

## АҢДАТПА

«Балық шаруашылығы су қоймаларының ластану жағдайындағы ақ амур *Ctenopharyngodon Idella Valenciennes* морфогенезін зерттеу» тақырыбында

«8D05101 Биология» мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін Тленшиева Аршын Муратқызының диссертациясына

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы.** Диссертациялық жұмыс әртүрлі балық шаруашылығы суқоймаларынан (Іле өзені мен Қапшағай суқоймасы) ақ амурдың (*Ctenopharyngodon idella*) морфогенезін зерттеуге арналған.

**Диссертация тақырыбының өзектілігі.**

Қазіргі уақытта антропогендік қысымның күшеюі қоршаған ортаға табиғи экожүйелердің тұрақсыздануына, биологиялық әртүрліліктің азаюына және халық арасында түрлі аурулардың артуына алып келеді [1]. Таза ауыз су көзі ретінде қолданылатын су объектілерінің ластануы су организмдерінің, соның ішінде кәсіптік балықтардың тіршілік ету ортасының бұзылуына алып келетіндігі әлемде үлкен алаңдаушылық туғызуда [2]. Сонымен, су организмдерінің биоәртүрлілігі суқоймасының экологиялық жағдайын көрсетеді деп айтуға болады. Бүгінгі таңда Қазақстанда таза өзендерді, көлдерді, суқоймаларын және су ағзаларының басқа да ластанбаған мекендейтін жерлерін табу өзекті мәселе болып табылады [3]. Су объектілерінің ластануының негізгі себептерінің бірі ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіптің бақылаусыз дамуы нәтижесінде пайда болады [4]. Осылайша тек су ғана емес, сонымен қатар жағалау нүктелеріндегі шөгінділері мен топырақтары да әртүрлі ксенобиотиктермен ластанады. Көптеген отандық зерттеушілер Іле өзені мен Қапшағай суқоймасындағы жергілікті және интродукциялық балық түрлерінің, сондай-ақ басқа да су ағзаларының санының азайғанын атап өтті [5-6].

Іле өзені – Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағының негізгі су арналарының бірі. Ол Балқаш көлінің батыс бөлігіне құятын жалпы су ағынының 80% дейін қамтамасыз етеді. 60-70 жылдары өзен ағынын реттеу үшін бөгет пен Қапшағай МАЭС-ы салынды, нәтижесінде көлемі 28,14 км<sup>3</sup> болатын жасанды суқоймасы пайда болды. Қазіргі уақытта Қапшағай суқоймасы Қазақстанның екінші ірі суқоймасы болып табылады, ол тек гидравликалық энергия көзі ғана емес, сонымен қатар суаруға, балық өсіруге арналған суқоймасы және Қапшағай мегаполисі мен Қапшағай облысының тұрғындары үшін демалыс аймағы болып табылады [7].

Осы аталған себептерге байланысты Іле өзені мен Қапшағай суқоймасы антропогендік ластануға ұшырап, су құрамында генотоксиндік белсенділігі бар әртүрлі ластаушы заттардың болуы мүмкін. Көптеген ластаушы заттар су организмдерінің ұрпақсыздығын, зат алмасуының бұзылуын және әртүрлі қызметтерінің өзгерістерін тудыруы мүмкін [8].

Бәрімізге мәлім болғандай, балықтардың және басқа да су ағзаларының

өсуі мен дамуы су ортасында жүреді. Қолайсыз жағдайлардың әсерінен олардың эмбриогенезінің бұзылуы түрдің өміршеңдігі мен тіршілігін төмендететін ақаулар мен кемтарлықтардың пайда болуына, оның нәтижесінде бүкіл популяциялардың жойылуына және биоресурстардың сарқылуына алып келеді [9].

Жоғарыда айтылғандардың барлығы Қазақстанның әртүрлі суқоймаларынан алынатын бағалы кәсіптік балықтардың суын, дамуын және ересек формаларының жай-күйін кешенді зерттеудің маңыздылығы мен қажеттілігін көрсетеді.

**Зерттеу жұмысының мақсаты:** Балық шаруашылығы суқоймаларының ластану жағдайында (Іле өзені, Қапшағай суқоймасы) ақ амур (*Ctenopharyngodon idella*) морфогенезін зерттеу.

**Зерттеу жұмысының міндеттері:**

1. Іле өзені, Қапшағай суқоймасы және тоған шаруашылығы суының химиялық құрамын анықтау.
2. Тәжірибеде ақ амурдың дамуына ауыр металдардың әсерін зерттеу.
3. Ақ амур балығы эмбрионының дамуында Wnt/ $\beta$ -катениннің сигналдық жолында гендердің экспрессиясына ауыр металдардың әсерін анықтау.
4. Қалыпты жағдайда және ауыр металдардың әсерінен ақ амур балығының даму жолындағы тотығу стрессі мен металлотиониннің рөлін зерттеу.
5. Іле өзені, Қапшағай суқоймасы және тоған шаруашылығынан алынған ақ амурдың ересек дараларының ішкі мүшелерінен ауыр металдардың (мырыш, мыс, қорғасын) мөлшерін анықтау.
6. Іле өзені, Қапшағай суқоймасы және тоған шаруашылығынан алынған ересек ақ амур бауырынан металлотионин мөлшерін, супероксиддисмутаза мен каталаза белсенділігін анықтау.
7. Іле өзені, Қапшағай суқоймасы және тоған шаруашылығынан ақ амурдың қан жасушаларына генотоксиндік талдау жүргізу.
8. Іле өзені, Қапшағай суқоймасы және тоған шаруашылығынан ақ амурдың висцеральды мүшелерінің гистокұрылымын зерттеу.

**Зерттеу объектісі:** ақ амур балықтың уылдырықтары, эмбриондары, дернәсілдері, ересек даралары, Іле өзені мен Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен алынған балықтың висцеральдық ішкі мүшелері.

**Зерттеу пәні:** Іле өзені, Қапшағай суқоймасы және тоған шаруашылығы зерттелген нүктелері суының химиялық құрамы, ақ амурдың эмбриогенезі, ауыр металдардың цито және генотоксиндік әсері.

**Зерттеу әдістері.** Диссертациялық жұмыста химиялық, эмбриологиялық, биохимиялық, молекулалық биологиялық, генетикалық, гистологиялық және статистикалық зерттеу әдістері қолданылды.

**Зерттеу жұмысының жаңалығы:**

1. Алғаш рет зерттеу кезеңінде химиялық әдістерді қолдана отырып, Іле өзені және Қапшағай суқоймасынан Zn, Cu және Pb сияқты ауыр металдардың мөлшері балық шаруашылығы суқоймалары үшін ШРК-тен асып түскені анықталды.

2. Алғаш рет ауыр металдардың әсерінен ақ амур балықтың эмбриондарының өлім көрсеткіштері және дернәсілдерінің қалыпты даму жолында анықталған ауытқуларына сүйене отырып, зерттелген АМ-дар қатарында жоғары эмбриотоксиндік және тератогендік әсерлерінің көрсеткіші келесі ретте:  $Pb > Cu > Zn$  екендігі анықталды.
3. Алғаш рет ауыр металдар (Zn, Cu, Pb) ақ амур балығының эмбриональды дамуын реттейтін Wnt/ $\beta$ -катенин сигналдық жолының гендерінің экспрессиясын төмендетіп, эмбриотоксиндік және тератогендік әсерлерге (өлімге және кемтарлыққа) әкелетіні анықталды.
4. Алғаш рет ауыр металдар әсерінен амур балығының металлотионеин ақуызының құрамы, супероксиддисмутаза мен каталаза белсенділігі уақыт пен дозаға байланысты маңызды өзгерістер көрсетіп, тотығу стрессінің активтену белсенділігін анықталды.
5. Алғаш рет Іле өзені мен Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен ақ амурдың ересек дарақтарының висцеральдық мүшелерінде Zn, Cu және Pb мөлшері анықталды.
6. Іле өзені мен Қапшағай суқоймасынан алынған балықтардың қан эритроциттерінің құрылымдық бұзылыстары мен ДНҚ-ның зақымдалуы алғаш рет анықталды.
7. Алғаш рет Іле өзені мен Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен ересек ақ амур балықтың бауырындағы МТ-нің мөлшері СОД және КАТ белсенділігін төмендетуі анықталды. Зерттеуге алынған нүктелерден Іле өзенінің жоғарғы ағысындағы ауыр металдардың концентрациясының көп мөлшерде болуына байланысты, висцеральдық мүшелерде көп жиналуына әкеліп, тотығу стрессінің төмендегенін көрсетті.
8. Гистологиялық және морфометриялық зерттеулер нәтижесі көрсеткендей, зерттеуге алынған әртүрлі нүктелерден ақ амурдың желбезек, бауыр және ішек гистопатологиясы Іле өзені (жоғарғы ағыс) және Қапшағай суқоймасының бөгет маңындағы нүктелерде (№1–№4) басқа топтардан айтарлықтай гистопатологиялық өзгерістерге ұшырағаны алғаш рет анықталды. Ал басқа топтармен салыстырғанда, аз деңгейде гистопатологиялық ауытқулар көрсеткіші болған, ол Қапшағай суқоймасының солтүстік бөлігінде сорғы станциясының жаны (№5) болды.

**Диссертациялық жұмыстың ғылыми-практикалық маңызы:**  
Алынған нәтижелер балықтардың және олардың мекен ету ортасына антропогендік әсер ету жағдайында эмбриогенез туралы ғылыми ақпаратты толықтырады және кеңейтеді. Ақ амур балықтың эмбриогенезіне эксперимент жүзінде ауыр металдардың әсерін анықтау сүйекті балықтардың дамуы туралы білімді айтарлықтай кеңейтеді. Сондай-ақ балықтардың даму процесіне қатысатын маңызды гендердің, балықтардың биохимиялық, генотоксиндік және гистокұрылымдық ерекшеліктерін зерттеу суқоймалардағы ластану деңгейін анықтауға, тіршілік ортасының гидробионттарға қауіптілігін болжау арқылы оны экологиялық білімде, әрі экологиялық мониторинг жүргізуде,

биоалуантүрлілікті сақтау бойынша алдын ала шараларды қарастыруда қолдануға мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университетінің Биоалуантүрлілік және биоресурстар кафедрасының «5В095102 – Биология» мамандығы бойынша 2-курс бакалавриатының «Жасуша биологиясы және гистологиясы» курсы бойынша оқу үдерісіне енгізілді (Қосымша Б). Диссертациялық жұмыстың нәтижелері өндірістік қызметтің қоршаған ортаға және адам денсаулығына әсері бойынша бағытталған балық шаруашылығы суқоймаларын игеруде, сонымен қатар балық өндірісінің экономикасында пайдаланылуы мүмкін.

#### **Қорғауға ұсынылған негізгі ережелер:**

1. Іле өзені және Қапшағай суқоймасындағы Zn, Cu және Pb мөлшері балық шаруашылығы суқоймалары үшін шекті рұқсат етілген көрсеткіштен (ШРК) асты.
2. Ақ амур балықтың эмбриондары мен дернәсілдерінің өлім көрсеткіштері, дамуының ауытқулары бойынша ең үлкен эмбриотоксиндік және тератогендік әсерге ие болуы келесідей:  $Pb > Cu > Zn$ .
3. Ақ амурдың балықтың эмбриологиялық дамуында реттеуші сигналдық жолдардың бірі Wnt/ $\beta$ -катениндегі гендердің экспрессия деңгейі Zn, Cu және Pb әсерінен төмендеді.
4. Ауыр металдармен әсер еткенде амур дернәсілдеріндегі металлотронеиннің мөлшері және антиоксиданттық ферменттердің (СОД, КАТ) белсенділігі айтарлықтай өсті. Керісінше, Іле өзені мен Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен ересек ақ амур балықтардың бауырындағы МТ нәруызының мөлшері мен СОД және КАТ белсенділігі төмендеді.
5. Іле өзені және Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен алынған ақ амур балықтың висцеральдық мүшелерінен ауыр мүшелерінде металдардың (Zn, Cu және Pb) мөлшері ШРК деңгейінен асты, бұл өз кезегінде балық мүшесінде патологиялық процестердің дамуына себеп болды.
6. Іле өзені және Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен алынған ақ амур қан жасушаларынан эритроциттерінде ауытқулар мен ДНҚ зақымдалуын тудырып, жоғары генотоксиндік белсенділікті көрсетті.
7. Ақ амур балықтың желбезек, бауыр және ішек мүшелерінің гистопатологиялық және морфометриялық ауытқулары ең жоғары деңгейде болған - Іле өзенінің жоғарғы ағысы және Қапшағай суқоймасы бөгет маңында болды.

Кешенді жұмыста физика-химиялық талдау, токсикологиялық, эмбриологиялық, молекулалық-генетикалық, биохимиялық, гистологиялық және морфометриялық секілді жоғары ақпараттық әдістерді қолданылып Іле өзені, Қапшағай суқоймасы мен Алматы облысының тоған шаруашылығы сулары зерттелді. Қазақстанның осы суқоймаларынан ауланған бағалы кәсіптік балықтардың бірі – ақ амур дернәсілдерінің морфогенезі және

ересектерінің жағдайы зерттелді.

Жүргізілген жұмыстардың нәтижесінде зерттелетін суқоймаларынан ауыр металдармен ластануы анықталды. Zn, Cu және Pb ауыр металдардың мөлшері балық шаруашылығы суқоймалары үшін ШРК-тен жоғары болды. Тәжірибелерде анықталған ластаушы заттардың (ауыр металдар) әсерінен ақ амурдың эмбриологиялық дамуында жоғары көрсеткіште өліміне және дернәсілдердің морфологиялық аномалияларына әкелетін жағымсыз әсерлері анықталды. Бұл ластаушы заттардың эмбриотоксикалық және тератогендік әсерлерінің негізі Wnt/ $\beta$ -катениндік сигналдық жолындағы маңызды гендерінің экспрессиясының төмендетті және тотығу стрессін белсендірді. Іле өзені және Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен ересек ақ амурдың висцеральды мүшелеріндегі ауыр металдардың анықталды. Сонымен қатар, ДНҚ зақымдануы және висцеральды мүшелердің гистоструктуралық патологияларының анықталуы тәжірибелік деректерді растайды. Ересек балықтардың бауырынан антиоксиданттық ферменттердің (СОД және КАТ) жұмысының және АМ байланыстыратын және тотығу стрессінен қорғайтын металлотионеин ақуызының мазмұнын төмендеді.

Ақ амурдағы анықталған биохимиялық, құрылымдық және мутагендік бұзылыстар тек су мүшелерінің ғана емес, Іле өзені мен Қапшағай суқоймасының жалпы биотасының жай-күйіне, сондай-ақ балық өнімдері мен суды тұтынатын халықтың денсаулығына қатысты белгілі бір алаңдаушылық тудырады.

**Алынған нәтижелерге сүйене отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады:**

1. Іле өзенінің жоғарғы ағысы мен Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен химиялық талдау жүргізгенде келесідей ауыр металдар бар екені анықталды: Pb, Co, Mn, Cd, Cu, Zn, Fe, Ni, Cr, алайда олардың тек үшеуінің мөлшері: Zn, Cu және Pb балық шаруашылығы сулары үшін ШРК-тен асты. Zn, Cu және Pb бойынша ШРК-тен ең жоғары деңгейде асуы Іле өзенінің жоғарғы ағысында, ал ең төменгісі көрсеткіші – Қонаев суқоймасында (сорғы станция жаны) болды. Тоған шаруашылығында ШРК-тен асқан жоқ. Судың рН, судағы еріген оттегі, фосфат, нитрат мен нитриттердің мөлшері барлық зерттеу нүктелерінде ШРК деңгейінде болды.
2. Ақ амурдың дамуына Zn, Cu және Pb әсерін биотестілеу нәтижесінде олардың эмбриоуыттылығы мен тератогенділігі уақыт пен концентрацияға тәуелді екендігі анықталды. Морфологиялық ауытқуларында: омыртқа жотасының қисаюы, саруыз қапшығының ісінуі, қисайған құйрық бөлімі және көз аномалиясы анықталды. Жалпы пайыздық даму бұзылыстары бойынша ең көп 51,6%-да қорғасынның 100ШРК болса, бақылау тобында тек 7,2%-ды құрады. Зерттелген бөлім бойынша: Pb>Cu>Zn реттілігінде эмбриоуыттылық анықталды.
3. Ақ амур дернәсілдеріне Zn, Cu және Pb әсері Wnt/ $\beta$ -катенин сигналдық жолының реттеуші гендері: *Wnt1*, *Gsk3 $\beta$* ,  *$\beta$ -катенин*, *Lef1*, *Axin2*, *Myca*

және *Cd1* экспрессиясы эксперименттік топта бақылау тобына қарағанда төмендеді. Әсіресе мырыштың 100ШРК айтарлықтай мақсатты гендер экспрессиясы төмендесе, ал мыс пен қорғасынның 10ШРК және 100ШРК-де төмендеді.

4. Зерттелетін ауыр металдардың ақ амур балықтың эмбриогенезінде МТ құрамы, СОД және КАТ белсенділігі уақыт мен концентрацияға байланысты көрініс берді. Zn – 100ШРК-те, ал Cu, Pb-ның 10 және 100 ШРК концентрациясында әсер етуі, дамудың 24 сағаттан 144 сағатына дейінгі кезеңде балық дернәсілдерінде МТ деңгейінің, СОД және КАТ ферменттерінің белсенділігінің айтарлықтай жоғарылауын ( $p \leq 0,05$ ) тудырды.
5. Іле өзені, Қапшағай суқоймасының әртүрлі нүктелерінен және тоған шаруашылығынан зерттеуге алынған ақ амурдың висцеральды мүшелерінен Zn, Cu және Pb-ның концентрациясы ШРК-дан статистикалық №5 (Қапшағай суқоймасының солтүстік бөлігі) және №6 (тоған шаруашылығы) зерттеу нүктелерінен басқа нүктелерде металдардың концентрациясы ШРК-тен келесідей реттілікте жоғары болды: бауыр > желбезек > ішек.
6. Қан жасушаларының келесідей морфологиялық аномалиялары анықталды: микроядро, амитоз, ядро инвагинациясы, апоптоз және жасуша вакуоленуі. Эритроциттердің морфологиялық ауытқуларының жалпы пайыздық көрсеткіші бақылау тобымен салыстырғанда: ең жоғарғы Іле өзенінің жоғарғы ағысында 3,9 есе, ал ең төменгі деңгейі Қапшағай суқоймасының солтүстік сорғы станция аймағында (№5) 1,4 есе айырмашылықта болды. ДНҚ зақымдану деңгейі бойынша №1 нүктеде 55,7%; №2 - 51%; №3 - 41%; №4 - 29,5%; №5 - 35% болса, ал бақылау тобында тек 17,5% зақымдануы тіркелді.
7. Іле өзені мен Қапшағай суқоймасынан зерттеуге алынған амур балықтарының бауырындағы антиоксиданттық ферменттер активтілігі (СОД және КАТ) мен металлотioneин мөлшері төмендеді. Бұл өз кезегінде тотығу стрессін туындатады. Сонымен қатар, тотығу стресс көрсеткішінің ең айқын өзгерісі №1 (Іле өзеннің жоғарғы ағысы) зерттеуге алынған нүктеде: МТ мөлшері 1,5 есе; СОД активтілігі 1,7 есе; КАТ активтілігі 2,0 есе төмендеген көрінісін берді.
8. Гистологиялық және морфометриялық зерттеулер нәтижесінде Іле өзені және Қапшағай суқоймасынан алынған ақ амурдағы негізгі гистологиялық өзгерістер келесідей: желбезектерде—екінші ретті желбезек жапырақшаларындағы дегенеративті өзгерістер (ламеллалар), желбезекті эпителий жасушаларының гиперплазиясы мен некрозы; бауырда-қан тамырларының бітелуі, диссе кеңістіктерінің кеңеюі, гидropикалық дегенерация және гепатоциттердің некрозы; ішекте—шырышты қабық асты қабатының ісінуі, қабыну инфильтраттары, ішек бүршіктерінің ұштарында эпителий жасушаларының десквамациялануы болды. Балықтардың ең жоғары өзгерістерге ұшыраған нүктелері Іле

өзенінің жоғары ағысы мен Қапшағай суқоймасының бөгет маңында (№1 - №4), ал аз дәрежеде өзгерістер Қапшағай суқоймасының солтүстік сорғы станцияларының (№5)жанында байқалды. Ал тоған шаруашылығындағы балықтар (№6) сау деп санауға болады.

**Талапкердің жеке үлесі** диссертацияға материал жинауға, алынған нәтижелерді талдауға және сандық мәліметтерді статистикалық өңдеуге тікелей қатысудан тұрады. Автор алынған нәтижелерді өз бетінше талдап, жинақтап, баяндап, тұжырымдар жасады. Диссертация мәтіні ғылыми жетекшілермен келісілген жоспар бойынша жазылды. Бірлескен жарияланымдарға автордың жеке қатысу үлесі бірлескен авторлар санына пропорционалды.

**Жұмыстың ғылыми зерттеу бағдарламасымен байланыстылығы.** Бұл диссертациялық жұмыс ҚР ЖБҒМ ҒК АР14869740 «Іле өзені мен Қапшағай суқоймасының суы мен су шөгінділеріне биотестілеу және зерттелетін экожүйелердің биоәртүрлілігі үшін экологиялық қауіпті болжау» (2022-2024 жж) жобасы аясында орындалды.

**Диссертацияның нәтижелерін сынақтан өткізу.** Диссертациялық жұмыстың зерттеу нәтижелері төмендегі халықаралық ғылыми конференцияларда баяндалды және талқыланылды:

- Студенттер мен жас ғалымдардың «Фараби әлемі» халықаралық ғылыми конферециясы, Қапшағай қаласы, Қапшағай Республикасы, 6-9 сәуір 2020 ж.;

- At the 5th International Scientific Conference «Reviews of Modern Science» (February 1-2, 2024) Zürich, Switzerland;

**Басылымдар.** Диссертацияның негізгі нәтижелері баспадан шыққан 8 ғылыми еңбекте жарияланды, оның ішінде 2 мақала квинтиль көрсеткіші Q2 (SJР – 0.659) және Q3 (SJР – 0.505). Web of Science және Scopus деректер қорына енетін жоғары деңгейдегі ғылыми журналдарда; 4 мақала ҚР ҒЖБМ Ғылым және жоғары білім саласындағы сапаны қамтамасыз ету комитеті ұсынған отандық мерзімді журналдарда; 2 тезис халықаралық конференция материалдарында жарияланды.

**Диссертацияның құрылымы мен көлемі.** Диссертациялық жұмыс 94 мәтіндік бетте жазылды. Оның құрамына нормативтік сілтемелер, белгілеулер мен қысқартулар, кіріспе, әдебиеттерге шолу, зерттеу материалдары мен әдістер, зерттеу нәтижелері және оларды талқылау, қорытынды және 227 пайдаланылған әдебиеттер тізімі кіреді. Диссертация құрамында 26 сурет, 10 кесте бар.