyh-resursov>

[20] Long X., Liu F., Zhou X., Pi J., Yin W., Li F., Huang S., Ma F. Estimation of spatial distribution and health risk by arsenic and heavy metals in shallow groundwater around Dongting Lake plain using GIS mapping // *Chemosphere*. – 2021. – Vol. 269. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128698>

REFERENCES

[1] Yerzhanov N. T., Karabalaeva A. B. The Current Ecological State of the Irtysh River within the Pavlodar Region // *Hydrometeorology and Ecology*. 2011. No. 4. P. 144-147 (in Russ.).

[2] Mustafayev Zh. S., Ryskulbekova L. M. Geoecological Assessment of Surface Water Quality in a River Basin Using Mathematical Analysis (the Case of the Ile River) // *Hydrometeorology and Ecology*. 2021. No. 4. P. 6-19. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2021-103-4-6-19> (in Russ.).

[3] Romanova S., Krupa E., Serikova A., Alekseev S. Current Hydrochemical Characteristics of Water Bodies in the Kazakhstani Part of the Irtysh River Basin // *Hydrometeorology and Ecology*. 2024. No. 1. P. 121-132. <https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132> (in Russ.).

[4] Krupa E., Romanova S., Serikova A., Shakhvorostova L. A Comprehensive Assessment of the Ecological State of the Transboundary Irtysh River (Kazakhstan, Central Asia) // *Water*. 2024. Vol. 16. 973 p. <https://doi.org/10.3390/w16070973>

[5] Burlibayev M. Zh., Amirgaliev N. A., Shenberger I. V., Skolsky V. A., Burlibayeva D. M., Uvarov D. V., Smirnova D. A., Efimenko A. V., Milyukov D. Yu. Problems of Pollution of the Main Transboundary Rivers of Kazakhstan. Almaty, 2014. Vol. 1. 742 p. (in Russ.).

[6] Puzanov A. V., Bezmaternykh D. M., Rybkina I. D., Zinovyeva A. T., Kosheleva E. D., Lovtskaya O. V. Transboundary Issues of the Irtysh River: Current State and Forecast up to 2030 // *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, September 20-25, 2021, Sochi. Rostov-on-Don, 2021*. P. 299-304 (in Russ.).

[7] Mamyrbekova G. K., Kalybekova E. M., Anapyanova S. B., Kolpakova V. P., Yeremeyeva Yu. N., Shevtsov M. N. Influence of the Ulba Tributary on the Water Quality of the Irtysh River // *Izdenister, Natyzheler – Research and Results*. 2024. No. 2(102). P. 341-350. <https://doi.org/10.37884/2-2024/33> (in Kaz.).

[8] André-Marie Dendievel, Brice Mourier, Aymeric Dabrin, Hugo Delile, Alexandra Coynel, Antoine Gosset, Yohan Liber, Jean-François Berger, Jean-Philippe Bedell. Metal pollution trajectories and mixture risk assessed by combining dated cores and subsurface sediments along a major European river (Rhône River, France) // *Environment International*. 2020. Vol. 144. P. 16-29 <http://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106032>

[9] Amudham Radha Amal Raj, Prabhakaran Mysamy, V. Sivasankar, B. Sathish Kumar, Kiyoshi Omine, T.G. Sunitha. Heavy metal pollution of river water and eco-friendly remediation using potent microalgal species // *Water Science and Engineering*. 2024. Vol. 17, Is. 1. P. 41-50 <https://doi.org/10.1016/j.wse.2023.04.001>

[10] Burlibayeva D. M., Burlibayev M. Zh., Christian Opp, Bao Anming. Regime dynamics of hydrochemical and toxicological parameters of the Irtysh river in Kazakhstan // *Journal of arid land*. 2016. Vol. 8, No. 4. P. 521-532. <https://doi.org/10.1007/s40333-016-0083-y>

[11] On the Approval of a Unified System for Classifying Water Quality in Water Bodies. Order No. 151 of the Chairman of the Water Resources Committee of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated November 9, 2016 (in Kaz.).

[12] «On Approval of Methodological Recommendations for the Application of a Unified System for Classifying Water Quality in Water Bodies of the Republic of Kazakhstan». Order No. 275-o of the Minister of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan dated November 14, 2024 (in Kaz.).

- [13] Briffa J., Sinagra E., Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans // *Heliyon*. 2020. Vol. 6. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04691>
- [14] Steve J. Hill, Andy S. Fisher. Atomic Absorption, Methods and Instrumentation. // *Encyclopedia of Spectroscopy and Spectrometry (Third Edition)*, Academic Press. 2017. P. 37-43 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803224-4.00099-6>.
- [15] Environmental Status Information Bulletin for East Kazakhstan and Abai Regions // Branch of «Kazhydromet» RSE. Ust-Kamenogorsk, 2024 (in Kaz.).
- [16] Chakraborty S. C., Qamruzzaman M., Zaman M. W. U., Alam M. M., Hossain M. D., Pramanik B. K., Nguyen L. N., Nghiem L. D., Ahmed M. F., Zhou J. L., Mondal M. I. H. Metals in e-waste: occurrence, fate, impacts and remediation technologies // *Process Safety and Environmental Protection*. 2022. Vol. 162. P. 230-252 <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.04.011>
- [17] Joy Tuoyo Adu, Frank Ikechukwu Aneke. Evaluation of heavy metal contamination in landfills from e-waste disposal and its potential as a pollution source for surface water bodies // *Results in Engineering*. Vol. 25. 2025. P. 2590-1230. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104431>
- [18] Shabanov V. V., Markin V. N. Method for Assessing Water Quality and the State of Aquatic Ecosystems. Moscow: MGUP, 2009. 154 p. (in Russ.).
- [19] Khojamutova R. T., Zhangabayev D. M. The Role of GIS Technology in the Assessment and Analysis of the Current State of Water Resources // *Economics and Society*. 2024. No. 3-1(118). P. 1018-1020 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-gis-tehnologii-v-otsenke-i-analiza-sovremennogo-sostoyaniya-vodnyh-resursov> (in Russ.).
- [20] Long X., Liu F., Zhou X., Pi J., Yin W., Li F., Huang S., Ma F. Estimation of spatial distribution and health risk by arsenic and heavy metals in shallow groundwater around Dongting Lake plain using GIS mapping // *Chemosphere*. 2021. Vol. 269. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128698>

А. Б. Болатова¹, Л. С. Курбанова^{*2}, Б. Х. Тусупова³,
У. Ш. Мусина⁴, Г. З. Бижанова⁵, Қ. Т. Қырғызбай⁶, С. М. Нурмакова⁷

¹ Магистрант (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Казахстан; aiym.bolatova.01@mail.ru)

^{2*} К. т. н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Казахстан; laura.kurbanova@kaznu.edu.kz)

³ К. т. н., старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Казахстан; tussupova@yandex.ru);

⁴ К. т. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный исследовательский
технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; 07061960@mail.ru)

⁵ Докторант (Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Казахстан; gulfairus82@mail.ru)

⁶ PhD, старший преподаватель (Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Казахстан; kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com)

⁷ К. т. н., ассоциированный профессор (Казахский национальный исследовательский
технический университет им. К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан; s.nurmakova@satbayev.university)

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ РЕКИ ЕРТИС

Аннотация. Проведен анализ экологического состояния бассейна реки Ертис в пределах города Усть-Каменогорска за последние годы. Увеличение антропогенного воздействия в бассейне реки приводит к изменению водного баланса. На основе систематизации и анализа информационно-аналитических материалов РГП «Казгидромет» по загрязнению воды в течении реки Ертис в г. Усть-Каменогорске проведена оценка качества воды и ее геоэкологического состояния. С использованием показателей в воде в районе ГЭС города Усть-Каменогорска, Усть-Каменогорского конденсаторного завода, правой и левой зон реки Ульби рассчитан среднегодовой показатель загрязнения воды тяжелыми металлами. Среднегодовой показатель был сравнен с результатами проб, взятых в р. Ертис в районе ГЭС г. Усть-Каменогорска, р. Ульби (металлозавод) в 2024 году и сделан их анализ. Установлено, что в зависимости от характера водопользования показатели преобладающих загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов меди, цинка, марганца, различаются в местах отбора проб.

Результаты геоэкологической оценки приведены на карте загрязнения реки Ертис тяжелыми металлами, разработанной с использованием ГИС-технологий.

Ключевые слова: геоэкологическая оценка, экология, река, анализ, оценка, антропогенные факторы, загрязнение, предельно допустимая концентрация, предельный коэффициент загрязнения.

A. B. Bolatova¹, L. S. Kurbanova^{*2}, B. H. Tussupova³,
U. Sh. Musina⁴, G. Z. Bizhanova⁵, K. T. Kyrgyzbay⁶, S. M. Nurmakova⁷

¹ Master student (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *aiym.bolatova.01@mail.ru*)

^{2*} Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *laura.kurbanova@kaznu.edu.kz*)

³ Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *tussupova@yandex.ru*)

⁴ Candidate of Technical Sciences, Associated Professor (Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; *07061960@mail.ru*)

⁵ Doctoral Student (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *gulfairus82@mail.ru*)

⁶ PhD, Senior Lecturer (Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; *kyrgyzbay.kudaibergen@gmail.com*)

⁷ Candidate of Technical Sciences, Associated Professor (Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; *m.nurmakova@gmail.com*)

GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CURRENT OF THE STATE ERTIS RIVER WATER QUALITY

Abstract. The article analyzes the ecological state of the Ertis River basin within the city of Ust-Kamenogorsk in recent years. It is noted that increased anthropogenic impact in the Ertis River basin leads to changes in the water balance. Based on the systematization and analysis of informational and analytical materials from RSE «Kazhydromet» regarding water pollution in the Ertis River within Ust-Kamenogorsk, an assessment of water quality and its geoecological state was conducted. Using indicators from water samples taken near the Ust-Kamenogorsk hydroelectric power station, the Ust-Kamenogorsk capacitor plant, and the right and left zones of the Ulbi River, the average annual level of water pollution by heavy metals was calculated. The obtained average annual indicator was compared with the results of samples taken from the Ertis River near the Ust-Kamenogorsk hydroelectric power station and the Ulbi River (metal plant) in 2024, and an analysis was performed. It was established that, depending on the nature of water use, the levels of predominant pollutants, including heavy metals such as copper, zinc, and manganese, vary at different sampling locations. The results of the geoecological assessment were presented on maps of heavy metal pollution in the Ertis River, developed using GIS technologies.

Keywords: geoecological assessment, ecology, river, analysis, assessment, anthropogenic factors, pollution, maximum permissible concentration, maximum pollution coefficient.