

Жәди Асхат Өмірзақұлының 8D08604 – Су қауіпсіздігі білім беру бағдарламасы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алуға ұсынған «Марқакөл көлінің су экожүйесінің қазіргі жағдайын бақылау мен бағалау және су ресурстарын экологиялық сақтау бойынша ұсыныстарды әзірлеу» тақырыбында орындалған зерттеу жұмысына

## **АНДАТПА**

**Тақырыптың өзектілігі.** Қазіргі кезеңде су ресурстарын ұтымды пайдалану мен сақтаудың маңыздылығы арта түскен уақытта, су экожүйелерінің, соның ішінде көлдердің, жай-күйі мен тұрақтылығын интегралды бағалау мәселелері айрықша маңызға ие болуда. Әлемдік тәжірибеде көлдер жаһандық су ресурстарының маңызды құрамдас бөлігі ретінде қарастырылады. Тұрақты даму қағидаттарына негізделген су жүйелерін біріктірілген басқару — бұл адам қажеттіліктері мен жағалаулық және су экожүйелерінің талаптары арасындағы тепе-теңдікті сақтау, өйткені олар экономикалық тұрақтылықты қамтамасыз етіп, адамзат үшін өмірлік маңызы бар экожүйелік қызметтерді ұсынады.

Бұл, ең алдымен, су объектілерінің қазіргі жай-күйін бағалау және болжау міндеттерімен тығыз байланысты. Қазақстан Республикасында су ресурстары мәселесі әрдайым өзекті болып келген. Сонымен қатар, республика аумағында әртүрлі көлемдегі, сапасы мен су көлемі әркелкі көптеген көлдер орналасқан. Шаруашылық тұрғысынан алғанда, Қазақстанның көлдері табиғи ресурстардың маңызды көздерінің бірі болып табылады.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, антропогендік әсерге салыстырмалы түрде ұшырамаған, ерекше қорғалатын табиғи аумақтар (ЕҚТА) құрамына кіретін және ЮНЕСКО-ның дүниежүзілік биосфералық резерваттар желісіне енген су айдындары жаһандық табиғи өзгерістердің мойындалған индикаторлары болып табылады. Осындай бірегей су айдынына Марқакөл көлі жатады. Аталған көл Марқакөл мемлекеттік табиғи қорығының аумағында орналасқан. Қорық GEF, UNDP, WWF, NABU және GTZ халықаралық бағдарламаларының Алтай–Саян биологиялық әртүрлілігін сақтау жөніндегі негізгі ареалы ретінде қорғалады және WWF Living Planet бастамасымен анықталған 200 жаһандық басым экологиялық өңірлердің қатарына кіреді.

Қазақстан 1992 жылғы 5 маусымда Рио-де-Жанейрода қабылданған Биологиялық әртүрлілікті сақтау туралы Конвенцияның (ҚР-да 1994 ж. 19 тамызда № 918 қаулымен бекітілген) тараптарының бірі ретінде, биологиялық алуан түрлілікті сақтау бойынша өз міндеттемелеріне ие. Қазіргі таңда табиғи ортада байқалып отырған елеулі өзгерістер мен антропогендік жүктеменің артуы көлдік экожүйелердің жай-күйін кешенді зерттеудің өзектілігі мен қажеттілігін арттыруда.

Марқакөл көлі Орталық Азиядағы су экожүйелерінің қазіргі жағдайын бағалауға арналған эталондық нысан ретінде қарастырылады. Көлдің

қолжетімсіздігі мен шектеулі режимі жүйелі бақылаулардың сирек жүргізілуіне себеп болып, алынған нәтижелердің ғылыми маңызын арттыра түседі.

Сонымен бірге, көлдің қазіргі экожүйелік жай-күйі мен су ресурстық әлеуетін бағалаудың жаңа нәтижелері гидрологиялық, гидрохимиялық және басқа да сипаттамалардың табиғи көлдер бойынша таралуына қатысты құнды ғылыми ақпарат беруге мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеу Қазақстанда алғаш рет Марқакөл көлінің экологиялық тұрақтылығын бағалауда кешенді экожүйелік тәсілді қолданды. Жұмыс барысында, морфометриялық, гидрофизикалық, гидрохимиялық, және пластикалық ластану көрсеткіштерін талдаумен ұштастыру арқылы көлдің жай күйіне жан жақты баға беріліп, оны сақтап қалуға ұсыныстар әзірленді.

Климаттың өзгеруі, антропогендік жүктеменің артуы және жаңа типтегі ластаушылардың таралуы сияқты жаһандық сын-қатерлер жағдайында көлдің экологиялық жағдайына кешенді баға беру Қазақстан мен тұтас аймақтың экологиялық қауіпсіздігі үшін стратегиялық маңызға ие.

Әлемдік тәжірибе көрсеткендей, таулы көлдер (Титикака, Ыстықкөл, Байкал) климаттық өзгерістердің индикаторлары және ластаушы заттардың аккумуляторлары болып табылады. Алайда Орталық Азия аумағында мұндай кешенді зерттеулер өте сирек жүргізіледі, ал Қазақстан үшін іс жүзінде мүлде жоқ деуге болады. Осы тұрғыдан алғанда, Марқакөлді зерттеу маңызды ғылыми олқылықтың орнын толтырып қана қоймай, ұлттық ғылым үшін де, халықаралық ғылыми қауымдастық үшін де мәнге ие.

**Жұмыстың мақсаты.** Марқакөл көлінің су ортасының қазіргі жағдайына кешенді экологиялық баға беру және оның экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етуге арналған ғылыми негізделген ұсыныстар әзірлеу.

**Жұмыстың мақсатына сәйкес келесі негізгі міндеттер қарастырылды:**

- Марқакөл көлінің морфометриялық сипаттамасы соңғы 60 жылдан кейін жаңартылды;
- Микро- және макропластиктердің жалпы сипаттамасы және таралуы қарастырылды;
- Пластикалық ластанудың су экожүйесіне әсері бағаланды;
- Су ортасының ластаушысы ретінде ауыр металдар және олардың жалпы сипаттамасы, таралуы қарастырылды;
- «Су – су асты шөгінділері» жүйесіндегі ауыр металдардың таралуы зерттелді;
- Марқакөл көлінің су экожүйесін экологиялық сақтау бойынша ұсыныстар дайындалды.

**Зерттеу нысаны** – Марқакөл көлі.

**Зерттеу пәні** – Марқакөл көлінің су экожүйесін экологиялық жай-күйі мен оның тұрақтылық факторлары.

**Зерттеу әдістері.** Зерттеудің әдістемелік базасына 2022–2023 жж. жүргізілген далалық жұмыстар кірді, олардың барысында су, су асты

шөгінділер және беткейлік қабат су сынамалары алынды. Талдау үшін спектрофотометрия, электрометрия, титриметрия және атомдық-абсорбциялық спектрометрия (Shimadzu AA-7000) әдістері қолданылды. Сапаны бақылау стандартты үлгілер мен қайталама өлшеулер арқылы қамтамасыз етілді. Микропластик визуалды микроскопия және сүзгілеу әдістерімен зерттелді, ал оның полимерлік табиғаты спектрлерді салыстырмалы талдау негізінде анықталды. Морфометриялық параметрлер гидрографиялық түсірілім, сандық модельдеу және ArcGIS бағдарламасында деректерді өңдеу арқылы нақтыланды. Қолданылған тәсілдер ISO, UNEP және ДДҰ халықаралық талаптарына сәйкес жүргізіліп, алынған деректердің салыстырмалылығы мен сенімділігін қамтамасыз етті.

**Пайдаланылған мәліметтер.** Зерттеудің ақпараттық мәліметтері есебінде Қазақстан Республикасының статистикалық мәліметтері, «Қазгидромет» РМК-ның гидрохимиялық мәліметтер, метеобекеттердегі ауа температурасы, жауын-шашын мәліметтері, сонымен қатар көпжылдық ғылыми баспалардағы мәліметтер, География және су қауіпсіздігі институтының ғылыми жобаларының базалық қоры пайдаланылған.

Диссертациялық жұмыс Қазақстан Республикасының Ғылым және жоғарғы білім министрлігінің Ғылым комитеті ЖТН № AP14870595 «Марқакөл көлінің су ортасының жай-күйінің мониторингі және микро- мен макропластикпен ластану деңгейін бағалау» гранттық қаржыландыру ғылыми жобалары негізінде дайындалған.

### **Қорғауға ұсынылатын тұжырымдар:**

**I.** Марқакөл көлінің заманауи морфометриялық сипаттамалары жоғары сапалы жаңа сандық батиметриялық модельге негізделген, 60 жыл ішінде алғаш рет негізгі параметрлер нақтыланды. Максималды тереңдігі – 24,87 м, су массасының көлемі – 6,67 км<sup>3</sup>, бұл гидрологиялық модельдеу және экожүйенің экологиялық жағдайын бағалау үшін өзекті физикалық негіз жасайды.

**II.** Орталық Азияның биік таулы көлдері үшін алғаш рет су ортасының микропластикпен ластануының фактісі тіркелді және сандық параметрлері анықталды. Микропластиктің полимерлік құрамы (полипропилен, полиэтилен, полистирол) айқындалды және Марқакөл көлі өзендік ағын арқылы түсетін пластик бөлшектердің соңғы жинақтаушы резервуары болып табылатыны дәлелденді.

**III.** Марқакөл су экожүйесінде ауыр металдармен (Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Cd) ластанудың кеңістіктік таралу заңдылықтарын анықталды. Ластаушы заттардың негізгі түсу арналары – өзен сағалары екені белгіленді. Ластанудың интегралды индексі ( $Z_c=11,6$ ) орташа қауіпті санатқа сәйкес келеді.

**Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңыздылығы.** Зерттеу жұмысының практикалық маңыздылығы алынған нәтижелерді экожүйені қорғау шараларын әзірлеу және ұлттық мониторинг жүйесін жетілдіру барысында табиғатты қорғау органдары, соның ішінде Марқакөл мемлекеттік қорығының әкімшілігі тарапынан қолдану мүмкіндігімен анықталады.

Жиналған деректер UNEP пен ЮНЕСКО-ның халықаралық деректер қорына енгізілуге, су ресурстарын тұрақты басқару бағдарламаларында және гидроэкология мен су қауіпсіздігі саласындағы оқу курстарында пайдалануға жарамды.

**Алынған нәтижелердің жаңалығы:** Зерттеудің ғылыми жаңалығы көлдің морфометриялық сипаттамаларын заманауи цифрлық модельдеу әдістері негізінде жаңартумен, ауыр металдардың таралуының кеңістіктік заңдылықтары мен олардың түсу көздерін айқындаумен, сондай-ақ Орталық Азияның биік таулы су айдындары үшін алғаш рет тіркелген микропластикпен ластануын дәлелдеумен айқындалады. Классикалық гидрохимиялық тәсілдер мен жаңа ластаушы заттарды талдау әдістерін үйлестіру нәтижесінде су экожүйелерінің тұрақтылығын бағалаудың түпнұсқалық экожүйелік әдісі ұсынылды.

**Жұмыстың сыннан өтуі.** Диссертациялық жұмыстың негізгі қағидалары, тұжырымдары және нәтижелері «Марқакөл көлінің су экожүйесінің қазіргі жағдайын кешенді бақылау мен бағалау» тақырыбындағы Жас Сәтбаевшылар республикалық конференциясында (Алматы, 2024) баяндалды.

**Зерттеу жұмысының БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттарымен байланысы.** Жұмыс БҰҰ-ның Тұрақты даму мақсаттарымен (ТДМ) тікелей байланысты:

- ТДМ-6 «Таза су және санитария» – су сапасына кешенді баға беру арқылы;
- ТДМ-13 «Климаттың өзгеруіне қарсы күрес» – көлді климаттық трансформациялардың индикаторы ретінде талдау арқылы;
- ТДМ-15 «Құрлық экожүйелерін сақтау» – бірегей табиғи нысанды қорғау стратегияларын әзірлеу арқылы;
- ТДМ-12 «Жауапты тұтыну мен өндіріс» – қалдықтарды басқару бойынша ұсынымдар арқылы.

**Марқакөл көлінің экологиялық жағдайын жақсартуға бағытталған мынадай шаралар ұсынылды:**

- Ауыр металдардың түсуін, әсіресе атыраулық аймақтарда, тұрақты бақылауды күшейту;
- Бақылау сапасын арттыру үшін масс-спектрометрия әдісін пайдалану;
- Заманауи датчиктермен жабдықталған мониторингтік станциялар желісін ұйымдастыру;
- Спутниктік технологиялар мен пилотсыз жүйелерді қолдану;
- Пластикалық ластанудың алдын алу мақсатында қоқысты бөлек жинау және қайта өңдеу инфрақұрылымын құру, туристік бағыттарда арнайы контейнерлер орнату;
- Жергілікті халықты экологиялық түсіндіру бағдарламаларына тарту.

**Зерттеудің негізгі нәтижелерінің сипаттамалары.**

**Физика-химиялық параметрлерді талдау.** Зерттеу нәтижелері су құрамының төмен минерализациямен (140–180 мг/л), әлсіз сілтілік реакциясымен (рН 7,2–7,8) және маусымға байланысты өзгеретін еріген

оттегінің мөлшерімен (6,1–8,9 мг/л) сипатталатынын көрсетті. Аталған көрсеткіштер экожүйенің климаттық өзгерістерге жоғары сезімталдығын айқындайды және антропогендік жүктеменің артуы жағдайында трофикалық мәртебенің бұзылу қаупін көрсетеді.

**Ауыр металдарды зерттеу нәтижелері.** Судың құрамында ауыр металдардың келесі концентрациялары анықталды: мыс – 0,004–0,018 мг/л, мырыш – 0,012–0,044 мг/л, қорғасын – 0,001–0,006 мг/л, никель – 0,002–0,009 мг/л, кобальт – 0,001–0,004 мг/л, кадмий – 0,0003–0,0012 мг/л. Су асты шөгінділердегі орташа мәндер: мыс – 36 мг/кг, мырыш – 92 мг/кг, қорғасын – 28 мг/кг, никель – 41 мг/кг, кадмий – 0,7 мг/кг. Кеңістіктік талдау нәтижелері ауыр металдардың негізгі түсу арналары өзендік ағындармен байланысты екенін, ал түптік шөгінділер олардың басты аккумуляторы болып табылатынын көрсетті.

### **Марқакөл көлінің су экожүйесін сақтау бойынша ұсыныстар**

Аталған зерттеуде ұсынылған ұсыныстар Марқакөл көлінің экологиялық тепе-теңдігін қамтамасыз етуге бағытталған кешенді іс-шаралардың маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Ұсыныстар су сапасының, су асты шөгінділерінің, сондай-ақ көлдің морфометриялық, гидрофизикалық және гидрохимиялық сипаттамаларының жүйелі мониторингіне негізделген кешенді талдау нәтижесінде әзірленді. Олар экожүйеге тікелей қауіп төндіретін ластану көздерін анықтау нәтижелері мен антропогендік қысым деңгейін ескере отырып дайындалған. Ұсыныстарды іске асыру – көлдің одан әрі деградациясының алдын алу және оның табиғи жағдайын сақтау үшін аса маңызды. Зерттеу барысында пластикалық ластану мәселесімен қатар, ауыр металдар мен фосфаттардың шекті мүмкіндік концентрациялардан асуы сияқты антропогендік факторлардың экожүйеге әсері айқындалды.

Алынған деректерге негізделе отырып, Марқакөл көліндегі су сапасының нормативтік деңгейін сақтау мақсатында келесі негізгі шараларды жүзеге асыру ұсынылады:

1) Браконьерлікті, әсіресе моноталшықты қалдық ау құралдарын (жылтырақ торлар) пайдалануға қатысты, болдырмау үшін күшейтілген шараларды әзірлеу және енгізу. Заманауи технологияларды – дрондарды, автоматтандырылған датчиктерді және спутниктік мониторинг жүйелерін – қолдану мұндай құқықбұзушылықтарды тиімді анықтауға және алдын алуға мүмкіндік береді. Пластикалық қалдықтардың су қоймасына тасталуын болдырмау мақсатында қатаң шаралар енгізу. Бұл шараларға жергілікті деңгейде қалдықтарды қайта өңдеу пункттерін ұйымдастыру және туристік бағыттар бойына пластикті жинауға арналған контейнерлер орнату кіреді.

2) Ауыр металдармен ластанудың антропогендік және табиғи көздеріне мониторинг жүргізуді күшейту, әсіресе кадмий концентрациясының артуы тіркелген Еловка өзені секілді көлге құятын салаларға ерекше назар аудару. Мәселенің ауқымын неғұрлым дәл бағалау үшін масс-спектрометрия секілді заманауи аналитикалық әдістерді қолдану ұсынылады. Сонымен қатар, ауыр металдардың жиналуы мүмкін учаскелерін анықтау мақсатында суасты

шөгінділер мен су ортасындағы олардың құрамын жүйелі түрде сынамалық зерттеу жұмыстарын ұйымдастыру қажет.

3) Су сапасын бақылаудың тұрақты интеграцияланған жүйесін әзірлеу, оған мемлекеттік құрылымдармен қатар жергілікті халықтың қатысуын қамтамасыз ету. Экологиялық құқықбұзушылықтарды тіркеуге арналған мобильді қосымшаларды пайдалану проблемаларды жедел анықтаудың тиімділігін арттыра алады. Су ортасының гидрофизикалық, гидрохимиялық және биологиялық параметрлерін бағалау мақсатында заманауи жабдықтармен қамтылған мониторинг станцияларының желісін құру ұсынылады.

4) Жергілікті тұрғындар мен туристердің пластикалық ластану мәселелері және су қоймасын таза сақтау маңыздылығы жөніндегі хабардарлығын арттыруға бағытталған білім беру бағдарламаларын ұйымдастыру. Бұл бағдарламаларға дәрістер, интерактивті шеберлік сыныптары, экологиялық ойындар мен байқауларды енгізу ұсынылады. Сонымен қатар, көлдің эвтрофикация қаупі және антропогендік әсерді азайту жолдары туралы ақпараттандыруға ерекше назар аудару қажет.

5) Марқакөл көлінде су сапасына жүйелі мемлекеттік мониторинг жүргізуді қайта жандандыру. Бұл ластану деңгейіндегі өзгерістерді жедел анықтауға және тиісті шаралар қабылдауға мүмкіндік береді. Мониторинг деректерімен алмасу және аналитикалық зерттеулердің сапасын арттыру мақсатында мемлекеттік мекемелер мен ғылыми мекемелер арасында тиімді ынтымақтастық орнату қажет.

6) Марқакөл көлі маңында бір реттік пластикалық өнімдерді (ыдыс-аяқ, қаптама және т.б.) пайдалануға заң жүзінде тыйым енгізу, сондай-ақ экологиялық жағынан қауіпсіз материалдарды қолдануды ынталандыру тетіктерін енгізу. Пластикалық қалдықтарды тастауға байланысты жауапкершілікті күшейту, оның ішінде қатаң айыппұлдар енгізу және құқықбұзушылықтарды анықтауға бағытталған тұрақты рейдтер ұйымдастыру ұсынылады.

7) Пластикалық ластануды, соның ішінде су мен су асты шөгінділердегі микропластикке ерекше назар аударып, мемлекеттік экологиялық мониторинг бағдарламасына енгізу. Су айдынын пластикалық қалдықтардан тазарту бойынша тұрақты іс-шаралар ұйымдастыру және пластикті қайта өңдеу мен қайта жарату жүйелерін енгізу қаж.

**Микропластикпен ластану нәтижелері:** Алғаш рет Марқакөл көлінің микропластикпен ластануы дәлелденді. Су құрамында 0,7–3,2 бөлшек/м<sup>3</sup>, ал түптік шөгінділерде 12–48 бөлшек/кг (құрғақ салмаққа шаққанда) анықталды. Морфологиялық талдау талшықтардың басымдылығын (54 %) және фрагменттердің үлесін (38 %) көрсетті, ал гранулалардың мөлшері 8 % құрады. Полимерлік құрам полиэтилен, полипропилен және полистиролдан тұрады.

**Зерттеу жұмысының жариялануы.** Зерттеу нәтижелері 9 ғылыми мақалада, оның ішінде Scopus базасында 6 мақала, News of National academy of sciences of the Republic of Kazakhstan Geology series and technical science (Q3, CiteScore; SJR 2023 – 0.508), Applied Sciences (Q1; Процентиль 79, CiteScore

2023 – 5.3; SJR 2023 – 0.508), EVERGREEN (Q2; Процентиль 59, CiteScore 2023 – 4.3; SJR 2023 – 0.376), Hydrology (Q1, Процентиль 84, CiteScore 2024 – 5.9; SJR 2023 – 0.735), 3 мақала ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған басылымдарда жарық көрді. Сонымен қатар 2 Авторлық құқықпен қорғалатын объектілерге құқықтардың мемлекеттік тізілімге мәліметтерді енгізу туралы куәлік алынды. Сонымен қатар 1 монографияда бірлескен автор.