

**ӘЛ-ФАРАБИ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ УНИВЕРСИТЕТІ**

**ӘОК 574.5 (574)**

**Қолжазба құқығында**

**АУБАКИРОВА МОЛДИР ОРНЫКБАЕВНА**

**Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның фондық және антропогенді өзгерген  
суқоймаларын зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде  
бағалау**

**6D060700 – Биология**

**Философия докторы (PhD)  
дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация**

**Ғылыми кеңесшілер:  
б.ғ.д., Крупа Е.Г.,  
PhD докторы, профессор Врба Я.**

**Қазақстан Республикасы,  
Алматы, 2022**

## МАЗМҰНЫ

<b>АНЫҚТАУЛАР</b> .....	4
<b>БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР</b> .....	5
<b>КІРІСПЕ</b> .....	6
<b>1 ЗЕРТТЕУ БАҒЫТЫН ТАҢДАУДЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ</b> .....	12
1.1 Шағын су қоймалардың зоопланктонының зерттелу дәрежесі.....	12
1.2 Биоалуантүрлілікті сақтаудағы шағын су қоймалардың маңызы.....	16
1.3 Зоопланктонның қоршаған орта факторларына бейімделуін зерттеу үшін шағын су қоймалардың маңызы.....	17
1.4 Зоопланктон органикалық және токсинді ластанудың индикаторы ретінде.....	18
<b>2 ЗЕРТТЕУ ОБЪЕКТІСІ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ</b> .....	22
2.1 Далалық зерттеулер.....	22
2.2 Лабораториялық талдау.....	22
2.2.1 Гидрохимиялық талдау.....	22
2.2.2 Фитопланктон сынамаларын камералдық өңдеу.....	23
2.2.3 Зоопланктон сынамаларын камералдық өңдеу.. ..	24
2.3 Статистикалық талдау.....	25
<b>3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ</b> .....	26
3.1 Зерттелген су қоймалардың физикалық-географиялық сипаттамасы.....	26
3.2 Зоопланктонның тіршілік ету жағдайлары.....	28
3.2.1 Гидрохимиялық көрсеткіштер.....	28
3.2.2 Фитопланктон планктонды омыртқасыздардың қоректік базасының негізі ретінде.....	36
3.3 Зоопланктон.....	42
3.3.1 Түрлік құрамы.....	42
3.3.2 Сандық көрсеткіштері.....	45
3.3.3 Доминантты түрлер мен топтардың құрамы.....	48
3.3.4 Зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері.....	52
3.4 Су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалаудағы зоопланктонның рөлі.....	55
3.4.1 Статистикалық талдау.....	55
3.4.2 Әртүрлі антропогендік қысымы бар су қоймалардағы зоопланктон құрылымының салыстырмалы сипаттамасы.....	63
3.4.3 Зоопланктондық қауымдастықтардың индикаторлық көрсеткіштері.....	73
3.5 Зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау....	74
3.5.1 Гидрохимиялық көрсеткіштер негізінде зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау.....	74
3.5.2 Зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде	

зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау....	79
<b>ҚОРЫТЫНДЫ</b> .....	82
<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ</b> .....	86
<b>ҚОСЫМША А</b> .....	102
<b>ҚОСЫМША Ә</b> .....	103
<b>ҚОСЫМША Б</b> .....	104

## АНЫҚТАУЛАР

Осы диссертацияда тиісті анықтамалары бар мынадай терминдер қолданылды:

Фондық су қойма – ластану көздерінің тікелей әсерінен тыс орналасқан су қойма.

Антропогенді өзгерген су қойма – антропогендік әсерге ұшыраған су қойма.

Шағын су қойма – су жинау бассейні 0,01-ден 0,10 км<sup>2</sup>-ге дейінгі ағынсыз суқойма.

Су қойманың қоректік қуаттылығы – гидробионттар пайдаланатын қоректік базаның бөлігі.

Шектеулі рауалы концентрация – заңнамалық ережемен бекітілген санитарлық-гигиеналық немесе балық шаруашылығы нормативі. Оның ең жоғарғы концентрациясы деп химиялық элементтер мен олардың қосылыстарының қоршаған ортадағы адам ағзасына қазіргі және кейінгі ұрпақтардың кез-келген тіршілік ету кезеңінде ұзақ уақыт бойы күнделікті әсер етседе, заманауи әдістермен анықтағанда ешқандай патологиялық өзгерістер мен ауруларды тудырмайды; сонымен қатар экожүйе компоненттеріне және тұтастай алғанда табиғи қауымдастықтарға теріс әсер етпейді.

Шеннон индексі – түрлердің санын және түрлердің жалпы сандық көрсеткіште (бит/экз) немесе қауымдастықтың жалпы биомассасында (бит/мг) таралуын ескеретін алуантүрлілік индексі.

Эвтрофтылық – антропогендік немесе табиғи факторлардың әсерінен су қоймада биогендік элементтердің жинақталуы нәтижесінде су экожүйелерінің биологиялық өнімділігінің артуы.

## БЕЛГІЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Осы диссертацияда келесі қысқартулар қолданылды:

ШРК – шектеулі рауалы концентрация

ОЖСК – Оң жағалау Сорбұлақ каналы

мгО/дм<sup>3</sup> – оттегі миллиграммы / дециметр куб

г/дм<sup>3</sup> – грамм / дециметр куб

мг/дм<sup>3</sup> – миллиграмм / дециметр куб

млн кл. /м<sup>3</sup> – миллион клеткалар / метр куб

мың экз./м<sup>3</sup> – мың экземпляр / метр куб

## КІРІСПЕ

**Жұмыстың жалпы сипаттамасы:** Жұмыс зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымдық көрсеткіштері негізінде Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы шағын су қоймалардың антропогендік өзгеру деңгейін бағалауға арналған.

**Зерттеу тақырыбының өзектілігі:** Қазақстанның оңтүстік-шығысы елдің ең тығыз қоныстанған өңірлерінің бірі болып табылады. Пайдалы қазбаларды өндіру және оларды қайта өңдеу, ауыл шаруашылығын дамыту өңірдің су қоймаларына айтарлықтай антропогендік әсер келтіреді. Елімізде су ресурстарының тапшылығы жағдайында судың сапасын және су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау өзекті міндет болып табылады. Көбінесе табиғи сулардың сапасын бағалау химиялық (ШРК жүйесі), физикалық және санитарлық-микробиологиялық көрсеткіштер негізінде жүзеге асырылады. Химиялық әдістер су көздерінің қауіптілік/жарамдылық деңгейі туралы толық ақпарат алуға мүмкіндік бермейді, өйткені суға түсетін ластаушы заттар әр түрлі химиялық әрекеттесулерге ұшырайды. Сонымен қатар, ластаушы заттар өте көп, олардың барлығын химиялық әдістермен анықтау мүмкін емес. Биологиялық қауымдастықтардың құрылымдық көрсеткіштері су объектілерінің экологиялық жағдайына интегралды баға береді, өйткені тірі организмдер сыртқы жағдайлардың белгілі бір кешеніне бейімделеді. Кері байланыс қағидаты бойынша биологиялық қауымдастықтардың құрылымы жөніндегі деректер су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау, яғни биоиндикация үшін пайдаланылуы мүмкін [1]. Биоиндикация мақсаттары үшін кез-келген қауымдастық пайдаланылуы мүмкін. Жақсы көрсеткіштердің бірі-әртүрлі тіршілік циклдері бар омыртқасыз жануарлармен ұсынылған зоопланктон қауымдастығы болып табылады.

Қазақстанның су қорында 48262 көл және 86 су қоймасы бар. Ең ірілерінің қатарына Каспий және Арал теңіздері, Балқаш, Зайсан, Алакөл, Теңіз көлдері жатады. Ең ірі жасанды су қоймалар Қапшағай, Бұқтырма және Шардара болып табылады. Көптеген көлдер мен су қоймалардың ауданы 10 км<sup>2</sup> аспайды. Шағын су қоймалар санатына ауданы 10 км<sup>2</sup>-ден аз су объектілері кіреді.

Шағын су қоймаларды зерттеудің өзектілігі салыстырмалы түрде жақында танылды [2]. Дәл осы себептен әлемнің әртүрлі аймақтарында су объектілерінің осы санатының гидрофаунасын зерттеуге арналған жарияланымдар аз [2-4]. Қазақстан Республикасы да шағын су қоймалары аз немесе мүлде зерттелмеген елдердің қатарына кіреді, себебі гидробиологиялық зерттеулер елдің балық шаруашылықтық маңызы бар ірі су қоймаларын (Каспий және Арал теңіздері, Балқаш, Зайсан, Марқакөл, Бурабай, Алакөл көлдері, Шардара, Бұқтырма, Шүлбі және Қапшағай су қоймалары) қамтиды [5-16]. Шағын су қоймалардың гидробиологиялық режимін зерттеуге арналған жұмыстар аз [17-21]. Шағын су қоймалардың маңызын жеткілікті бағаламаумен қатар, олардың зерттелмеуінің себебі шағын су қоймалардың санының тым

көптігінде. Мысалы, тек Алматы облысында ауданы 1 км<sup>2</sup>-ден аз 9343 көл және үлкен ауданды 49 су қоймасы тіркелген.

Шағын су қоймалардың және оларды мекендейтін биологиялық қауымдастықтардың ерекшелігі, ең алдымен, шағын су қоймалардың морфометриясына – саяздығы мен ауданы, физика-химиялық жағдайлардың айтарлықтай өзгергіштігімен, су макрофиттерінің кең таралуымен және т. б. байланысты. Шағын су қоймалардың зоопланктонын зерттеу жергілікті және жаһандық биоалуантүрлілікті сақтаудағы су объектілерінің осы типінің рөлін бағалау туралы, әртүрлі қауымдастықтар құрылымының қалыптасу ерекшеліктері және планктонды омыртқасыздардың су ортасының тұрақсыз жағдайларына бейімделуі жөнінде, сондай-ақ зоопланктонның шағын су объектілерінің экологиялық жағдайының биоиндикаторы ретіндегі рөлін бағалау жайлы жаңа ғылыми ақпарат алуға мүмкіндік береді. Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы шағын су қоймаларын зерттеуге басты назар аударылды.

**Зерттеу нысаны:** Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның шағын фондық және антропогенді өзгерген су қоймаларының зоопланктоны.

**Зерттеу пәні:** планктонды омыртқасыздардың түрлік құрамы, саны, биомассасы, доминантты түрлердің құрамы, алуантүрлілігі, өлшемдік көрсеткіштері.

**Жұмыстың мақсаты:** Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы шағын су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау үшін зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымдық көрсеткіштерін зерттеу.

**Зерттеу міндеттері:**

1. Планктонды омыртқасыздардың тіршілік ету жағдайларын зерттеу (су қоймалардың морфометриялық, химиялық және токсикологиялық сипаттамалары, трофикалық жағдайларды сипаттайтын фитопланктон құрылымын зерттеу).

2. Зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштерін зерттеу (түрлердің байлығы, саны, биомассасы, басым топтар мен түрлердің құрамы, өлшемдік көрсеткіштер, Шеннонның алуантүрлілік индексі, түрлердің үстемдік құрылымы –  $\Delta$ -Шеннон индексі).

3. Зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымдық көрсеткіштеріне сыртқы факторлардың әсерін бағалау үшін алынған деректерді статистикалық талдау.

4. Зоопланктондық қауымдастықтардың индикаторлық көрсеткіштерін анықтау.

5. Химиялық талдау деректері мен зоопланктонның көрсеткіштері негізінде зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау.

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы.** Алғаш рет Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның 31 шағын су қоймаларының зоопланктонының түрлік құрамы, сандық және құрылымдық көрсеткіштері бойынша мәліметтер алынды. Зоопланктонда 131 таксон тіркелді (Rotifera – 60%, Cladocera – 22%, Copepoda – жалпы тізімнен 16%-ды құрады). Түрлердің ең көп саны *Brachionus* (11), *Lecane*

(8), *Keratella* (7), *Synchaeta* (6), *Trichocerca* (6), *Daphnia* (8) туыстарының құрамында анықталды. Ескекаяқтылар тобындағы әр тұқымдаста 1-2 түрден кездесті. Cyclopoidea отрядына кіретін 10 түр табылды, Calanoidea отрядынан – барлығы 4 түр табылды. Алғаш рет Қазақстандағы Calanoidea-ның таралуын талдау зерттелген су қоймаларда елдің басқа өңірлерімен (10-20 түр) салыстырғанда отряд түрлерінің едәуір аз саны (4 түр) бар екені анықталды. Алғаш рет шағын су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау үшін зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері анықталды. Органикалық, токсинді немесе аралас ластану деңгейін бағалау үшін зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері, атап айтқанда, зоопланктон түрлерінің құрамы, саны, биомассасы, басым түрлердің құрамы, жеке особьтің орташа массасы, Шеннонның алуантүрлілік индексі, сондай-ақ тератологиялық ауытқулары бар циклоптардың Cyclopoidea өкілдері сияқты көрсеткіштерді қолдануға болатындығы анықталды. Алғаш рет зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайына кешенді бағалау жүргізілді. Олар органикалық ластанудың әртүрлі деңгейімен және аздаған токсинді ластанумен сипатталды.

**Жұмыстың теориялық маңызы.** Зоопланктонның құрылымын қалыптастыру ерекшеліктері және олардың шағын су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалаудағы индикаторлық рөлі туралы жаңа ғылыми мәліметтер жиынтығы алынды.

**Зерттеудің практикалық құндылығы.** Зерттеу нәтижелері шағын су қоймалардың экологиялық жағдайын биоиндикация әдістерімен бағалауға пайдаланылуы мүмкін. Зоопланктон биомассасы негізінде алынған зерттелген су қоймалардың қоректік қуаттылығы бойынша нәтижелер зерттелген су қоймаларда балық өнімділігін бағалауға және осы су қоймада балық аулауды реттеуге мүмкіндік береді.

**Қорғауға ұсынылатын негізгі ережелер.**

- шағын су қоймалар ғаламдық және жергілікті биоалуантүрлілікті сақтауда маңызды рөл атқарады;
- шағын су қоймалар зоопланктофаунасының ерекшелігі олардың тіршілік ету ортасының өзгергіштігіне, атап айтқанда, гидрологиялық, морфометриялық және химиялық көрсеткіштердің гетерогенділігіне байланысты;
- шағын су қоймалардың органикалық ластануының күшеюінің (эвтрофикация) индикаторлық көрсеткіштері зоопланктонның түрлік құрамында ұсақ түрлердің үстемдігінің күшейуі, сандық көрсеткіштердің артуы, зоопланктердің орташа жеке массасының төмендеуі болып табылады;
- сарқынды су жинағыштардың аралас ластануы жағдайында зоопланктондық қауымдастықтардың сукцессияға байланысты қайта құрылу заңдылықтары табиғи процестерден ерекшеленеді;
- сарқынды су жинақтағыштардың сукцессиясының антропогендік сипаты оларды қоректендіретін сарқынды сулардың аралас құрамымен байланысты; органикалық және токсинді заттардың



концентрациясының өзгеруі, сарқынды су жинақтағыштардың зоопланктондық қауымдастықтар құрылымының қалыптасуының негізгі факторлары болып табылады.

**Зерттеудің негізгі нәтижелері және тұжырымдар.** Су объектілерінің органикалық, токсинді және аралас ластануы кезінде зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері анықталды. Зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы шағын су қоймаларының экологиялық жағдайына бағалау жүргізілді.

**Алынған нәтижелер келесідей тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді:**

1. Гидрохимиялық мәліметтерге және фитопланктон биомассасының мөлшеріне сәйкес, зерттелген су объектілерінің көпшілігінде планктонды омыртқасыздардың тіршілік ету жағдайлары қолайлы болды.

2. Зоопланктонда 131 таксон тіркелді. Зоопланктон саны 10,0-328,7 мың экз/м<sup>3</sup>, биомассасы 0,2-5,2 г/м<sup>3</sup>-ға жетті. Зоопланктонда коловраткалар *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris*, *Daphnia magna*, *D. pulex*, ескеаяқтылар *Thermocyclops crassus*, *T. taihokuensis*, *Acanthocyclops trajani* доминантты болды. Шеннонның индексі 0,73-тен 1,30 экз/битке дейін және 0,64 бит/мг-нан 1,19 бит/мг-ға дейін өзгерді.

3. Статистикалық талдауға сәйкес (PCA, RDA) тау су қоймаларында зоопланктонның құрылымын бақылайтын негізгі факторлар судың мөлдірлігі мен нитраттардың мөлшері болды; жазықтықта орналасқан су қоймаларда – температура, минерализация, фосфаттардың мөлшері, қоректік базаның даму деңгейі (фитопланктон биомассасы) және ауыр металдардың мөлшері болды.

4. Зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері анықталды. Су қоймада органикалық ластану жоғарылаған кезде зоопланктонда *Brachionus*, *Chydorus*, *Bosmina*, *Thermocyclops* туыстарының түрлері пайда болады. Зоопланктон саны орта есеппен 10,0-ден 328,7 мың экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассасы 0,2-ден 5,2 г/м<sup>3</sup>-ге дейін артады. Ұсақ бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және ұсақ ескеаяқты шаянтәрізділер *Thermocyclops crassus* және *T. taihokuensis* циклоптары доминанттылық көрсетеді. Шеннонның алуантүрлілік индексі 0,73-тен 1,30 экз/битке дейін және 0,64 бит/мг-нан 1,19 бит/мг-ға дейін артады. Су қойма ауыр металдармен ластанғанда зоопланктонның сезімтал түрлерінің жойылуы нәтижесінде зоопланктонның саны мен биомассасы неғұрлым төмен мәндерге ие болады. Зоопланктонның жалпы сандық көрсеткіштеріндегі бұтақмұртты шаян тәрізділердің (*Cladocera*) үлесі төмендейді, ал циклоптардың *Cyclopoidea* рөлі артады. *Acanthocyclops trajani* циклоптары доминантты болады. Циклоптар популяцияларында тератологиялық ауытқулары бар особьтар үнемі кездеседі. Су объектілерінің аралас ластануы жағдайында зоопланктон тұрақсыз құрылымға ие болады. Токсинді компоненттің үлесінің жоғарылауымен циклоптар *Cyclopoidea* басым болады, ал бұтақмұртты шаян тәрізділердің үлесі төмендейді. Токсинді ластанудың төмендеуімен зоопланктонның құрылымы бұтақмұртты шаян

тәрізділердің биомассасында үстемдіктің жоғарылауына байланысты өзгереді. Тұрмыстық сарқынды сулар есебінен биогендік элементтердің су қоймаға тұрақты түрде келіп түсуі ірі дафниялардың *Daphnia magna* және *Daphnia pulex*-тің жаппай көбеюіне және зоопланктон саны мен биомассасының ұлғаюына ықпал етеді.

5. Гидрохимиялық және зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайына кешенді баға берілді. Жоғарғы Көлсай, Сарыбұлақ, Бартоғай, Қайыңды, Есік, Ортаңғы Көлсай және Жартас көлдері тап-таза, Төменгі Көлсай, Күрті және Алтай көлдері шамалы ластанған су қоймалар санатына жатқызылды. Кайрат, Космос, Али, Первомайка, Деревянное, Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова, Қарасу, Мыкынды, Ақтобеауит, Бидайбекауит, Учбулак және Домалакколь көлдерінде органикалық ластануы жоғары деңгейде болды. Сорбұлақ, ОЖСК 7, ОЖСК 8 су қоймалары органикалық ластану деңгейі орташа дәрежедегі су қоймалар деп бағаланды. Шарбакты, Аякколь, Кызылауит, Алтынколь көлдерінде органикалық ластану деңгейі шамалы ластанған мен қатты ластанған дәрежелер арасында болды. Барлық зерттелген су объектілерінің токсинді ластануы төмен болды.

Диссертацияда қойылған барлық міндеттер орындалды.

**Негізгі ғылыми жұмыстар жоспарымен байланысы.** Диссертация АР08855655 «Сарқынды суларды кәдіге жаратудың ғылыми негіздемесін жасау үшін Сорбұлақ каналы оң жағалауы жетектері экологиялық жағдайын бағалау» (РМК «Зоология институты» ҒК БҒМ ҚР) атты жоба аясында орындалды.

**Жұмыстың апробациясы.** Диссертацияның негізгі нәтижелері 12 баспа басылымында, оның ішінде Scopus және Web of Science базасындағы журналдарда 4 мақалада, Ғылым комитеті тізбесіндегі ғылыми журналдарда 3 мақалада, ғылыми еңбектер жинағында 2 мақалада және халықаралық конференциялар материалдарында 1 тезисте және 2 мақалада жарияланды. Халықаралық конференция материалдарында: 1. Разнообразие зоопланктона горных озер Юго-Востока Казахстана // Экология и сохранение животного мира. – Алматы, Казахстан, 2018. – С.49-54. 2. О зоопланктоне малых водоемов г. Алматы и Алматинской области // Актуальные проблемы биологии и сохранения биоразнообразия. – Алматы, Казахстан, 2019. – С.9-10.; 3. *Acanthocyclops trajani* Mirabdullayev et Defaye (Copepoda, Cyclopoida) as an indicator of the ecological state of water bodies in Kazakhstan // Water, Ecology and Environment. – Бейжинг, Китай, 2020. – С.1-5. Комитет журналдарында: 1. Комплексная оценка экологического состояния накопителей сточных вод системы правобережного Сорбулакского канала // Вестник КазНУ, «Биолог. серия». – 2019, №2 (79), – С. 121-128; 2. Видовое богатство зоопланктона малых озёр Алматинской области // Вестник КазНУ, «Биолог. серия». – 2020, №3 (84), – С. 109-118; 3. Heavy Metals in Fresh Waters of Kazakhstan and Methodological Approaches to Developing a Regional Water Quality Classification // Central Asian Journal of Water Research. – 2020, №6 (2), – С. 19-41. Scopus және Web of Science журналдарында: 1. Tracking pollution and its sources in the catchment-lake system

of major waterbodies in Kazakhstan // Lakes and Reservoirs: Research and Management. – 2020, – Vol. 25, – С. 18-30; 2. Planktonic Invertebrates in the Assessment of Long-Term Change in Water Quality of the Sorbulak Wastewater Disposal System (Kazakhstan) // Water. – 2020. – Vol. 12, №3409; 3. The Role of External Factors in the Variability of the Structure of the Zooplankton Community of Small Lakes (South- East Kazakhstan) // Water. – 2021. – Vol. 13, №962; Checklist and Distribution of Calanoida (Crustacea: Copepoda) in Kazakhstan (Central Asia) // Water. – 2021. – Vol. 13, №2015. Ғылыми еңбектер жинағында: 1. «Методические рекомендации для оценки экологического состояния водоемов по биологическим и химическим показателям». 2018. – С.84-87; 2. «Контроль качества обработки проб зоопланктона». 2019. – С.100-107.

**Диссертация құрылымы.** Диссертация 111 беттен және анықтамалардан, шолулардан және қысқартулардан, кіріспеден, әдебиеттерді, материалдар мен әдістерді шолудан, нәтижелер мен талқылаудан, қорытындыдан, 205 атаудан пайдаланылған дереккөздердің тізімінен, 22 кестеден, 16 суреттен және 3 қосымшадан тұрады.

## ЗЕРТТЕУ БАҒЫТЫН ТАҢДАУДЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ

### 1.1 Шағын су қоймалардың зоопланктонының зерттелу дәрежесі

Шағын су қоймаларды зерттеудің өзектілігі жақында ғана белгілі болды [2]. Дәл осы себептен әлемнің әртүрлі аймақтарында су объектілерінің осы санатындағы гидрофаунаға арналған жарияланымдар аз екені анық [3,22,23]. Американың аридті зонасында орналасқан үш шағын су қоймалары зоопланктонында 49 таксон тіркелген [22]. Мұнда фондық түрлер коловраткалар *Brachionus plicatilis*, *Brachionus angularis*, *Hexarthra fennica* болды. Сирек кездескен түрлер қатарына коловраткалар *Brachionus calyciflorus*, *Keratella tropica*, *Keratella cochlearis*, *Trichocerca elongata*, *Lecane bulla*, *Lecane lunaris*, *Polyarthra dolichoptera*, бұтақмұрттылар *Alona* sp., *Moina macrocopa*, *Moina micrura* және циклоп *Acanthocyclops robustus* кірді. Бұл суқоймада зоопланктонның сандық көрсеткіші 1 ден 20743 экз/м<sup>3</sup> дейін, биомасса 956-дан 5700 мг/м<sup>3</sup> дейін жетті. Доминантты түрлер коловраткалар *K. cochlearis* және *K. tropica* болды. Биомасса бойынша *Daphnia* туысына кіретін бұтақмұрттылар, циклоптар *Microcyclops anceps* және *Metacyclops mendocinus* басымдылық көрсетті.

Малайзияның екі шағын су қоймасының зоопланктонының құрамында 23 және 27 таксон тіркелген [3]. Планктонды омыртқасыздардың саны 62000 ден 78000 экз/м<sup>3</sup>-ге жетті. Доминанттар кешеніне *Brachionus*, *Filinia* және *Polyarthra* туыстары кірді.

Польшадағы шағын көлдердің бірінің зоопланктонында 75 таксон тіркелді [23]. Планктонды жануарлардың саны 876-дан 41600 экз/м<sup>3</sup> дейін өзгерді. Басым түрлер коловраткалар тобынан *Anuraeopsis fissa*, *Brachionus angularis*, *Filinia longiseta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *K. cochlearis* f. *tecta*, *K. quadrata*, *Lecane inermis*, *Polyarthra dolichoptera*, *Pompholyx* sp., *P. sulcata*, *Synchaeta* sp. және *Trichocerca rousseleti* болды. Шеннонның алуантүрлілік индексі 2,22 бит/экз тең болды.

Басқа өңірлердегі сияқты, Қазақстанда да шағын су қоймалардың зоопланктоны толық зерттелмеген. Гидробиологтардың негізгі назары Каспий және Арал теңіздері, Балқаш, Зайсан, Марқакөл, Бурабай, Алакөл көлдері, Шардара, Бұқтырма, Шүлбі және Қапшағай су қоймалары сияқты шаруашылық тұрғыдағы маңызды су қоймаларына аударылады [5-16]. 2008-2010 ж. ж. деректер бойынша Каспий теңізінің Қазақстандық бөлігінің зоопланктонында 37 таксон анықталды [14]. Планктонды омыртқасыздардың саны 3600-ден 150800 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассасы 488,68-ден 1766,5 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді. Зоопланктонның сандық көрсеткіштерінің негізін коловраткалар *Brachionus quadridentatus*, бұтақмұрттылар *Evadne anonyx*, *Podonevadne angusta*, *Podonevadne camptonux*, *Podonevadne trigona*, ескекаяқтылар *Acartia tonsa*, *Calanipeda aqueducticis* құрады. Шеннонның сан бойынша алуантүрлілік индексі орташа есеппен 0,44-тен 1,95 бит/экз-ға дейін және 0,51 бит/мг-дан 2,35 бит/мг-

ға дейін болды. Особьтардың орташа жеке салмағы 0,007-ден 0,012 мг-ға дейін өзгерді.

1969-2013 жылдар аралығында Кіші Арал теңізінің зоопланктонында 37 түр анықталды [12]. Зоопланктонның саны 80-нен 110000 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін жетсе, биомассасы 450-ден 560 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін ұлғайды. Зоопланктондағы басты рөл бұтақмұртты шаянтәрізділер *Evadne anonyx*, *Cercopagis pengoi*, *Podonevadne angusta*, *Podonevadne camptonux* еншісінде болды. Особьтардың орташа жеке салмағы 0,0022-ден 0,0076 мг-ға дейін өзгерді.

Жалпыланған мәліметтер бойынша, 1972-2012 жылдар аралығында Балқаш көлінің зоопланктонының құрамында 312 таксон тіркелген [8-12]. Планктонды жануарлардың сандық көрсеткіштері 19200 – 124300 экз/м<sup>3</sup> және биомасса 500 – 3140 мг/м<sup>3</sup> аралығында болды. Доминанттар кешені бұтақмұртты шаян тәрізділерден *Daphnia galeata*, *Diaphanosoma lacustris*, ескекаяқтылардан *Mesocyclops leuckarti*, *Thermocyclops crassus* және *Arctodiaptomus salinus* түрлерінен құралды.

Зайсан көлінің жануарлар планктонында 2010 жылы 29 таксон тіркелді [6]. Кең таралған түрлер қатарына коловраткалар *Polyarthra dolichoptera*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis tecta*, *Filinia longiseta*, *Brachionus calyciflorus spinosus*, *Notolcha acuminata*, бұтақмұртты шаян тәрізділер *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Simocephalus vetulus*, *Scapholeberis mucronata*, *Moina micrura*, ескекаяқтылар *Cyclops vicinus* және *Mesocyclops leuckarti* кірді. Шеннонның алуантүрлілік индексі орташа есеппен 2,5 бит/мг құрады.

Алакөл көлдерінің планктонды зооценозында 2013 жылы 33 түр бар болған [7]. Коловраткалар *Hexarthra fennica*, *Filinia longiseta longiseta*, *Notholca acuminata acuminata* фондық түрлер қатарына кірген. Зоопланктон саны орта есеппен 68039-дан 276400 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомасса орта есеппен 664,53-тен 796,89 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді. Сандық көрсеткіштердің негізін коловраткалар *Brachionus quadridentatus hyphalmyros*, *B. plicatilis*, диаптомус *Arctodiaptomus (Rhabdodiaptomus) salinus* құрады.

Шардара су қоймасының планктонды омыртқасыздарының түрлік құрамы 2015 жылы 37 таксонды құрады [13]. Су қоймада коловраткалар *Synchaeta stylata*, *S. vorax*, *Polyarthra* sp., *Keratella cochlearis*, *Pompholyx sulcata*, бұтақмұрттылар *Daphnia galeata*, *Leptodora kindtii*, *Diaphanosoma mongolianum*, ескекаяқтылар *Thermocyclops taihokuensis* және *Acanthocyclops trajani* кеңінен таралды. Зоопланктон саны орта есеппен 92900 экз/м<sup>3</sup>, биомассасы 966,0 мг/м<sup>3</sup> жетті. Зоопланктоценоздардың сандық көрсеткіштерінің қалыптасуына коловраткалар *S. stylata*, *Polyarthra* sp., *P. sulcata*, циклоптар *A. trajani* және *T. taihokuensis* үлкен үлес қосты. Особьтардың орташа жеке салмағы 0,0082 мг құрады. Түрлердің үстемдік құрылымын сипаттайтын Δ-Шеннон индексінің мәні теріс болды. Бұл жұмыста зоопланктонның гидрохимиялық және биологиялық көрсеткіштері бойынша алынған мәліметтер негізінде су қойманың экологиялық жағдайына баға беріледі.

Марқакөл планктофаунасы 2008 жылдан 2009 жылға дейін, 23 таксоннан құралды [6]. Су қойма акваториясында коловраткалар *Kellicottia longispina longispina*, *Asplanchna priodonta priodonta*, кладоцера *Daphnia longispina*, ескекаяқтылар *Megacyclops viridis*, *Megacyclops viridis* кең таралған. Зоопланктон саны 220700 экз/м<sup>3</sup>, биомассасы 2900 мг/м<sup>3</sup> жетті. Сандық көрсеткіштердің негізін коловраткалар *Asplanchna priodonta priodonta*, *Keratella cochlearis cochlearis*, *K. longispina longispina*, кладоцера *Daphnia longispina*, ескекаяқтылар *Acanthodiptomus denticornis* және *Arctodiptomus bacillifer* қалады. Шеннонның биомасса бойынша алуантүрлілік индексі 1,02 бит/мг-ға тең болды.

Бурабай көлінің зоопланктонында 2019 жылы 27 түр тіркелді [15]. Ең жиі кездескен коловраткалар *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Keratella cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *Pompholyx complanata*, бұтақмұрттылар *Bosmina kessleri*, *Bosmina longirostris*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Leptodora kindtii*, ескекаяқтылар *Mesocyclops leuckarti*, *Macrocyclops albidus*, *Eudiptomus graciloides* және паразиттік циклоп *Ergasilus sieboldi* болды. Зоопланктон саны 988800 экз/м<sup>3</sup>, биомассасы – 1520 мг/м<sup>3</sup> жетті. Зоопланктон саны мен биомассасының негізін коловраткалар *K. cochlearis*, *P. complanata*, *A. priodonta*, бұтақмұрттылар *C. pulchella*, *B. kessleri* және циклоп *M. leuckarti* қалады. Шеннонның алуантүрлілік индексі 2,31 бит/экз және 2,57 бит/мг болды. Өлшемдік көрсеткіштің орташа мәні 0,0016 мг-ға жетті. Δ - Шеннон индексінің мәні теріс болды. Осы жұмыста гидрохимиялық және биологиялық көрсеткіштер негізінде Бурабайдың экологиялық жағдайына кешенді баға беріледі.

Шулбі су қоймасының зоопланктонында 2010 жылы 31 таксон тіркелді [6]. Су қойманың акваториясында кең таралғандар қатарына коловраткалар *Polyarthra dolichoptera*, *Platyias quadricornis*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis tecta*, *Filinia longiseta*, бұтақмұрттылар *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Sida crystallina*, *Alonella excisa*, *Disparalona rostrata*, *Bythotrephes longimanus*, ескекаяқтылар *Cyclops vicinus* және *Mesocyclops leuckarti* кірді. Шеннонның биомасса бойынша алуантүрлілік индексі орташа есеппен 2,60 бит/мг-ды құрады.

Бұқтырма су қоймасының планктонды жануарлары құрамында 2010 жылы 31 таксон табылды [6]. Суқоймада өте кең таралғандар ішінен коловраткалар *Polyarthra dolichoptera*, *Platyias quadricornis*, *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis tecta*, *Filinia longiseta*, бұтақмұртты шаяндар *Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Sida crystallina*, *Alonella excisa*, *Disparalona rostrata*, *Bythotrephes longimanus*, *Acroperus harpae*, ескекаяқтылар *Cyclops vicinus* және *Mesocyclops leuckarti* ерекшеленді. Шеннонның биомассадағы алуантүрлілік индексі орташа есеппен 2,60 бит/мг-ды құрады.

Қапшағай су қоймасы зоопланктонының құрамында 2016 жылы 50 таксон тіркелді [16]. Планктонды омыртқасыздардың саны орта есеппен 23000 – нан 38000 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді, биомассасы 128,0-261,0 мг/м<sup>3</sup>-ге жетті.

Доминантты кешен шаян тәрізділерден *Diaphanosoma lacustris*, *D. mogolianum* және *Thermocyclops taikhokuensis* құралды. Шеннонның алуантүрлілік индексі орта есеппен 1,62 бит/мг-ден 1,67 бит/мг-ға дейін өзгерді.

Шағын су қоймалардың гидробиологиялық режимі жөніндегі мәліметтер мына [17-21] жұмыстарда келтіріледі. Жоғарыда көрсетілген жұмыстар Орталық, Батыс Қазақстан және Солтүстік Қазақстан облыстарының шағын су қоймаларының зоопланктонын ішінара қамтиды. 2009 жылы Орталық Қазақстанның төрт шағын су қоймасының зоопланктоны 138 түрден тұрды [17]. Зоопланктонның саны 1200-ден 439300 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассасы 27,8-ден 4000 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін болды. Зоопланктонда үстемдік көрсеткен коловраткалар *Brachionus angularis angularis*, ескекаяқтылар *Thermocyclops oithonoides*, *A. trajani* болды. Шеннонның алуантүрлілік индексі 0,97-ден 3,62 бит/экз дейін болды.

Батыс Қазақстанның 5 шағын су қоймасының планктофаунасы 2010 жылы 45 таксоннан тұрды [18]. Көбінесе су қоймада бұтақмұртты шаянтәрізділер *Daphnia magna*, *D. similis*, *Ceriodaphnia reticulata*, *Moina brachiata*, циклоптар *Diacyclops bicuspidatus*, *Microcyclops rubellus* кездесті. Зоопланктонның жалпы саны 100400-ден 456000 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассаның мөлшері 7100-26900 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін ұлғайды. Доминантты түрлерге коловраткалардан *K. quadrata*, бұтақмұрттылардан *D. magna*, *D. longispina*, *D. similis*, *C. reticulata*, циклоптардан *M. rubellus*, *D. bicuspidatus*, диаптомустардан *E. graciloides*, *A. salinus*, *A. ulomskyi* кірді. Шеннонның алуантүрлілік индексі 1,29–2,40 бит/экз және 1,37–2,31 бит/мг аралығында болды.

Ақмола облысының екі шағын су қоймасының зоопланктонында 2009 жылы 11 таксон болды [19-20] және оның құрамында коловраткалар *Hexarthra mira*, *Asplanhna priodonta*, *Keratella quadrata*, бұтақмұрттылар *Daphnia cucullata*, *D. longispina*, *Bosmina longirostris*, *Moina brahiata*, *Ceriodaphnia* sp., ескекаяқтылар *Diaptomus* sp., *Acantacyclops* sp., *Cyclops* sp. болды. Зоопланктон саны биомассасы 5840-48020 мг/м<sup>3</sup> кезінде 3223-176800 экз/м<sup>3</sup> шегінде болды. Зоопланктон құрамында басым болғандар қатарында *D. longispina* және *Cyclops* sp., *Diaptomus* sp. ескекаяқтыларының жыныстық жетілмеген сатыдағы особьтары болды.

Солтүстік Қазақстанның 6 шағын су қоймасының зоопланктоны 2019 жылы 41 таксоннан тұрды [21]. Планктонды омыртқасыздардың саны 18880-ден 125310 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассасы 495,46-дан 25552 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді. Зоопланктонның сандық көрсеткіштерінің негізін *Daphnia pulex*, *Ceriodaphnia* туысының түрлері және диаптомус *Neodiaptomus schmackeri* қалады.

Қорытындылай келе, әдеби мәліметтерді талдау Қазақстанның шағын су қоймаларын зерттеу негізінен зоопланктонның түрлік құрамын анықтауға және саны мен биомассасын есептеуге арналғанын көрсетті. Шағын су қоймалардың зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымы (түрлердің құрамы, түрлердің байлығы, саны, биомассасы, особьтардың орташа массасының мөлшері, Шеннонның алуантүрлілік индексі) туралы мәліметтер келтірілген жарияланымдар айтарлықтай аз. Ал, су қоймалардың экологиялық жағдайын

бағалауда зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштерін пайдалану бойынша жарияланымдар жоқтың қасы [13,15,24]. Салыстырмалы түрде нашар зерттелген, шағын су объектілерінің зерттеу объектілері ретіндегі маңызы қазіргі уақытта бағаланбаған.

## 1.2 Биоалуантүрлілікті сақтаудағы шағын су қоймалардың маңызы

Шағын көлдер мен су қоймалар – әлемдік ландшафттағы су экожүйелерінің ең көп таралған түрлері болып табылады [4]. Оларға су жиналатын алаңы 0,01-ден 0,10 км<sup>2</sup>-ге дейінгі су қоймалар кіреді [2]. Көптеген ландшафттарда, әсіресе ауыл шаруашылығы жақсы дамыған аймақтарда, шағын су объектілері ең таза болып саналады және антропогендік өзгерістерге салыстырмалы түрде аз ұшырайды [25]. Керісінше, су жинау бассейнінің жалпы ауданы үлкен су объектілері қарқынды пайдалану және олардың айналасындағы жер аумақтарын ластау арқылы ластануға көп ұшырайды. Шағын көлдердің көпшілігі ашық ландшафттарда орналасқан [4], күн сәулесімен жақсы жарықтандырылған және оларға көптеген қоректік заттар кіреді. Осыған байланысты шағын су қоймалар жер бетіндегі ең өнімді экожүйелердің бірі болып табылады [26]. Қоректік заттардың, негізінен азот пен фосфордың қоры өз кезегінде планктонды омыртқасыздарды (мысалы, *Daphnia* sp. туыс түрлері) балықтардың жыртқыштығынан қорғауға арналған баспана болатын су өсімдіктерінің дамуына әсер етеді [4,27,28].

Шағын су қоймалардың қоректену типінің алуантүрлілігі (атмосфералық жауын-шашын, жер асты сулары, өзен сулары) олардың гидрохимиялық параметрлерінің, соның ішінде судың минерализациясы және биогендік элементтердің құрамының жоғары гетерогенділігіне әкеледі [29]. Әдеби мәліметтерге сәйкес, бір маусымда шағын су қоймалардағы фосфордың концентрациясы 0,025 мг/дм<sup>3</sup>-ден 1,5 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін және одан жоғары болуы мүмкін [4]. Азот мөлшері 0,001 мг/дм<sup>3</sup>-ден 1,0-2,0 мг/дм<sup>3</sup>-ге дейін өзгеруі мүмкін [4].

Шағын су қоймалардың жоғарыда аталған ерекшеліктері, оның ішінде гидрохимиялық параметрлердің бірыңғай еместігі, тіршілік ету ортасының гетерогенділігі, сондай - ақ антропогендік әсердің әлсіз деңгейі гидроценоздардың (макро-және микро омыртқасыздар, макрофиттер және қосмекенділер) жоғары биоалуантүрлілігін сақтау үшін жағдайлар жасайды [30, 31]. Мысалы, Польшаның екі шағын су қоймаларының зоопланктонында 134 түр тіркелген [32]. Батыс Қазақстанның бес шағын су қоймасының зоопланктонында 87 таксон табылды [18], Орталық Қазақстанның 5 шағын су қоймасының жануарлар планктонында 138 таксон тіркелді [17], Солтүстік Қазақстанның 6 шағын су қоймасының планктондық зооценозында 41 таксон тіркелді [21].

Шағын су объектілері планктонды омыртқасыздардың белгілі бір түрлерінің мекендейтін орны болып табылады. Мысалы, шағын су қоймаларында мекендейтін түрлерге ескекәяқты шаян тәрізділер *Sinodiaptomus* (*Sinodiaptomus*) *sarsi* (Rylov) [33], *Thermocyclops* [34,35] және *Diacyclops* sp. [36]



кіреді. Шығыс Қазақстанның шағын көлдерінде Calanoida отрядының ғылым үшін екі жаңа түрі табылды. Олар *Arctodiaptomus (Arctodiaptomus) naursumensis* Stepanova [37] және *Gigantodiaptomus irtyshensis* Krupa and Stuge [38]. Батыс Қазақстанның таяз көлдерінің бірінен Қазақстан фаунасы үшін екі жаңа түр табылды – *Arctodiaptomus ulomskyi* Chechura және *A. spinosus* (Daday) [18].

Қорытындылай келе, шағын су қоймалардың тіршілік ету ортасының ерекшелігі әртүрлі фаунаның пайда болуына себепші болса, кей жағдайда зерттеудің жеткіліксіз деңгейі ірі су объектілерінен белгісіз жаңа түрлердің сипаттамасына әкеледі.

### **1.3 Зоопланктонның қоршаған орта факторларына бейімделуін зерттеу үшін шағын су қоймалардың маңызы**

Биоалуантүрлілікті сақтаудағы маңызды рөлінен басқа [39-41], шағын су объектілері гидробионттардың су ортасының тұрақсыз жағдайларына, ең алдымен минерализацияның, температураның және қоректік заттардың өзгеруіне бейімделуін зерттеудің үлгі нысаны болып табылады [42]. Шағын су қоймалардың тұрақты тіршілік ортасы және су қауымдастықтарының салыстырмалы тұрақты құрылымы бар ірі су объектілерінен айырмашылығы [5-16], шағын су объектілерінің морфометриялық ерекшеліктеріне байланысты сыртқы факторлардың ауытқуларына өте сезімтал [4]. Тиісінше, гидроценоздардың түрлік құрамы мен құрылымы қысқа уақыт аралығында айтарлықтай өзгеруі мүмкін [29]. Өз кезегінде, сыртқы факторлардың өзгеруіне бейімделу ретінде биологиялық қауымдастықтардың реакциясын зерттеу су объектілерінің экологиялық жағдайының биоиндикациясы үшін қолданылуы мүмкін [15, 43-45]. Кейде шағын су қоймалар фондық күйді сақтайды [25], бұл өз кезегінде планктонды омыртқасыздардың күшті поллютанттардың әрекетіне реакциясын бақылауға мүмкіндік бермейді. Бұл қатты антропогендік әсерге ұшыраған су қоймаларды зерттеу қажеттілігін тудырады.

Планктондық омыртқасыздардың қоршаған орта факторларына бейімделуін зерттеу үшін ыңғайлы модельдік объектілердің бірі сарқынды суларды жинағыштар болып табылады. Сарқынды суларды алдын-ала тазартудың жаһандық тәжірибесіне қарамастан, олардың құрамында ластаушы заттардың көп мөлшері бар, олардың ішінде ауыр металдар [46,47], пестицидтер [48], мұнай өнімдері [49] үлкен қауіп төндіреді. Зоопланктонның ауыр металдарға, пестицидтерге және мұнай өнімдеріне реакциясын зерттеу, ластанудың аралас сипаты бар су ресурстарының сапасын бағалау үшін зоопланктонның қосымша индикаторлық көрсеткіштерін анықтауға көмектеседі. Сарқынды суларды жинағыштардың зоопланктонын зерттеу қажеттілігі мұнымен шектелмейді. Таза тұщы судың өсіп келе жатқан тапшылығы сарқынды суларды қайта пайдалануды қажет етеді [50], бұл тәжірибе әртүрлі елдерде жаһандық мәселе болып, әртүрлі елдерде кеңінен таралуда [51-55]. Мысалы, Испанияда жыл сайын 500 млн.м<sup>3</sup> астам алдын ала тазартылған сарқынды сулар екінші рет пайдаланылады және болашақта бұл көлем 1000 млн. м<sup>3</sup>-ге дейін өседі деп болжануда [53]. Израильде сарқынды

сулардың 80% - дан астамы екінші рет пайдаланылады [54]. Сингапурда суға деген қажеттіліктің 30% - ы алдын ала тазартылған сарқынды сулар есебінен қамтамасыз етіледі. Калифорния мен Техастағы (АҚШ) орасан зор құрғақшылық ауыз су қорын толықтыру үшін алдын ала тазартылған сарқынды суларды екінші рет пайдалануды енгізуді талап етті [54,55].

Әсіресе таза тұщы судың жетіспеушілігі Қазақстан аумағының үлкен бөлігін қамтитын құрғақ аймақтарда сезіледі [56]. Сарқынды суларды жинақтауыштарға сақтау, ластанған сарқынды сулардың табиғи су қоймалар мен жерасты суларына түсу қаупін тудырады [57]. Жоғарыда айтылғандар сарқынды суларды жинағыштардың экологиялық жағдайын объективті бағалау қажеттілігін көрсетеді. Бұл үшін аралас ластану жағдайында зоопланктондық қауымдастықтардың қалыптасу ерекшеліктерін анықтауға бағытталған кешенді зерттеулер қажет. Бұл мәселені шешудегі алғашқы қадам – индикаторлық биологиялық көрсеткіштерді анықтау үшін зоопланктондық қауымдастықтар құрылымының қалыптасу ерекшеліктерін зерттеу және соның негізінде аралас ластану сипаты бар су объектілерінің органикалық және токсинді ластану деңгейін бағалау.

Қорытындылай келе, тұрақсыз гидрологиялық және гидрохимиялық көрсеткіштерімен ерекшеленетін шағын су объектілері гидробионттардың су ортасының тұрақсыз жағдайларына бейімделуін зерттеудің ең оңтайлы үлгі нысаны болып табылып, су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалауға арналған көрсеткіштер аясын кеңейтуге мүмкіндік береді.

#### **1.4 Зоопланктон органикалық және токсинді ластанудың индикаторы ретінде**

Су объектілерінің органикалық ластануын бағалау үшін әдетте түрлердің құрамы, саны, биомассасы, Шеннонның алуантүрлілік индексі және зоопланктондық қауымдастықтардың өлшемдік көрсеткіштері қолданылады [43]. Су экожүйелері органикалық заттармен және биогендік элементтермен байытылу кезінде зоопланктондық қауымдастықтардың түрлер құрамы өзгереді.

Таза олиготрофты және ластанған эвтрофты су қоймаларда планктонды омыртқасыздардың түрлер құрамы айқын ерекшеленеді. Аймақтық-климаттық жағдайларға байланысты оларға тән зоопланктон түрлерінің кешені де әр түрлі болады.

Таза олиготрофты су қоймалардың зоопланктонына тән түрлер коловраткалар *Ascomorpha ovalis*, *Ascomorpha saltans* [58], *Asplanchna herricki*, *Synchaeta grandis*, *Ploesoma hudsoni*, *Conochilus hippocrepis*, *Gastropus stylifer*, бұтақмұрттылар *Limnospira frontosa*, *Holopedium gibberum*, *Daphnia longispina*, *Daphnia hyalina*, *Bosmina longispina* B. *obtusirostris lacustris*, *Bythotrephes longimanus*, *B. cederstroemii*, ескекаяқтылар *Limnocalanus macrurus*, *Heterocope appendiculata*, *Cyclops abyssorum*, *C. scutifer* [43].

Эвтрофты су қоймалардың зоопланктонының түрлік құрамы аймаққа байланысты әр түрлі болады. Мексика көлдерінің зоопланктонында

коловаткалар *Polyarthra vulgaris*, *Trichocerca capucina* және *Conochilus dossuarius* басым болды [59], Испанияның су қоймаларында – бұтақмұрттылар *Ceriodaphnia* sp., *Daphnia cucullata*, *Daphnia parvula*, *Diaphanosoma brachyurum*, циклоптар *Acanthocyclops americanus* [43], Малайзияның су қоймаларында – коловраткалар *Brachionus forficula*, *B. nilsoni*, *Trichocerca* sp. [3], Турцияның су қоймаларында – коловраткалар *K. quadrata* [60], Американың су қоймаларында – коловраткалар *B. bidentata*, *B. urceolaris*, *Polyarthra euryptera*, *Trichocerca cylindrica*, *T. multigrinis*, кладоцералар *Chydorus sphaericus*, циклоптар *Cyclops bicuspidatus thomasi* [61] басым болды. Көбінесе, су қоймаларда органикалық ластану жоғарылған кезде су қоймада коловраткалар *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus*, *B. calyciflorus*, *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Phompolyx sulcata*, кладоцера *Bosmina longirostris* кездеседі [59-62].

Су объектілерінің органикалық ластануы кезінде түрлер құрамындағы өзгерістерден басқа, зоопланктонның сандық көрсеткіштерінде де айтарлықтай өзгерістер болады. Планктонды омыртқасыздардың саны мен биомассасы бастапқыда өседі, бірақ содан кейін қауымдастықтардың таксономиялық және өлшемді құрылымындағы өзгерістерге байланысты әсіресе, биомасса күрт төмендейді [15,24,43]. Эвтрофиялық және гипертрофиялық жағдайларда зоопланктерлердің ең жақсы филтраторлары болып табылатын ірі формаларының саны азаяды. Қауымдастықта даму уақыты қысқа, жоғары сүзу жылдамдығы бар, қоректі үздіксіз тұтынатын және соның арқасында жоғары сандық көрсеткішке жететін [62], ұсақ формалар үстемдік етеді, негізінен коловраткалар *Brachionus angularis*, *B. quadridentatus*, *B. calyciflorus*, *Keratella cochlearis*, *Filinia longiseta*, *Phompolyx sulcata* [3,58-61] басым бола бастайды. Ұсақ түрлердің (коловаткалар, ұсақ кладоцералар, циклоптар) үстемдігінің жоғарылауы [63-68], особьтің орташа жеке массасының төмендеуіне әкеледі. Олиготрофты су қоймаларда көрсеткіш мөлшері 0,025 мг, мезотрофты су қоймаларда – 0,0178, жоғары трофты су қоймаларда – 0,0155, политрофты су қоймаларда – 0,0049 мг жетеді [43,44].

Органикалық ластанудың күшеюіндегі зоопланктондық қауымдастықтар құрылымының өзгеруі олардың қоректік базасы фитопланктондық қауымдастықтардың тиісті өзгерістерімен де байланысты [69]. Фитопланктонда хлорофит балдырларының ірі өкілдері және цианобактериялардың колониалды формалары басым бола бастайды [68,70,71]. Ірі хлорофит балдырлары мен цианобактериялардың басым болуына байланысты фитопланктон биомассасы жоғары деңгейге жетуі мүмкін. Алайда, миоза және цианобактериялар бөлімдерінің өкілдерінің клеткаларының қоректік құндылықтары төмен оларды босминалар мен циклоптардың кейбір ұсақ өлшемді түрлері ғана қолдана алады [66,67,72,73].

Қазіргі кездегі ең қиын міндет – су экожүйелерінің токсинді ластануын бағалау, өйткені планктонды омыртқасыздардың бірнеше түрі ғана улы заттардың көп мөлшеріне бейімделе алады. Айқын токсинді ластануы бар су қоймаларда зоопланктонның сандық көрсеткіштері көбінесе өте төмен деңгейде (28-ден 2222 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін) болады [74], бұл планктонды омыртқасыздарға

тікелей әсерінен басқа, су қойманың бастапқы өнімдеріндегі өзгерістермен байланысты болуы мүмкін. Құрамында ауыр металдар бар қалқыма бөлшектер жарықтың өтуін бұзады, бұл қорекке қатысты құндылығы төмен колониялық түрлердің басым болуы есебінен балдырлар санының азаюына және түрлік құрамының өзгеруіне әкеледі [75]. Зоопланктонның сандық көрсеткіштері қоректік құндылығы төмен балдырлармен қоректенуі байланысты азаяды.

Су объектілерінің токсинді ластануы жағдайында зоопланктондық қауымдастықтардан ең сезімтал түрлер, ең алдымен, кейбір бұтақмұртты шаян тәрізділер жойылады [76]. Ұрықтанған бұтақмұрттылардың жұмыртқалары тыныштық кезеңнен кейін ғана дами алатындығы белгілі, сондықтан оларды дамылдаушылар (демалу) деп атайды. Мұндай жұмыртқалар бұтақмұрттыларды барлық қолайсыз жағдайларға төзуге көмектеседі. Ауыр металдар диапауза жұмыртқасының қабығының айналасында берік құрылым қалыптастыру арқылы бұтақмұртты шаян тәрізділердің жұмыртқадан шығу жылдамдығын бәсеңдетуі мүмкін [77].

Ауыр металдармен ластанған су қоймаларда зоопланктонның доминантты кешені тек ауыр металдардың жоғары концентрациясына төзімді түрлерден тұрады. Төзімді түрлердің арасында ескекаяқтылар [78] ерекшеленеді, олардың токсиканттардың әсеріне төзімділігі генетикалық бейімделуге байланысты. Ауыр металдардың жоғары концентрациясы бар су қоймаларда доминантты кешен көбінесе коловраткалардың *Filinia*, *Keratella*, *Polyarthra* деп аталатын туыстарынан [79,80], *Chydorus sphaericus* және *Bosmina longirostris* бұтақмұрттылардан [72,81] және *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus*, *Mesocyclops leuckarti* және *Acanthocyclops robustus* f. *limnetica* [82], *Acartia tonsa* [74] деген сияқты ескекаяқты шаянтәрізділерден құралады. Токсинді жағдайда *Bosmina* туысының кейбір түрлері олардың қоректену ерекшелігіне байланысты зоопланктонда жетекші рөл атқаруы мүмкін. Себебі осы ұсақ кладоцералар мөлшері 1-15 мкм болатын қалқымалы бөлшектерді жұту қабілетіне ие. Бастапқы өнімділігі төмен жағдайда және құрамында ауыр металдар бар қалқымалы бөлшектердің көп мөлшері болған кезде, тұтынылатын балдырлардың өлшемімен бірдей бейорганикалық бөлшектер осы бұтақмұртты шаян тәрізділер үшін қосымша қорек көзі бола алады [81,84,85].

Зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымдық көрсеткіштерінен басқа, су экожүйесіне токсиканттардың созылмалы енуінің индикаторлық көрсеткіші су омыртқасыздарының популяцияларында морфологиялық ауытқулары бар особьтардың пайда болуы болып табылады [24,74,79,80,86-88]. Көбінесе бұндай құбылыс фуркаларындағы бұтақтардың қысқаруы, циклоптардағы фуркальды қылшықтардың деформациясы және қысқаруы түрінде көрінеді. Мұндай особьтар Қазақстанның ауыр металдармен ластанған барлық су қоймаларынан, соның ішінде Балқаш көлі, Самарқан, Шардара, Ынтымақ су қоймаларынан сипатталды [17,24,87]. Морфологиялық өзгерістер ауыр металдармен ластанған Польша су қоймаларында тіршілік ететін коловраткалардың кейбір түрлерінің популяцияларында тіркелді [80]. Ауытқулар *Keratella cochlearis*-те қысқартылған тікенектер түрінде және

*Polyarthra vulgaris*-тегі жүзбе қанаттарының деформациясы түрінде көрінді. Бразилияның ластанған су қоймаларында тератологиялық ауытқулары бар особьтар негізінен бұтақмұртты шаяндарда тіркелген [89]. Олар *Daphnia gessneri* - де рострумның деформациясы түрінде және құйрық инесінің иілуімен көрінсе, *Ceriodaphnia silvestrii*, *C. pubescens*, *Bosmina longirostris*, *B. tubicen* особьтарында ішектің шамадан тыс ұзаруымен көрініс тапты.

Токсинді ластану жағдайында Шеннонның алуантүрлілік индексі зоопланктонның құрамынан коловаткалармен мен бұтақмұрттылар санының күрт төмендеуі және ұсақ циклоптардың рөлінің күшеюі есебінен төмен деңгейде болады [74,79,80]. Токсинді ластанудың жоғарылауымен тіпті циклоптардың, ең алдымен жыныстық жетілген особьтарының саны азаяды [74,87], бұл сонымен қатар Шеннонның алуантүрлілік индексінің төмен мәнде болуына себепші болады.

Қорытындылай келе, шағын су қоймаларды гидробиологиялық тұрғыдан зерттеу жоғарыда аталған себептерге байланысты сөзсіз ғылыми қызығушылық тудырады. Олардың экологиялық жағдайын бағалау жан-жақты болуы керек, ол үшін зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымын зерттеу және сыртқы факторлардың әсеріне неғұрлым сезімтал көрсеткіштерді анықтау қажет.

## 2 ЗЕРТТЕУ ОБЪЕКТІСІ ЖӘНЕ ӘДІСТЕРІ

### 2.1 Далалық зерттеулер

2015-2020 жылдар аралығында Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы 31 шағын су қоймалар зерттелді. Зерттелген су қоймалардың координаттары 1-кестеде (А қосымшасында) көрсетілген. Әрбір су қоймада ауданына, тереңдігіне және оқшауланған плестар мен құйылулардың болуына байланысты 1-ден 11 станцияға дейін орнатылды (кесте 1). Horiba U-50 құрылғысын қолдана отырып, әр станцияда температура, рН мәндері және ерітілген оттегінің мөлшері анықталды. Судың мөлдірлігі Секки дискісінің көмегімен анықталды. Көлдердің макрофиттері көзбен бағаланды. Сол станцияларда планктонды жануарлардың тіршілік ету жағдайларын сипаттау үшін биогендік элементтерді, минерализация және оңай тотығатын перманганат индексін анықтау үшін су сынамалары іріктелді. Биогендік элементтерді анықтау үшін сынамалар көлемі 0,5 л шыны бөтелкелерге іріктеліп, 1 мл хлороформмен фиксацияланды. Судың перманганат индексін анықтау үшін су үлгілері 0,250 мл шыны ыдыстарда алынды және 1:3 мөлшерде сұйытылған химиялық таза күкірт қышқылын қосу арқылы фиксацияланды. Сынамалар оларды лабораторияға жеткізу сәтіне дейін салқындатылған жерде сақталды. Су қоймалардың токсинді ластануын сипаттау үшін ең қауіпті түрі ретінде таулы аймақта орналасқан су қоймалардан және кейбір су қоймалардан ауыр металдардың (Zn, Си, Cr, Cd, Ni, Pb) 33 сынамасы алынды. Судағы ауыр металдардың үлгілері 0,5 л көлеміндегі пластикалық бөтелкелерге іріктелді.

2019 жылғы маусымда зоопланктонның қоректік базасын сипаттау үшін 9 су қоймадан фитопланктон сынамалары алынды, оның ішінде Төменгі Көлсай, Ортаңғы Көлсай тау көлдерінен 3 сынамадан және Большая Подкова, Малая Подкова, Али, Алтынколь, Первомайка, Деревянное, Косагаш көлдерінен бір-бір сынама жинақталды. Фитопланктон сынамалары 0,5 м тереңдіктен көлемі 1 л пластикалық ыдыстарға іріктелді.

Зоопланктон сынамаларын іріктеу гидрохимиялық сынамаларды іріктеумен қатар жүргізілді. Зоопланктон Джеди планктондық торының көмегімен (ұяшық өлшемі 30 мкм) су түбінен бетіне дейін созу арқылы таңдалды (сурет 1). Фитопланктон мен зоопланктон сынамалары 40% формалинмен соңғы концентрациясы 4%-ға дейін жеткізіліп фиксацияланды [89-91]. Іріктелген материалды одан әрі өңдеу лабораторияда жүргізілді.

### 2.2 Лабораториялық талдау

#### 2.2.1 Гидрохимиялық талдау

Гидрохимиялық параметрлерді талдау үшін стандартты әдістер қолданылды [92,93]. Судағы нитриттер мен нитраттардың концентрациясы спектрофотометриялық әдіспен анықталды. Талдау түріне байланысты Грисс немесе Неслер реактиві, аскорбин немесе сульфосалицил қышқылы бар аммоний молибдаты қолданылды. Оңай тотығатын органикалық заттардың

құрамын анықтау қышқыл жағдайда Кубель әдісімен жүргізілді. Үлгілер үш және төрт рет қайталау арқылы талданды. Судағы ауыр металдардың құрамын анықтау AAS-1 атомдық-абсорбциялық спектрофотометр (Германия) және Agilent 7500 A мас-спектрометрін (Agilent Technologies, АҚШ) (ҚР СО ИСО 17294-2-2006) пайдалана отырып орындалды. Құрылғы әртүрлі су объектілеріндегі өте аз мөлшердегі (micro-trace) химиялық элементтерді анықтауға мүмкіндік береді. Талдау жүргізер алдында талдау жүргізетін сынамалардың барлығына концентрацияланған азот қышқылы ( 200 см<sup>3</sup> суға 1 см<sup>3</sup> азот қышқылы) қосылды. Бағдарламаға сәйкес әрбір сынама аргон тоғында қыздырылды. Agilent 7500-тің сезімталдығы: төменгі масса  $<5 \times 10^{-7}$ , жоғарғы масса  $<1 \times 10^{-7}$ .



Сурет 1 – Джеди планктондық торымен зоопланктон сынамасын іріктеу

### 2.2.2 Фитопланктон сынамаларын камералдық өңдеу

Планктонды балдырлардың түрлерін анықтау үшін анықтауыштар қолданылды [95-105]. Сынамадағы әр түрді санау стандартты әдістермен жүргізілді [89-91]. Фитопланктон үлгілері қараңғыда 3-4 күн тұрды. Тұнба үстіндегі су жиі ұяшықты сифонмен белгілі бір көлемге дейін алынып тасталды. Қараңғыда екінші рет тұндыру алдында (2-3 күн) сынамалар өлшеуіш цилиндрлерге құйылды. Тұндырғаннан кейін олардың көлемі сифонның көмегімен 5-10 см<sup>3</sup> көлеміне жеткізілді. Сынамалар пенициллинді құтыларға құйылды және қосымша 40% формалиннің бір немесе екі тамшысымен фиксацияланды. Балдырлардың санын есептеу үшін 0,9 м<sup>3</sup> Горяев камерасы қолданылды. Зерттелетін сынамадағы клеткалар санына байланысты есеп шынысының бетіндегі жолдардың (квадраттардың) барлығы немесе бір бөлігі есептелді. Сынаманы мұқият шайқағаннан кейін бір сынамадан бірнеше (кемінде үш) тамшыны қайта есептеу жүргізілді. Өсімдік клеткаларының жалпы санын есептеу формула бойынша жүргізілді:

$$N = \frac{n \times v \times 10^6}{w} \quad (1)$$

мұндағы  $N$  –  $1 \text{ м}^3$  судағы клеткалардың саны,  $n$  – Горяева камерасындағы клеткалардың саны,  $v$  – концентрациялаған сынаманың көлемі,  $\text{см}^3$ ,  $w$  – іріктелген су көлемі,  $\text{дм}^3$ .

Балдырлардың әр түрінің биомассасын есептеу клеткалар санын оның жеке массасына көбейту арқылы жүргізілді. Белгілі бір түрдің нақты массасын алу үшін әр түрдің 30 клеткасы өлшенді. Балдырлар клеткаларының көлемі жақын геометриялық фигураға (дөңгелек, цилиндр, эллипсоид, конус) тең болды. Особьтардың үлес салмағы 1 деп қабылданады. Сынамадағы жеке топтардың және бүкіл фитопланктонның жалпы биомассасы әр түрдің көрсеткіштерін қосу арқылы есептеледі.

### 2.2.3 Зоопланктон сынамаларын камералдық өңдеу

Планктондық омыртқасыздар тиісті топтар мен жеке туыстарға арналған анықтауштарды қолдана отырып, түрге дейін анықталды [106-113]. Сынамаларды сандық өңдеу стандартты әдістерді қолдану арқылы [89-91], біздің заманауи модификацияда [114] жүргізілді. Планктонды омыртқасыздарды есептеу олардың көптігіне байланысты үлгінің белгілі бір бөлігінде жүргізілді. Мұқият араластырғаннан кейін мөлшері 1 мл болатын штемпель пипетка көмегімен үлгіден үш бөлік сынама алынды. Осы субпробада барлық кездескен особьтар мен белгілі бір түрлердің жас кезеңдері (ең көп) Богоров камерасында есептелді. Әрі қарай, үлгі бастапқы көлемнің жартысына дейін концентрацияланды. Одан тағы да үш субпроба қайта алынды, зоопланктерлердің жас кезеңдері немесе сирек кездесетін түрлері есептелді. Ал, үлгі қайтадан  $25 \text{ см}^3$ -ге дейін концентрацияланған кезде бүкіл процесс қайтадан қайталанды. Сирек кездесетін түрлердің саны бүкіл үлгіні қарау кезінде табылды. Ескекәяқты шаян тәрізділердің ересек аналықтары, жұмыртқасы бар аналықтары, 1-3 және 4-5 жас кезеңдеріндегі копеподиттері, науплиялары бөлек есептелді және өлшенді. Бұтақ мұртты шаянтәрізділердің ересек аналықтары, жұмыртқа қапшықтары бар аналықтары, аталықтары, жастық кезеңдегі особьтары және науплиялары жеке-жеке есептелді. Зоопланктерлердің жеке салмағын есептеу кезінде сызықтық-салмақтық тәуелділік теңдеулері қолданылды [115]. Шаян тәрізділердің әр түрі үшін дамудың барлық сатыларының саны мен массасы есептелді. Әрі қарай, особьтардың саны және барлық түрлердің салмақтық көрсеткіші организмдердің және тұтастай алғанда қауымдастықтың негізгі топтары бойынша есептелді.

Жеке особьтардың және бүкіл зоопланктонның саны мен биомассасы су қабатының  $1 \text{ м}^3$ -ге келесі формуланы қолдана отырып, есептелді:

$$N = \frac{n \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)}{V_3} \quad (2)$$



мұндағы  $N$  – саны (экз/м<sup>3</sup>),  $n$  – порциядағы ообьтар саны (экземпляр),  $V_1$  – сұйылту көлемі (см<sup>3</sup>),  $V_2$  – субпроба көлемі (см<sup>3</sup>),  $V_3$  – сүзілген су көлемі (м<sup>3</sup>).

Сүзілген судың көлемі мына формула бойынша есептелді:

$$V_3 = h \times \pi r^2 \quad (3)$$

мұндағы  $V_3$  – фильтрленген су көлемі,  $h$  – ауланған қабат тереңдігі,  $\pi$  – математикалық константа ( $\pi \approx 3,14$ ),  $r$  – Джеди торының ішкі радиуысы.

Планктондық қауымдастықтардың құрылымын сипаттау үшін бір үлгідегі түрлердің жалпы және орташа саны, клетканың орташа көлемі (фитопланктон), особьтің орташа жеке массасы (зоопланктон), басым түрлердің саны (саны мен биомассасы бойынша) және Шеннонның алуантүрлілік индексі анықталды. Клетканың орташа көлемі (фитопланктон, мг =10<sup>-6</sup>) және организмнің орташа жеке массасы (мг) (зоопланктон) әр сынама үшін қауымдастықтың жалпы биомассасы ретінде есептеліп, жалпы санға бөлінді.

Доминантты түрлерді бөлу Любарский шкаласы бойынша жүргізілді [116]: абсолютті доминанттардың қатарына қауымдастықтың сандық көрсеткіштерінің 60% – дан астамын құрағандар кірсе, доминанттар қатарына – 31-60%, субдоминанттар қатарына – 10-30%, екінші дәрежелі – 10% - дан аз үлесі бар түрлер кірді.

Primer 6 бағдарламасын қолдана отырып [119] Шеннон индексі екі нұсқада есептелді: түрлердің жалпы санындағы үлесі бойынша (бит/экз) және жалпы биомассадағы түрлердің қатынасы бойынша (бит/мг) [117,118].

Біз  $\Delta$  - Шеннон индексінің мәндерін Шеннон индексінің екі нұсқасы (бит/экз және бит/мг) арасындағы арифметикалық айырмашылық ретінде есептедік.  $\Delta$ - Шеннон индексі қауымдастықтардағы түрлердің үстемдік құрылымын сипаттайды. Қалыпты қауымдастықтарда үлкен өлшемді түрлер басым. Бұл түрлердің биомассада таралуы олардың санына қарағанда біркелкі емес. Басқаша айтқанда, саны бойынша есептелген Шеннонның алуантүрлілік индексінің мәні биомассадағы Шеннонның алуантүрлілік индексінен жоғары болады және  $\Delta$ -Шеннонның мәні оң болады [120]. Керісінше, қалыпсыз қауымдастықтарда ұсақ түрлер басым. Олардың биомасса бойынша таралуы санына қарағанда біркелкі, тиісінше  $\Delta$  - Шеннонның мәні теріс.

Су қойманың қоректік қуаттылығы С.П. Китаев [121] шкаласына сәйкес фитопланктон және зоопланктон биомассасы бойынша берілді.

### 2.3 Статистикалық талдау

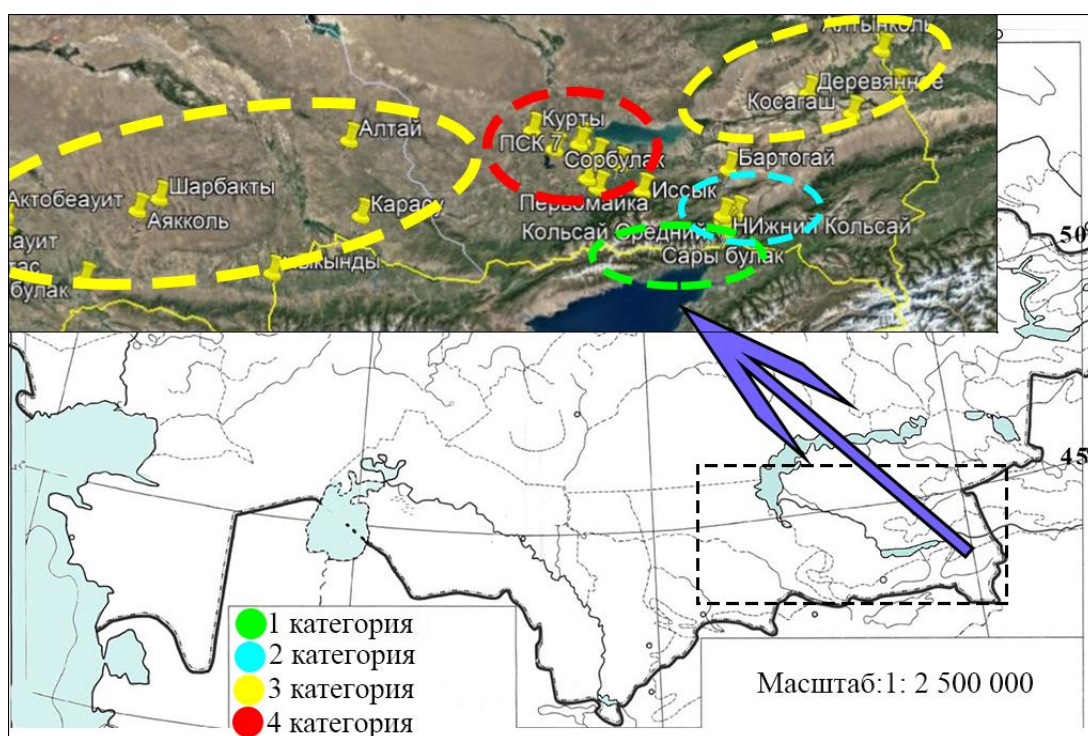
Біз үлгілер арасындағы химиялық көрсеткіштердің айырмашылықтарын BioDiversityPro [122] бағдарламасын қолдана отырып, Брей-Кертис қашықтығына негізделген дендрограмма құру арқылы көзбен көрдік, олардың ұқсастық деңгейі 50% - дан асқанда ғана статистикалық мәні бар деп саналады. Түрлердің ұқсастығын есептеу R -Statistica (R core Team, Вена, Австрия) ботнет пакетіндегі JASP 0.9.0.0 (Jeffrey ' s Amazing Statistics Program) желілік талдауы

[123] арқылы ұқсастық  $p < 0,05$  болғанда жүзеге асырылды. Статистикалық деректерді талдау Statistica 10 бағдарламасын қолдану арқылы жүргізілді [124]. Зоопланктонға әсер ететін негізгі факторларды анықтау үшін Canoco 5 (Microcomputer Power, Итака, Нью-Йорк, АҚШ) бағдарламасын пайдалана отырып, RDA, PCA талдаулары жүргізілді [125].

### 3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ

#### 3.1 Зерттелген су қоймалардың физикалық-географиялық сипаттамасы

Зерттелген су қоймалар Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның жазық және жартылай таулы бөлігінде орналасқан (сурет 2). Аумақ ауа температурасы күрт өзгертін құрғақ (аридті) климаттық аймақта орналасқан [126,127]. Таулы аудандарда қаңтардағы орташа ауа температурасы  $-8^{\circ}\text{C}$ , ал шілдеде  $25^{\circ}\text{C}$  немесе одан да жоғарыға жетеді. Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 500-1600 мм. Жазық жерлерде қыс мезгілі орташа жылы,  $+10^{\circ}\text{C}$  дейін және  $-15^{\circ}\text{C}$  дейін салқындайды, кейде бұл көрсеткіш  $-30^{\circ}\text{C}$ -ге дейін жетеді. Жазда температура  $+32^{\circ}\text{C}$  және оданда жоғары болады. Атмосфералық жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 250-ден 300 мм-ге дейін ауытқиды [128].



Ескертпе. Цифрлармен су қоймалардың категориялары көрсетілген: жасыл – тау су қоймалары, көк- рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, сары – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, қызыл – жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар. Су қоймаларды санаттарға бөлу қағидаттары 3.1-кiшi бөлiмде берiлген.

Сурет 2 – Қазақстанның Оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың орналасу карта-сызбасы, 2015-2020 жж.

Жоғары Көлсай, Ортаңғы Көлсай, Төменгі Көлсай, Сарыбұлақ және Есік көлдері Күнгей Алатау тауларында, Бартоғай су қоймасы Іле Алатау тауларында, қалған су қоймалар тау етегіндегі жазықта орналасқан. Барлық зерттелген су қоймалардың ауданы шағын және олар Іле-Балқаш бассейніне

жатады (кесте 1). Төменгі Көлсай мен Ортаңғы Көлсай көлдері – ең терең, судың мөлдірлігі жоғары және су температурасы төмен болады. Олардың сумен толығыуы аттас өзеннің есебінен жүзеге асырылады. Бартоғай су қоймасы Шелек өзенінің есебінен толады. Тау көлдерінде зерттеу кезінде судың температурасы 9,6-дан 20,0°C - ге дейін өзгерді. Оларда жоғары сатыдағы су өсімдіктері дамымайды [129].

Кесте 1 – Оңтүстік-шығыс Қазақстанның зерттелген суқоймаларының физикалық-географиялық сипаттамасы, 2015-2020 жж. [129]

Су қойманың атауы	Теңіз деңгейінен жоғары биіктік, м	Ауданы, км <sup>2</sup>	Максималды тереңдік, м	Температура, °C	Мөлдірлігі, м	Су өсімдіктерінің дамуы, %
<b>I Тау су қоймалары</b>						
Жоғарғы Көлсай	2642	0,20	2,0	10,1	9,0	0
Ортаңғы Көлсай	2242	0,36	54,0	12,1	9,0	0
Сарыбұлақ	3170	0,02	5,0	22,0	2,0	0
Бартоғай	1089	8,30	42,0	20,0	0,6	0
<b>II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары</b>						
Төменгі Көлсай	1822	0,50	36,6	15,0	17,0	0
Қайыңды	1859	0,05	17,0	9,6	5,5	0
Есік	3352	0,19	12,0	16,0	0,4	0
<b>III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар</b>						
Кайрат	698	0,20	2,2	23,6	0,7	0
Космос	606	0,14	1,6	23,6	0,3	0
Күрті	570	4,20	30,0	27,0	1,5	0
Али	557	0,03	4,0	24,0	2,0	50
Первомайка	672	0,40	6,0	24,0	2,0	50
Деревянное	522	0,60	10,0	23,0	2,0	30
Алтынколь	639	0,40	4,0	24,0	2,0	30
Косагаш	623	0,20	4,0	24,0	1,0	30
Малая Подкова	528	0,40	3,5	27,0	2,0	30
Большая Подкова	529	0,80	2,5	24,0	1,0	35
Актобеауит	429	0,49	1,0	22,7	0,4	80-90
Алтай	752	0,08	4,7	21,8	0,6	50-60
Бидайбекауит	441	0,26	1,5	21,3	0,5	50-60
Жартас	515	0,85	5,5	22,4	0,5	50-60
Карасу	614	0,40	3,0	22,4	0,8	20-30
Мыкынды	697	0,14	3,5	20,4	1,3	40-50
Учбулак	634	0,28	3,0	21,3	0,4	10-20
Домалакколь	614	0,12	1,5	24,8	1,5	70-80
Шарбакты	697	0,31	2,2	23,7	1,5	70-80
Аякколь	614	0,04	1,5	24,5	0,3	70-80
Кызылауит	452	1,83	2,5	23,2	0,5	70-80
<b>IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар</b>						
Сорбұлақ	614	53,20	20,0	28,0	1,5	0
ОЖСК 7	618	4,95	5,0	29,0	0,2	0
ОЖСК 8	615	0,95	2,9	29,7	0,5	0

Жазықтықта орналасқан су қоймалардың ішінде Сорбұлақ және Күрті су қоймалары өте терең. Барлық жазықтықта орналасқан су қоймалардың суы жылы, су температурасы 20,0°C - ден 30,0°C - ге дейін өзгереді. Судың салыстырмалы түрде аз мөлдірлігі бар [129]. Су объектілерінің акваториясы

эртүрлі дәрежеде макрофиттермен толып кетеді. Кіші Каратерен өзенінің суымен қоректенетін Первомайка көлін қоспағанда осы категорияға кіретін қалған көлдердің сумен жабдықтау көздері жер асты сулары болып табылады. Сорбұлақ және Оң жағалау Сорбұлақ каналдары Алматы қаласы мен оның айналасынан алдын ала тазартылған сарқынды сулардың келіп түсуі есебінен толтырылады [129].

Антропогендік әсерлерге ұшырау деңгейі бойынша зерттелген су қоймаларды төрт топқа бөлуге болады: 1) тау су қоймалары, 2) рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, 3) орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, 4) жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар.

Су қоймаларды категорияға бөлу принциптері жұмыста беріледі [120]. Тау су қоймалары (I категория) ауыл шаруашылығы және өнеркәсіп кәсіпорындарынан алыс, шалғай таулы жерлерде орналасқан Жоғарғы Көлсай, Ортаңғы Көлсай, Сарыбұлақ және Бартоғай су қоймалары жатқызылды. Олардың ерекшелігі – тікелей жағалау аймағында антропогендік ластану көздерінің болмауы және су жинау алаңының қалыпты жағдайда болуы. Екінші категорияға Төменгі Көлсай, Қайыңды және Есік таулы аймақта орналасқан көлдер кірді, олар да антропогендік ластану көздерінен алыс орналасқан, бірақ рекреациялық қысымға ұшырайды. Қолда бар деректерге сәйкес [130] осы су экожүйелеріне рекреациялық қысым жыл сайын артып келеді. Мысалы, 2007-2020 жылдар аралығында «Көлсай көлдері» ұлттық табиғи паркінің көлдеріне келген туристер саны 6822-ден 16000 адамға дейін өсті [130]. Үшінші категорияға жазықтықта орналасқан көлдердің біршамасы кірді (Кайрат, Космос, Али, Деревянное, Малая Подкова, Большая Подкова, Первомайка, Алтынколь, Косагаш, Актобеауит, Алтай, Бидайбекауит, Жартас, Карасу, Мыкынды, Учбулак, Домалакколь, Шарбакты, Аякколь, Кызылауит и Күрті). Осы категориядағы су қоймалар су жинау бассейндерінің аумағын ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру, рекреациялық қызмет және мал шаруашылығы үшін пайдалану есебінен ластанады. Төртінші категорияға Сорбұлақ су қоймасы және Оң жағалау Сорбұлақ каналдары кірді. Олардың ластануы Алматы қаласы мен оның маңайындағы алдын ала тазартылған сарқынды сулардың түсуінен болады.

## **3.2 Зоопланктонның тіршілік ету жағдайлары**

### **3.2.1 Гидрохимиялық көрсеткіштер**

Келесі классификацияға сәйкес [131], судың қатты сілтілі реакциясы бар Оң жағалау Сорбұлақ каналдарынан басқа зерттелген су қоймалардың барлығында суы аздап сілтілі болды (кесте 2). Судың минералдану мәніне сәйкес тау су қоймалары аса тұщы (көрсеткіш шамасы  $0,2 \text{ г/м}^3$ -нан кем) немесе тұщы ( $0,2\text{--}0,5 \text{ г/м}^3$ ) болып табылды. Жазықтықта орналасқан су қоймалардың көпшілігінде минерализация тұщы су деңгейінде болды. Бидайбекауит, Шарбакты, Аякколь көлдері мен Сорбұлақ су қоймаларының суы тұздылау

(1,0–3,0 г/м<sup>3</sup>), ал Домалакколь көлі тұзды су қоймасы ретінде жіктелді (3,0–10,0 г/м<sup>3</sup>).

Кесте 2 – Оңтүстік-шығыс Қазақстанның зерттелген суқоймаларының гидрохимиялық сипаттамасы, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Ай, жыл	рН	Мин., г/дм <sup>3</sup>	ПИ, мгО/дм <sup>3</sup>	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>			
					NO <sub>2</sub>	NO <sub>3</sub>	NH <sub>4</sub>	PO <sub>4</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I Тау су қоймалары								
Жоғарғы Көлсай	08.2015	нд	0,10	1,2	0,020	0,516	0,516	дж
Ортаңғы Көлсай	08.2015	8,6	0,12	1,2	0,030	0,344	0,201	дж
	06.2019	7,3	0,07	0,8	0,031	1,101	0,401	0,02
	08.2019	8,0	0,18	нд	0,001	0,102	0,009	0,03
Сарыбұлақ	08.2015	нд	0,03	2,1	0,011	0	0,220	дж
Бартоғай	09.2020	нд	0,24	нд	нд	0,00001	0,390	дж
II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары								
Төменгі Көлсай	08.2015	нд	0,12	1,36	0,028	0,680	нд	дж
	08.2017	8,1	0,15	6,3	0,150	4,410	0,013	дж
	06.2019	7,9	0,19	0,9	0,008	1,301	0,014	0,02
	08.2019	8,3	0,19	нд	0,002	0,101	0,010	0,08
Кайыңды	08.2016	8,1	0,27	4,40	0,050	2,133	0,030	дж
Есік	08.2016	8,1	0,09	6,40	0,025	1,823	0,020	дж
III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар								
Кайрат	07.2017	8,5	0,55	5,30	0,190	0,0001	1,501	дж
Космос	07.2017	7,7	0,50	5,30	0,310	15,310	0,050	дж
Күрті	08.2017	8,3	0,88	5,59	0,160	6,740	0,262	дж
Али	06.2019	7,3	0,41	10,20	0,001	0,701	0,070	0,07
	08.2019	7,8	0,39	8,40	0,001	0,301	0,010	0,09
Первомайка	06.2019	7,5	0,43	10,10	0,030	0,601	0,060	0,07
	08.2019	7,7	0,51	10,10	0,030	0,701	0,010	0,10
Деревянное	06.2019	7,3	0,57	9,20	0,006	0,401	0,010	0,04
	08.2019	8,0	0,57	7,50	0,007	0,601	0,010	0,03
Алтынколь	06.2019	7,6	0,29	9,40	0,270	0,302	0,001	0,10
	08.2019	7,9	0,26	9,60	0,015	0,601	0,005	0,13
Косагаш	06.2019	7,0	0,33	9,60	0,010	0,401	0,005	0,18
	08.2019	8,0	0,34	8,50	0,130	0,801	0,011	0,08
Малая Подкова	06.2019	7,8	0,30	9,10	0,015	0,301	0,041	0,15
	08.2019	7,9	0,40	10,20	0,007	0,301	0,001	0,13
Большая Подкова	06.2019	7,0	0,31	8,90	0,007	0,301	0,005	0,30
	08.2019	7,0	0,42	10,20	0,010	0,401	0,001	0,09
Актобеауит	06.2019	8,2	0,48	6,01	0,009	0,303	0,430	2,56
Алтай	08.2019	8,2	0,65	8,30	0,069	0,850	0,085	2,15
Бидайбеауит	09.2020	7,2	1,16	8,85	0,002	0,301	0,045	4,90
Жартас	09.2020	8,4	0,48	4,85	0,011	0,850	0,135	0,90
Карасу	09.2020	8,4	0,52	4,75	0,013	0,300	0,105	1,01
Мыкынды	09.2020	8,7	0,57	5,75	0,018	0,505	0,075	0,35
Учбулак	09.2020	8,4	0,91	5,47	0,012	1,201	0,170	0,42
Домалакколь	09.2020	7,6	3,31	7,85	0,018	0,950	0,180	1,59
Шарбакты	07.2019	8,6	1,01	5,95	0,190	0,650	0,190	1,10
	06.2020	7,4	0,13	8,60	0,023	1,550	0,290	1,70

2 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аякколь	06.2020	8,3	0,8	7,10	0,010	0,550	0,160	1,49
	09.2020	7,1	1,40	9,30	0,018	1,701	0,810	1,72
Кызылауит	06.2020	8,2	0,45	6,40	0,007	0,401	0,175	0,36
	09.2020	8,1	0,43	6,01	0,029	0,950	0,301	1,32
IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар								
Сорбулақ	07.2017	9,5	1,23	11,19	0,040	0,740	0,520	дж
ОЖСК 7	07.2017	10,3	0,51	21,8	1,06	4,62	0,47	дж
ОЖСК 8	07.2017	9,9	0,58	10,9	0,02	0,35	0,35	дж
Ескертпе. ПИ – перманганаттық индекс, мин – минерализация, дж – деректер жоқ.								

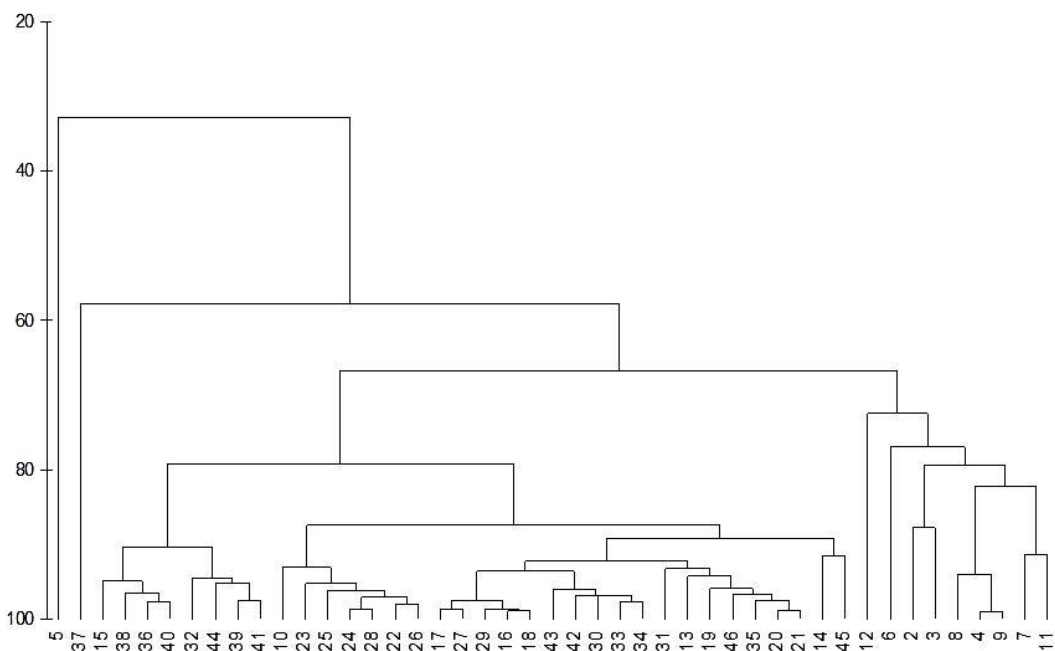
Судың перманганаттық индексіне қарай су қоймалар келесі төрт топтың бірінің қатарына кіруі мүмкін: 1. өте аз перманганаттық индексі бар су қоймалар ( $0 - 2 \text{ мгО/дм}^3$ ), 2. аз перманганаттық индексі бар су қоймалар ( $2 - 5 \text{ мгО/дм}^3$ ), орташа перманганаттық индексі бар су қоймалар ( $5 - 10 \text{ мгО/дм}^3$ ) және жоғары перманганаттық индексі бар су қоймалар ( $15 - 20 \text{ мгО/дм}^3$ ) [131]. Берілген классификацияға сәйкес тау су қоймалары төмен перманганаттық индекспен сипатталғанын көрсетті. Рекреациялық қысымы бар таулы су қоймаларының (2-категория) перманганат индексінің мәндері өте төменнен орташаға дейін ауытқиды, бірақ көбінесе төмен деңгейде болды (кесте 2). Көптеген жазықтықта орналасқан су қоймаларда судағы перманганаттық индекстің мәні орташа деңгейде болды. Али (маусым), Первомайка, Малая Подкова (тамыз), Большая Подкова (тамыз) көлдерінде, Сорбулақ су қоймасында және Оң жағалау Сорбулақ каналдарында бұл көрсеткіштің мәні анағұрлым жоғары болды.

Биогендік элементтердің құрамы кең шекте ауытқиды. Нитриттердің ( $\text{NO}_2$ ) ең аз концентрациясы таулы су қоймаларда, сарқынды суларды жинағыштарда көрсеткіштің ең жоғары мөлшері тіркелді. Нитраттардың ( $\text{NO}_3$ ) жоғары мөлшері жазықтықта орналасқан су қоймаларда, ал төмен мәні таулы су қоймаларда тіркелді. Аммонийдің ( $\text{NH}_4$ ) ең аз концентрациясы Алтынколь (маусым), Малая Подкова (тамыз), Большая Подкова (тамыз) көлдерінде болса, көрсеткіштің ең жоғары мәндері Қайрат көлінде анықталды [129].

Гидрохимиялық параметрлердің айтарлықтай өзгергіштігіне қарамастан, Брей-Кертис кластерлік талдауы зерттелген су қоймалардың гидрохимиялық параметрлерінен статистикалық маңызды айырмашылықтарды анықтаған жоқ (сурет 3). Басқа шағын су объектілерімен 30% ғана ұқсастық деңгейінде тек Сарыбулақ көлі ғана болды.

Аса қауіпті токсинді заттар ретінде ауыр металдардың құрамы жөніндегі деректер тау су қоймалары мен жазықтықта орналасқан су қоймалары үшін бар (сурет 4) [132]. Зерттеу кезеңінде Оң жағалау Сорбулақ каналдар жүйесінде ауыр металдардың ең жоғары концентрациясы анықталды. Бартоғай тау су қоймасында ауыр металдардың салыстырмалы түрде жоғары мөлшері тіркелді. Қалған су қоймаларда ауыр металдардың концентрациясы төмен деңгейде

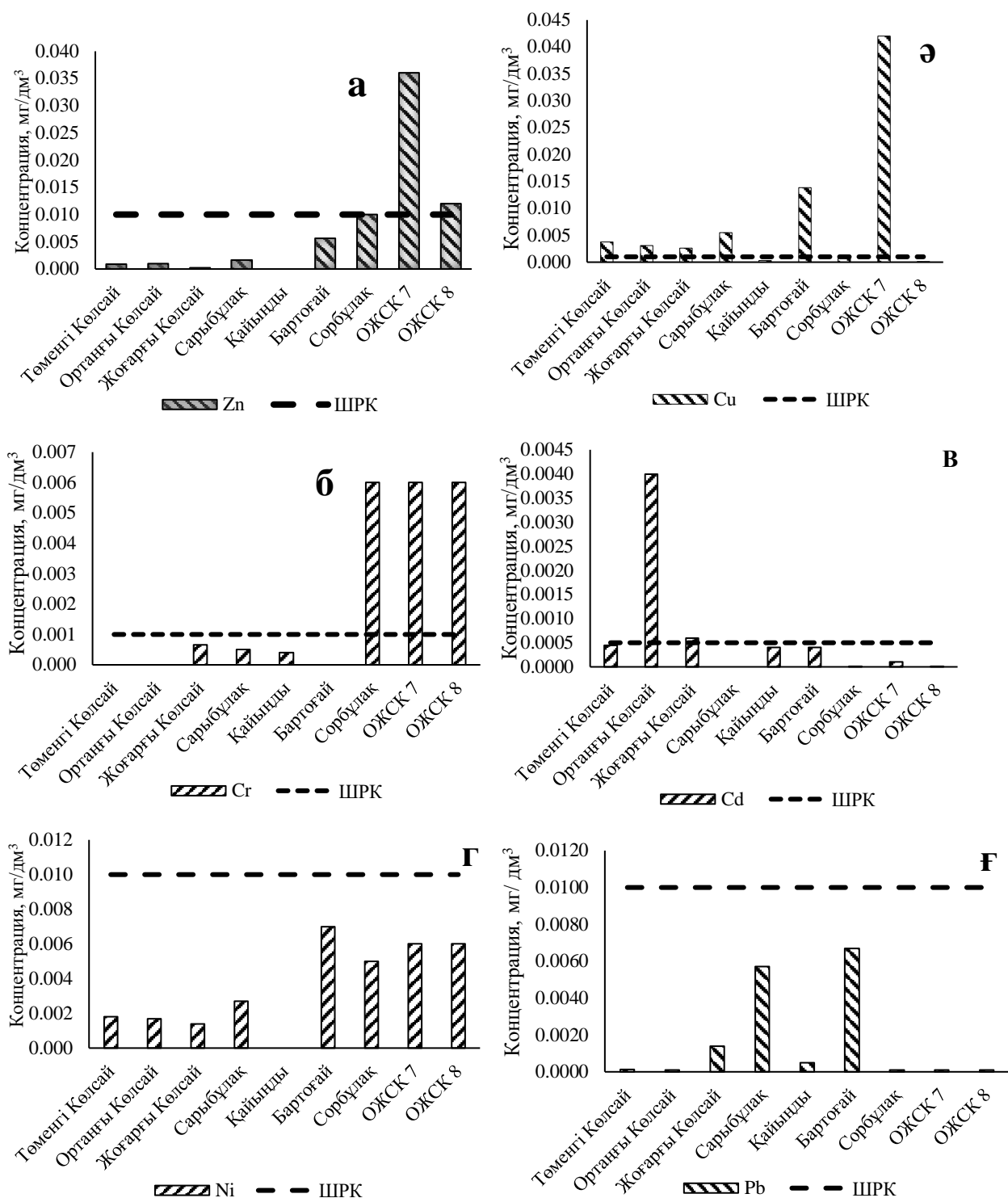
болды. Зерттелген су қоймаларда қорғасын, никель және мырыш концентрациясы ШРК шегінде болды [131]. Мыс бойынша ШРК-ның кейбір артуы барлық су қоймаларда тіркелген. Сарқынды су жинақтағыштарда хром бойынша ШРК-дан артқаны байқалды.



Ескертпе. 1 – Жоғарғы Көлсай, тамыз 2015 ж., 2 – Ортаңғы Көлсай, тамыз 2015 ж., 3 – Ортаңғы Көлсай, маусым 2019 ж., 4 – Ортаңғы Көлсай, тамыз 2019 ж., 5 – Сарыбұлақ, тамыз 2015 ж., 6 – Төменгі Көлсай, тамыз 2015 ж., 7 – Төменгі Көлсай, тамыз 2017 ж., 8 – Төменгі Көлсай, маусым 2019 ж., 9 – Төменгі Көлсай, тамыз 2019 ж., 10 – Қайыңды, тамыз 2016 ж., 11 – Есік, тамыз 2016 ж., 12 – Бартоғай, шілде 2019 ж., 13 – Кайрат, шілде 2017 ж., 14 – Космос, шілде 2017 ж., 15 – Күрті, тамыз 2017 ж., 16 – Али, маусым 2019 ж., 17 – Али, тамыз 2019 ж., 18 – Первомайка, маусым 2019 ж., 19 – Первомайка, тамыз 2019 ж., 20 – Деревянное, маусым 2019 ж., 21 – Деревянное, тамыз 2019 ж., 22 – Алтынколь, маусым 2019 ж., 23 – Алтынколь, тамыз 2019 ж., 24 – Косагаш, маусым 2019 ж., 25 – Косагаш, тамыз 2019 ж., 26 – Малая Подкова, маусым 2019 ж., 27 – Малая Подкова, тамыз 2019 ж., 28 – Большая Подкова, маусым 2019 ж., 29 – Большая Подкова, тамыз 2019 ж., 30 – Ақтобеауит, маусым 2020 ж., 31 – Алтай, қыркүйек 2020 ж., 32 – Бидайбекауит, қыркүйек 2020 ж., 33 – Жартас, қыркүйек 2020 ж., 34 – Карасу, қыркүйек 2020 ж., 35 – Мыкынды, қыркүйек 2020 ж., 36 – Учбулак, қыркүйек 2020 ж., 37 – Домалакколь, маусым 2020 ж., 38 – Шарбакты, маусым 2020 ж., 39 – Шарбакты, қыркүйек 2020 ж., 40 – Аякколь, маусым 2020 ж., 41 – Аякколь, қыркүйек 2020 ж., 42 – Кызылауит, маусым 2020 ж., 43 – Кызылауит, қыркүйек 2020 ж., 44 – Сорбұлак, шілде 2017 ж., 45 – ОЖСК 7, шілде 2017 ж., 46 – ОЖСК 8, шілде 2017 ж.

Сурет 3 – Брей-Кертис кластерлік талдауына сәйкес гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың ұқсастығын бағалау





Сурет 4 – Оңтүстік-шығыс Қазақстанның кейбір су қоймаларындағы ауыр металдардың Zn (а), Cu (ә), Cr (б), Cd (в), Ni (г) Pb (ғ) мөлшері, 2015-2020 жж. [132].

Бөлінген категориялардағы су қоймалардың гидрохимиялық көрсеткіштерінің орташа мәндері 3 – кестеде келтірілген. Алынған нәтижелерді салыстырмалы түрде талдау категорияға бөлінген су қоймалардағы гидрохимиялық көрсеткіштердің категорияға қарай өзгеруін сипаттауға мүмкіндік береді. Антропогендік әсер күшейген сайын рН мәні, минерализация,

перманганат индексі, биогендік элементтер мен ауыр металдардың мөлшері сияқты көрсеткіштердің мәні жоғарылағанын 3 – кестеден көруге болады. Су объектілері арасындағы химиялық көрсеткіштердің айырмашылығынан басқа, химиялық көрсеткіштер әртүрлі зерттеу кезеңдерінде бір су қоймада айтарлықтай өзгерді. Мысалы, Малая Подкова, Большая Подкова, Аякколь, Косагаш және Ортаңғы Көлсай көлдерінде тамыз айында судың минерализациясы маусым көрсеткіштерімен салыстырғанда жоғарылаған; Али, Деревянное және Косагаш көлдерінде перманганаттық индекс төмендеген, ал Алтынколь, Малая Подкова және Большая Подкова көлдерінде көрсеткіш мәндері артқан.

Кесте 3 – Әр түрлі категориядағы су қоймалардың гидрохимиялық көрсеткіштерінің градациясы (алымында – өзгеріс ауқымы, бөлімінде – орташа мән және стандартты қате) [129,132]

Көрсеткіш	*Категория			
	1	2	3	4
pH	$\frac{6,77-8,20}{7,51\pm 0,10}$	$\frac{7,78-8,70}{8,15\pm 0,04}$	$\frac{6,90-10,60}{8,20\pm 0,108}$	$\frac{9,40-10,32}{9,69\pm 0,08}$
мин., г/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,02-0,23}{0,16\pm 0,14}$	$\frac{0,09-0,27}{0,16\pm 0,01}$	$\frac{0,25-1,40}{0,55\pm 0,03}$	$\frac{0,517-1,13}{0,967\pm 0,357}$
ПИ, мгО/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,38-2,93}{0,98\pm 0,199}$	$\frac{0,11-7,74}{2,79\pm 0,11}$	$\frac{4,40-10,70}{8,16\pm 0,23}$	$\frac{9,14-21,82}{12,17\pm 1,09}$
NO <sub>2</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0-0,10}{0,01\pm 0,006}$	$\frac{0,0003-0,160}{0,030\pm 0,007}$	$\frac{0,001-0,70}{0,047\pm 0,01}$	$\frac{0,005-1,065}{0,170\pm 0,09}$
NO <sub>3</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0-1,77}{0,64\pm 0,133}$	$\frac{0,0-7,09}{1,30\pm 0,28}$	$\frac{0,004-8,497}{1,068\pm 0,222}$	$\frac{0,0-5,986}{1,132\pm 0,447}$
NH <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,00001-0,39}{0,08\pm 0,026}$	$\frac{0,0-0,300}{0,042\pm 0,014}$	$\frac{0,0008-0,810}{0,110\pm 0,020}$	$\frac{0,150-1,100}{0,521\pm 0,05}$
PO <sub>4</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0-0,04}{0,01\pm 0,004}$	$\frac{0,0-0,140}{0,031\pm 0,011}$	$\frac{0,03-7,20}{0,933\pm 0,211}$	дж
Cd, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0004-0,0006}{0,0004\pm 0,0}$	$\frac{0,00001-0,0004}{0,0002\pm 0,00002}$	дж	$\frac{0,00001-0,00001}{0,00001\pm 0,00002}$
Cu, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0026-0,0139}{0,0077\pm 0,003}$	$\frac{0,0003-0,0038}{0,0020\pm 0,0}$	дж	$\frac{0,0001-0,084}{0,0065\pm 0,006}$
Zn, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0002-0,0056}{0,0026\pm 0,001}$	$\frac{0,0001-0,0038}{0,0010\pm 0,0}$	дж	$\frac{0,0008-0,066}{0,0149\pm 0,004}$
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0001-0,0067}{0,0028\pm 0,002}$	$\frac{0,00009-0,0057}{0,0031\pm 0,001}$	дж	$\frac{0,0001-0,0001}{0,0001\pm 0,00001}$
Ni, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0014-0,007}{0,0039\pm 0,002}$	$\frac{0,0-0,0018}{0,0008\pm 0,0}$	дж	$\frac{0,0036-0,0067}{0,0052\pm 0,00001}$
Cr, мг/дм <sup>3</sup>	$\frac{0,0005-0,0007}{0,0006\pm 0,00001}$	$\frac{0,0002-0,0008}{0,0005\pm 0,00001}$	дж	$\frac{0,0045-0,0085}{0,0067\pm 0,00002}$

\*Ескертпе. 1 – тау су қоймалары, 2 – рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, 3 – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, 4 – жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар. Дж – дерек жоқ.

Спирменнің корреляциялық талдауына сәйкес, су қойманың орналасу орны яғни қандай теңіз деңгейінен қаншалықты биіктікте орналасқаны бір

жағынан физика-химиялық жағдайларды, екінші жағынан антропогендік әсер ету деңгейін анықтайтын маңызды факторлардың бірі болды. Кесте – 4 көрсетілгендей, таулы аймақтан жазықтыққа қарай су қойманың температурасы, минерализациясы, перманганттық индекстің мәні, фосфаттар концентрациясы, мыс, мырыш, никель, хром мөлшері артып, судың мөлдірлігі төмендеді. Корреляция коэффициентінің оң мәндері суық су қоймаларда перманганаттық индекстің, мырыштың, никельдің және хромның мөлшері жылы суға қарағанда төмен болғанын, бірақ қорғасын мөлшері жоғары екенін көрсетті.

Кесте 4 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының физикалық-химиялық көрсеткіштері арасындағы Спирменнің дәрежелік корреляциясының коэффициенттері, 2015-2020 жж.,  $p < 0,05$

Жұп көрсеткіштер	R	Жұп көрсеткіштер	R
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – температура	-0,713	температура – судың мөлдірлігі	-0,529
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – судың мөлдірлігі	0,548	температура – PO <sub>4</sub>	0,506
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – минерализация	-0,548	температура – Ni	0,726
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – перманганат индексі	-0,510	температура – Cr	0,771
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – PO <sub>4</sub>	-0,611	температура – Zn	0,762
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – Cu	-0,525	температура – Pb	-0,457
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – Zn	-0,623	минерализация – PO <sub>4</sub>	0,658
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – Ni	-0,660	минерализация – Ni	0,726
теңіз деңгейінен жоғары биіктік – Cr	-0,738	минерализация – Cr	0,804
су қойманың ауданы – Zn	0,624	pH – Ni	-0,868
су қойманың ауданы – Pb	-0,544	pH – Cr	0,784
су қойманың ауданы – Ni	0,822	NH <sub>4</sub> – Ni	0,696
су қойманың ауданы – Cr	0,926	NH <sub>4</sub> – Cr	0,654
судың тереңдігі – судың мөлдірлігі	0,645	NH <sub>4</sub> – Zn	0,729
судың тереңдігі – PO <sub>4</sub>	-0,586	Ni – Zn	0,793
судың мөлдірлігі – PO <sub>4</sub>	-0,688	Ni – Cr	0,904
судың мөлдірлігі – Cd	0,580	Zn – Cr	0,590
перманганат индексі – температура	0,679	Cr – Pb	-0,705
перманганат индексі – Cu	-0,580		

Спирменнің корреляциялық талдауы бірқатар гидрохимиялық көрсеткіштердің синхронды өзгерістерін анықтады, мысалы: судың минерализациясы және фосфаттар, никель және хром концентрациясы арасында; аммоний және никель, хром және мырыш; никель, мырыш және хром; судың рН мәні және хром. Теріс корреляциялар құрамында перманганат индексі мен мыс концентрациясы; судың рН мәні және никель мөлшері; хром және қорғасын мөлшері арасында тіркелген. Гидрохимиялық көрсеткіштердің

анықталған синхронды өзгерістері бір-біріне жанама әсерлермен байланысты. Мысалы, су өсімдіктерінің дамуы рН-тың мәніне, элементтердің көші-қон жылдамдығына байланысты, ал судағы никель концентрациясының төмендеу себептері судағы рН-тың мәні жоғарылағанда, организмдер тұтынған кезде және адсорбция процестері кезінде байқалады [131].

### **Талқылау және қорытынды**

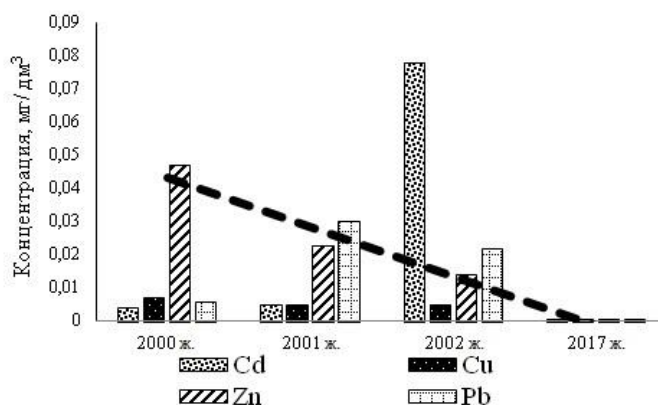
Алынған нәтижелер гидрохимиялық көрсеткіштердің жоғары өзгергіштігін көрсетті, бұл шағын су қоймаларға тән құбылыс [4] және олардың сумен толығу көздерінің (атмосфералық жауын-шашын, жер асты сулары, өзен сулары) алуантүрлілігімен байланысты [29]. Ең жарқын мысал ретінде судың таулы аймақтағы су қоймалардан жазықтықтағы су қоймаларға қарай минерализацияның өсуін келтіруге болады. Таулы аймақтағы суқоймалар минерализация мөлшері өте аз мұздықтар арқылы сумен толығады [133]. Жазықтықтағы су қоймаларда судың минерализациясының артуы судың жоғарыдан төменге қарай жылжуына қарай жер асты беттерінен минералды заттардың сілтісізденуіне, сондай-ақ жер асты және жер үсті суларының жазықтықтағы су қоймаларға келіп түсуіне байланысты. Сарқынды суларды жинағыштардағы судың минерализациясының ең жоғары мәні жеткіліксіз тазартылған ағынды сулардың келуімен байланысты [46].

Биогенді элементтердің мөлшері 4-кестеде көрсетілгендей таулы аймақтағы су қоймалардан жазықтықта орналасқан су қоймаларға қарай өсті. Азот қосылыстары мен фосфаттардың жазықтықта орналасқан су қоймаларда көп болу себебі олардың су жинау аумағының ластануына байланысты және жер үсті ағынымен оларға түсуі [25]. Қоректік заттардың ең көп мөлшері оң жағалаудағы Сорбұлақ каналы жүйесінің жинақтағыштарында тіркелген, бұл ағынды суларды тазарту деңгейінің жеткіліксіздігімен байланысты.

Зерттелген су қоймалардағы ауыр металдардың мөлшері төмен деңгейде екенін 4-кестенің деректерін салыстырмалы талдау көрсетті. Орташа мәндерге сәйкес, Си-ның ШРК - дан 7,7 есе артуы фондық тау су қоймаларада тіркелді. Тау су қоймаларындағы ауыр металдардың жоғары концентрациясы олардың астындағы тау жыныстарынан сілтісізденуіне байланысты болуы мүмкін [133], сондай-ақ атмосферадан ластанған шаңның түсуі арқылы [134] болуы мүмкін. Тау жыныстары мен шаңның түсуіне байланысты таулы су қоймаларда ауыр металдардың осындай ұқсас жоғары концентрациялары Алтай тауларының су қоймаларында тіркелді [134]. Алтай тауларының су қоймаларындағы кадмийдің мөлшері орташа есеппен  $0,00001 \text{ мг/дм}^3$ , мыс –  $0,0008$ , мырыш –  $0,004$ , қорғасын –  $0,0008$ , никель –  $0,0549$ , хром –  $0,0002 \text{ мг/дм}^3$  құрады

Сарқынды сулармен қоректенуіне қарамастан, 2017 жылы оң жағалаудағы Сорбұлақ каналы жүйесінің сарқынды су жинағыштары ауыр металдардың төмен концентрациясымен сипатталды. Осы су қоймалардың суында ШРК-дан біршама асып кету тек мырыш мөлшері бойынша ғана байқалды. Өткен жылдардың бақылау деректері [135-137] бойынша ОЖСК жүйесінің жинақтауыштары бірқатар металдардың, соның ішінде мыс, кадмий,

қорғасынның жоғары концентрациясымен сипатталды. Салыстырмалы талдау сарқынды су жинақтауыштардағы ауыр металдардың құрамы соңғы 15 жылда айтарлықтай төмендегенін көрсетті (сурет 5) [135,136]. Бұл тазарту қондырғыларының жұмысының соңғы жылдары жақсаруымен байланысты болуы мүмкін. Украинаның сарқынды суларды жинағыштарындағы тазарту қондырғыларының жұмысының жақсаруы нәтижесінде Cd концентрациясы 55,3% - ға, Cr – 51,7% - ға, Ni – 59,4% - ға, Pb – 51% - ға, Zn – 60% - ға төмендеген [138].



Сурет 5 – Зерттеудің әртүрлі кезеңдеріндегі Сорбұлақ сарқынды су жинақтағышындағы токсинді ластану динамикасы [129,132,135,136].

Қорыта келгенде, Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалары ауыр металдардың құрамы бойынша бағаланатын токсинді ластанудың жалпы төмен деңгейімен және гидрохимиялық көрсеткіштердің біркелкі еместігімен сипатталды.

### 3.2.2 Фитопланктон планктонды омыртқасыздардың қоректік базасының негізі ретінде

Зоопланктонның тіршілік ету жағдайларын сипаттау үшін планктондық омыртқасыздардың негізгі қоректік көзі болып табылатын балдырлар қауымдастықтарының құрылымы зерттелді [139].

Зерттелген көлдердің фитопланктонында 5 бөлімге кіретін 74 таксон тіркелді: *Bacillariophyta* – 38, *Chlorophyta* – 17, *Miozoa* – 4, *Cyanobacteria* – 9, *Euglenozoa* – 6 (кесте 5). Түрлердің ең аз саны (5) Ортаңғы Көлсай көлінде маусым айында тіркелді, ең көп түрлер саны (29), тамыз айында Косагаш көлінде тіркелді. Барлық зерттелген су қоймаларда диатом балдыры – *Symbella lanceolata* тіркелді. Кең таралған түрлер қатарына *Ulnaria acus*, *Scenedesmus bijugatus var. bijugatus*, *Peridiniopsis quadridens* кірді. Сирек кездесетін түрлер диатом балдырлар бөлімінің түрлері – *Encyonema leibleinii*, *Cyclotella ocellata*, *C. planctonica*, *C. kuetzingiana*, *Aneumastus tusculus*, *Odontidium hyemale*, *Achnanthydium minutissimum*, *Gomphonema acuminatum var. longiceps*, *G. sphaerophorum*, *G. constrictum*, *Cocconeis placentula*, *Fragilaria capucina var. vaucheriae*, *Symbella ventricosa*, *Aulacoseira granulata*, *Mastogloia elliptica*,

*Synedra capitata* var. *gracilis*, *Eunotia lunaris*, *Urosolenia longiseta*, *Craticula ambigua*, *N. rhynchocephala*, *Navicula oblonga*, *N. exigua*, *N. minima*, *N. radiosa*, *Nitzschia palea*, *Meridion circulare*, *Asterionella formosa*, хлорофитті балдырлар түрлері – *Scenedesmus arcuatus*, *Kirchneriella lunaris*, *Scenedesmus arcuatus*, *S. arcuatus*, *Ankistrodesmus densus*, *Sphaerocystis planctonica*, *Monactinus simplex*, *Coelastrum microporum*, *Pediastrum duplex*, харофитті балдырлар – *Cosmarium* sp., цианобактериялар – *Snowella rosea*, *S. lacustris*, *Microcystis flosaquae*, *Gomphosphaeria aponina*, *Anathece clathrata*, *Oscillatoria* sp. туысының түрлері, *Anabaena flosaquae*, эвгленалар – *Lepocinclis fusiformis*, *L. acus*, *Monomorpha pyrurum*, *Phacus curvicauda*, *P. caudatus*, *Euglena viridis* болды[139]

Кесте 5 – Қазақстанның Оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың фитопланктонының түрлік құрамы, 2015-2020 жж. [139]

Таксон атауы	*Көздер								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Bacillariophyta									
<i>Encyonema leibleinii</i> (C. Agardh) W.J. Silva, R. Jahn, T.A.V. Ludwig, & M. Menezes	+	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyclotella ocellata</i> Pantocsek	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Cymbella lanceolata</i> (C. Agardh) Kirchner	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Navicula minima</i> Grunow	+	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Navicula radiosa</i> Kützing	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Aneumastus tusculus</i> (Ehrenberg) D.G. Mann & A.J. Stickle	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ulnaria acus</i> (Kützing) Aboal in Aboal	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Diatoma vulgare</i> Bory	+	+	-	+	+	-	+	-	-
<i>Amphora ovalis</i> (Kützing) Kützing	-	-	+	+	+	+	-	-	+
<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cyclotella meneghiniana</i> Kützing	-	-	+	-	-	+	-	+	+
<i>Cyclotella kuetzingiana</i> Thwaites	-	-	-	-	-	-	-	+	+
<i>Cyclotella planctonica</i> Brunthaler	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cyclotella</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Gomphonema acuminatum</i> var. <i>longiceps</i> (Ehrenberg) N. Abarca & R. Jahn	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Cocconeis placentula</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Fragilaria capucina</i> var. <i>vaucheriae</i> (Kützing) Lange-Bertalot	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cymbella ventricosa</i> (C. Agardh) C. Agardh	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Lindavia kurdica</i> (Håkansson) T. Nakov	-	-	+	-	-	+	+	+	+
<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Epithemia gibba</i> (Ehrenberg) Kützing	-	+	+	+	+	-	-	-	-
<i>Mastogloia elliptica</i> (C. Agardh) (C. Agardh) Cleve	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Navicula rhynchocephala</i> Kützing	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Synedra capitata</i> var. <i>gracilis</i> Poretzky ex Proschkina-Lavrenko	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Synedra ulna</i> var. <i>ulna</i> (Nitzsch) Ehrenberg	-	-	-	-	+	-	+	+	-

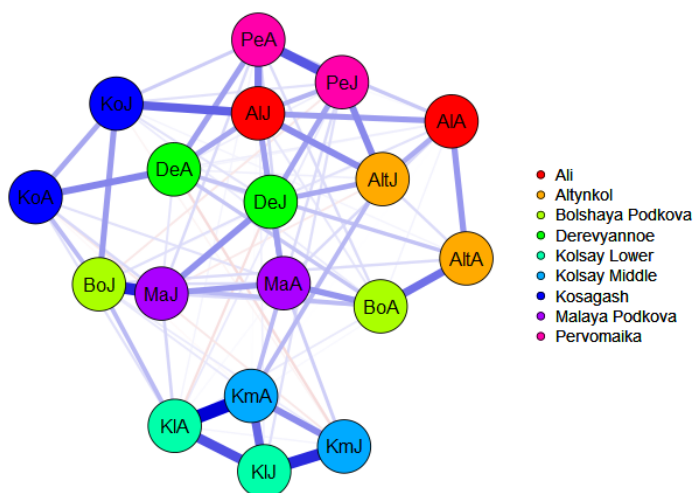
5 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Gomphonema constrictum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Eunotia lunaris</i> (Ehrenberg) Grunow	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Urosolenia longiseta</i> (O. Zacharias) Edlund & Stoermer	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Craticula ambigua</i> (Ehrenberg) D.G. Mann	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Navicula oblonga</i> (Kützing) Kützing	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Navicula exigua</i> W. Gregory	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Nitzschia palea</i> (Kützing) W. Smith	-	-	-	-	-	+	-	-	-
<i>Gomphonema sphaerophorum</i> Ehrenberg	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Meridion circulare</i> (Greville) C. Agardh	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Achnanthes</i> sp.	-	-	-	-	+	-	-	-	-
<i>Asterionella formosa</i> Hassall	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Chlorophyta									
<i>Nephrocytium lunatum</i> West	+	+	-	-	+	-	-	-	-
<i>Kirchneriella lunaris</i> (Kirchner) Möbius	+	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Monoraphidium contortum</i> (Thuret) Komárková-Legnerová	+	-	+	+	+	+	-	-	-
<i>Scenedesmus bijugatus</i> var. <i>bijugatus</i> Kützing	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Tetraëdron minimum</i> (A. Braun) Hansgirg	+	+	-	+	+	-	+	-	-
<i>S. quadricauda</i> var. <i>quadricauda</i> (Turpin) Brébisson	-	+	+	+	+	+	-	-	-
<i>Scenedesmus arcuatus</i> (Lemmermann) Lemmermann	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Staurastrum tetracerum</i> Ralfs ex Ralfs	+	+	+	-	+	+	-	-	-
<i>Monoraphidium minutum</i> (Nägeli) Komárková-Legnerová	+	-	-	+	+	-	-	-	-
<i>Tetraëdron minutissimum</i> Korshikov	-	+	-	+	+	+	-	-	-
<i>Closteriopsis longissima</i> (Lemmermann) Lemmermann	-	+	-	+	+	-	-	+	-
<i>Ankistrodesmus densus</i> Korshikov	-	-	-	-	-	-	+	-	-
<i>Sphaerocystis planctonica</i> (Korshikov) Bourrelly	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	+	-	+	-	-	-	-	-
<i>Monactinus simplex</i> (Meyen) Corda	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Coelastrum microporum</i> Nägeli	-	-	-	+	-	-	-	-	-
<i>Pediastrum duplex</i> Meyen	-	-	-	+	-	-	-	-	-
Charophyta									
<i>Cosmarium</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Cyanobacteria									
<i>Snowella rosea</i> (J.W. Snow) Elenkin	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Merismopedia tranquilla</i> (Ehrenberg) Trevisan	-	-	+	+	+	+	+	-	-
<i>Microcystis flosaquae</i> (Wittrock) Kirchner	-	-	+	-	-	-	-	-	-
<i>Gomphosphaeria aponina</i> Kützing	-	-	-	+	-	+	-	-	-
<i>Snowella lacustris</i> (Chodat) Komárek & Hindák	-	-	+	+	-	+	-	-	-
<i>Anathece clathrata</i> (West & G.S. West) Komárek, Kastovsky & Jezberová	-	-	-	-	-	-	-	+	-
<i>Oscillatoria</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Microcystis pulverea</i> f. <i>raceformis</i> (Nygaard) Hollerbach	-	-	-	+	+	+	-	-	-
<i>Anabaena flosaquae</i> Brébisson ex Bornet & Flauhault 66	-	-	-	-	+	-	-	-	-
Miozoa									
<i>Peridiniopsis quadridens</i> (F. Stein) Bourrelly	+	+	+	+	+	+	+	-	-
<i>Peridinium cinctum</i> (O.F. Müller) Ehrenberg	-	+	-	+	-	-	+	-	-
<i>Ceratium hirundinella</i> (O.F. Müller) Dujardin	+	-	-	+	+	+	+	-	-

5 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Kolkwitzia acuta</i> (Apstein) Elbrächter	–	+	+	+	–	–	+	–	–
Euglenozoa									
<i>Lepocinclis fusiformis</i> (H.J. Carter) Lemmermann	–	–	–	+	–	–	–	–	–
<i>Lepocinclis acus</i> (O.F. Müller) B. Marin & Melkonian	–	–	+	–	+	–	–	–	–
<i>Monomorphina pyrum</i> (Ehrenberg) Mereschkowsky	–	–	–	–	+	–	–	–	–
<i>Phacus curvicauda</i> Svirenko	–	+	–	–	+	–	–	–	–
<i>Phacus caudatus</i> Hübne	–	–	+	–	–	–	–	–	–
<i>Euglena viridis</i> (O. F. Müller) Ehrenberg	–	–	–	–	+	–	–	–	–
*Ескертпе. Цифрлармен көлдер белгіленген: 1 – Али, 2 – Алтынколь, 3 – Большая Подкова, 4 – Деревянное, 5 – Косагаш, 6 – Малая Подкова, 7 – Первомайка, 8 – Төменгі Көлсай, 9 – Ортаңғы Көлсай. + түр кездесті, – түр кездеспеді.									

JASP талдауына сәйкес (сурет 6) балдырлардың түрлік құрамы зерттелген көлдердің әрқайсысында алуантүрлі болды. Ұқсастықтың жоғары деңгейі тамыз айында Первомайка көлінен табылған түрлер мен маусым айында Али көлінен табылған түрлер арасында, Али мен Косагаш (маусым), Малая Подкова (маусым) және Большая Подкова (маусым) көлдерінің фитопланктон қауымдастықтары арасында ғана тіркелді.



Қысқартулар: AlJ – Али маусым, AlA–Али тамыз, PeJ–Первмайка маусым, PeA–Первомайка тамыз, DeJ – Деревянное маусым, DeA–Деревянное тамыз, AltJ – Алтынколь маусым, AltA – Алтынколь тамыз, KoJ – Косагаш маусым, KoA – Косагаш тамыз, MaJ – Малая Подкова маусым, MaA – Малая Подкова тамыз, BoJ – Большая Подкова маусым, BoA – Большая Подкова тамыз, KoJ – Төменгі Көлсай, маусым, KoA – Төменгі Көлсай тамыз, KoJ – Ортаңғы Көлсай маусым, KoA – Ортаңғы Көлсай тамыз. Су қоймалар арасындағы сызық корреляция мәнін көрсетеді; қаныққан көк – жоғары корреляция, ақшыл көк – төмен корреляция, қызыл – теріс корреляция.

Сурет 6 – JASP желілік талдауына сәйкес Оңтүстік-Шығыс Қазақстан су қоймаларының фитопланктонының түрлік ұқсастығын бағалау, жаз 2019 [139]



Жазықтықта орналасқан көлдердің негізгі бөлігі үшін планктонды балдырлардың түрлер құрамы іріктеу уақытына байланысты болды. Мысалы, Деревянное, Алтынколь, Малая Подкова, Али, Большая Подкова көлдерінде маусым мен тамыз айларында түрлер құрамының ұқсастығы тіпті бір көл ішінде төмен болды [139]

Фитоланктонның сандық көрсеткіші 85,0-ден 2716,67 млн кл./м<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді (кесте 6). Фитопланктонның биомассасы 468,9-дан 15845,2 мг/м<sup>3</sup>-ге дейін жетті. Көптеген көлдерде фитопланктонның сандық көрсеткіштері Ортаңғы Көлсай көлін қоспағанда, маусымнан тамызға дейін өсті, Ортаңғы Көлсайда олардың саны орта есеппен бес есе азайды. Первомайка, Косагаш және Малая Подкова көлдерінде фитопланктон биомассасының маусымнан тамызға дейін төмендеуі тіркелді. Фитопланктондық қауымдастықтардың биомассасы [121] бойынша бағаланатын су объектілерінің қоректілік қуаттылығы өте төменгіден жоғары деңгейге дейін өзгерді (кесте 6) [139].

Кесте 6 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймалардағы фитопланктонда тіркелген түрлерінің саны және фитопланктонның сандық көрсеткіштері [139]

Көл	Ай	Саны, млн кл./м <sup>3</sup>	Сандағы үлес, %	Биомасса, г/м <sup>3</sup>	Биомассадағы үлес, %	Қоректілік қуаттылығы [121]
Али	маусым	85,00	Chlorophyta	0,52	Miozoa	өте төмен
	тамыз	253,31	Chlorophyta	1,72	Chlorophyta	қалыпты
Первомайка	маусым	195,01	Miozoa	15,81	Miozoa	өте жоғары
	тамыз	293,31	Miozoa	10,50	Miozoa	өте жоғары
Деревянное	маусым	223,35	Cyanobacteria	3,21	Miozoa	орташа
	тамыз	991,72	Chlorophyta	2,60	Miozoa	орташа
Алтынколь	маусым	210,01	Chlorophyta	0,40	Miozoa	өте төмен
	тамыз	580,01	Cyanobacteria	0,51	Bacillariophyta	төмен
Косагаш	маусым	1050,01	Chlorophyta	2,21	Miozoa	орташа
	тамыз	2716,71	Cyanobacteria	1,61	Chlorophyta	орташа
Малая Подкова	маусым	581,70	Cyanobacteria	2,01	Bacillariophyta	орташа
	тамыз	2716,71	Bacillariophyta	1,60	Bacillariophyta	қалыпты
Большая Подкова	маусым	230,01	Cyanobacteria	0,51	Bacillariophyta	өте төмен
	тамыз	521,71	Bacillariophyta	0,90	Bacillariophyta	төмен
Төменгі Көлсай	маусым	1100,01	Cyanobacteria	4,20	Bacillariophyta	жоғары
	тамыз	2123,30	Bacillariophyta	9,81	Bacillariophyta	өте жоғары
Ортаңғы Көлсай	маусым	198,31	Bacillariophyta	2,40	Bacillariophyta	орташа
	тамыз	730,01	Bacillariophyta	6,30	Bacillariophyta	жоғары

Барлық тау көлдерінде, сондай-ақ, Большая Подкова және Малая Подкова жазықтықта орналасқан көлдерде фитопланктонның сандық көрсеткіштері негізінен диатом балдырлары арқылы қалыптасты. Первомайка көлінің фитопланктоны негізінен миозоа бөлімшесі өкілдерінің қарқынды дамуына байланысты қалыптасты. Қалған көлдерде цианобактериялар мен хлорофит балдырлары басым болды, биомасса бойынша хлорофитті балдырлар мен миозоа балдырлары үстемдік етті.

Жазықтықтағы су қоймалардың фитопланктондық қауымдастықтары алуантүрлі болды (кесте 7). Малая Подкова көлін қоспағанда, барлық дерлік

көлдерде Шеннон индексінің мәнінің маусымнан тамызға дейін өсуі байқалды. Тауда орналасқан көлдерде фитопланктонның алуантүрлілігі орташа деңгейде болды. Төменгі Көлсай көлінің фитопланктондағы Шеннон индексінің мәні жаз бойы тұрақты болды, ал Ортаңғы Көлсай көлінде 2,39-дан 1,33 битке дейін төмендеді. Деревянное (маусым), Косагаш (маусым), Төменгі Көлсай, Ортаңғы Көлсай (тамыз), Первомайка көлдерінен басқа, тексерілген барлық шағын көлдерде  $\Delta$ - Шеннон индексінің мәні оң болды. Өлшемдік көрсеткіштің мәндеріне сәйкес, жазықтықта орналасқан көлдердің фитопланктонында таулы аймақта орналасқан көлдерімен салыстырғанда ұсақ түрлер басым болды [139].

Кесте 7 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың фитопланктонының құрылымдық көрсеткіштері [139]

Көл	Ай	Түр саны	Шеннон индексі		$\Delta$ -Шеннон	Клетканың орташа массасы, мг $\times 10^{-6}$
			бит/экз	бит/мг		
Али	маусым	11	2,81	1,91	0,9	0,6802
	тамыз	18	3,69	2,80	0,9	0,7577
Первомайка	маусым	10	2,70	2,76	-0,01	1,0246
	тамыз	19	2,23	3,35	-1,12	1,5076
Деревянное	маусым	15	2,98	3,10	-0,12	1,0403
	тамыз	21	2,98	2,74	0,24	0,9210
Алтынколь	маусым	21	3,31	1,75	1,56	0,5297
	тамыз	26	3,21	2,55	0,66	0,7955
Косагаш	маусым	19	2,05	2,96	-0,91	1,4439
	тамыз	30	3,30	3,04	0,26	0,9220
Малая Подкова	маусым	23	3,23	2,82	0,41	0,8721
	тамыз	12	0,76	0,39	0,37	0,5149
Большая Подкова	маусым	9	2,21	0,46	1,75	0,2079
	тамыз	14	3,10	1,34	1,76	0,4333
Төменгі Көлсай	маусым	11	1,73	1,92	-0,19	1,1062
	тамыз	7	1,71	2,22	-0,51	1,2963
Ортаңғы Көлсай	маусым	15	2,39	1,60	0,79	0,6682
	тамыз	5	1,33	1,60	-0,27	1,1994

### Талқылау және қорытынды

Зерттелген шағын көлдердің фитопланктонында 74 таксон тіркелді. Осындай таксондар саны Солтүстік Қазақстан, Түркия және Польшаның таяз су қоймаларының фитопланктонында анықталған [140-142]. JASP желілік талдау нәтижелері бойынша (сурет 6) таулы су қоймалар мен жазықтықта орналасқан су қоймалардың фитопланктонының түрлік құрамы бойынша айырмашылықтар айқын көрінді. Фитопланктонның кластерлерге бөлінуі таулы аймақтағы температура градиентіне, таулы аймақтан жазықтықта орналасқан су қоймаларына қарай күшейетін антропогендік қысымның өзгеруімен де байланысты. Жаздың басынан аяғына дейін микробалдырлардың түрлік құрамындағы елеулі өзгерістер басқа аймақтарда да байқалған [3] және ол зерттелген көлдердің гидрохимиялық параметрлерінің гетерогенділігіне байланысты болуы мүмкін.

Көл фитопланктонының саны кең ауқымда, 85-тен 2716 млн кл/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассасы 0,4-тен 15,81 г/м<sup>3</sup>-ге дейін өзгерді. Ортаңғы Көлсай, Али

және Первомайка көлдерін қоспағанда, фитопланктонның сандық көрсеткіштерінің негізін цианобактериялар құрады. Цианобактерияның үстемдігіне фосфат концентрациясының жоғарылауы аясында судың гидрохимиялық параметрлерінің тұрақсыздығы ықпал етуі мүмкін [143]. Кейбір су қоймалардың фитопланктонында миозоа бөлімінің түрлері басым болды, олардың арасында жетекші рөл *Ceratium hirundinella* түрінің еншісінде болды. Бұл бөлімнің өкілдері жаппай дамып [71], цианобактериялар сияқты су объектілерінің гүлденуіне себеп болады [144-146].

Организмнің жеке массасы биологиялық қауымдастықтардың құрылымын көрсететін интегралды көрсеткіш болып табылады [147-154]. Али, Алтынколь, Малая Подкова, Большая Подкова фитопланктонында тіркелген балдырлардың жеке масса көрсеткіштері ( $0,2079-0,7955 \text{ мг} \times 10^{-6}$ ) балдырлардың клетка массасының ұсақ екенін көрсетеді, ал жеке массаның төменгі көрсеткіштері, өз кезегінде су қойманың антропогенді қысымға ұшырағанының бірден-бір дәлелі болып саналады [69]. Балдырлар түрлерінің салыстырмалы түрде ірі массалы өкілдері маусым айында Первомайка, Деревянное, Косагаш жазықтықта орналасқан көлдерінде және Төменгі Көлсай көлдерінде анықталды (кесте 4).

Қорытындылай келе, фитопланктондық қауымдастықтардың биомассасының мөлшеріне сәйкес, зерттелген су объектілерінің көпшілігінде зоопланктонның тіршілік ету жағдайлары қолайлы болды. Ортаңғы Көлсай, Али және Первомайка көлдерінен басқа көлдердің барлығы фитопланктон көрсеткіші бойынша органикалық ластанған болды. Оның бірден-бір дәлелі – Ортаңғы Көлсай, Али және Первомайка көлдерінен басқа көлдердің барлығының фитопланктонында биогеоді элементтердің шамадан тыс түсуі кезінде жаппай дамитын токсинді цианобактериялардың және миозоа бөлімдері өкілдерінің үстемдік етуі.

### **3.3 Зоопланктон**

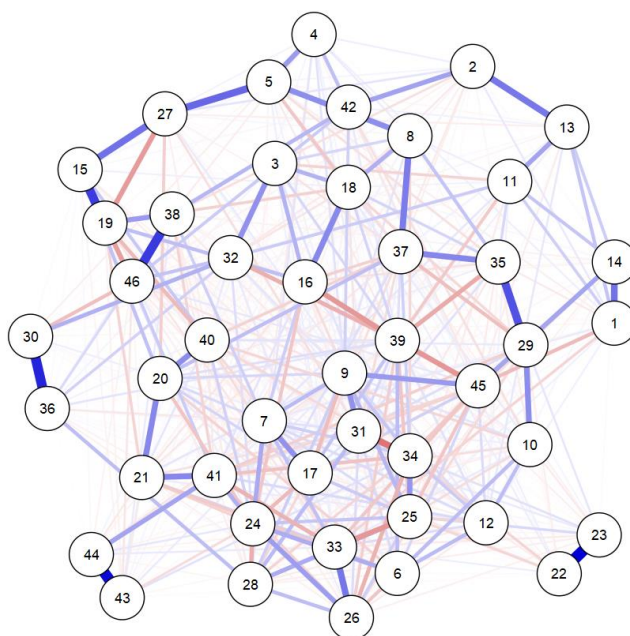
#### **3.3.1 Түрлік құрам**

Зоопланктон құрамында 131 таксон анықталды, оның ішінде коловраткалар – 79, бұтақмұртты шаян тәрізділер – 30, ескек аяқтылар – 25, факультативті планктерлер – 3 (Б қосымшасы) [155]. Коловраткалардың ішінде түрлердің ең көп саны *Brachionus* (11), *Lecane* (8), *Keratella* (7), *Synchaeta* (6), *Trichocerca* (6) туыстарының құрамында анықталды. Бұтақмұрттылар тобының ішінде түрлердің ең көп саны *Daphnia* (8) туысының құрамында тіркелді [155]. Ескекаяқтылардың бір туысында бір немесе екі түрден кездесті. Циклоптардың саны 10, калянидалар – 4 түрмен сипатталды [156]. Calanoidea ескекаяқтыларының Қазақстанда таралуын талдау негізінде оңтүстік-шығыс Қазақстанның шағын су қоймалары елдің басқа аймақтарымен салыстырғанда (10-20) Calanoidea отряд түрлерінің едәуір аз санымен (4) сипатталды. Зоопланктон түрлерінің байлығы зерттелген су қоймаларда айтарлықтай өзгерді. Таксондардың ең көп саны (46) Төменгі Көлсай көлінде, ең аз саны (1)

Аякколь көлінде анықталды. Зоопланктондық қауымдастықтардың алуантүрлілігіне негізгі үлесті коловраткалар қосты [156].

Барлық суқоймаларда бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris* (O.F. Muller), *Alona rectangula* (Sars), *Chydorus sphaericus* (O.F. Muller), *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata* (G.O. Sars) және ескекаяқтылар *Cyclops vicinus* (Uljanin) кең таралды. Сорбұлақ су қоймасы және ОЖСК-ынан басқа су қоймалардың барлығында коловраткалар *Asplanchna brightwelli* (Gosse), *A. priodonta* (Gosse), *Keratella cochlearis* (Gosse), *K. quadrata* (Muller), *Polyarthra dolichoptera* (Idelson), бұтақмұртты шаянтәрізділер *Alona affinis* (Leydig), *D. cucullata* (Sars), ескекаяқтылар *Acanthodiptomus denticornis* (Wierzejski), *Arctodiptomus bacillifer* (Koelbel) [156] және *Megacyclops viridis* (Jurine) кездесті. Бірқатар түрлер тек кейбір су қоймаларда ғана локализацияланды. Мысалы, тек сарқынды су жинақтағыштарда ғана (Сорбұлақ және оң жағалаудағы Сорбұлақ каналы) коловраткалар *Brachionus plicatilis longicornis* (Fadeev), *B. variabilis* (Hempel), *Leydigia leydigii* (Schoedler), бұтақмұртты шаянтәрізділер *Ceriodaphnia pulchella* (Sars), ескекаяқтылар *Acanthocyclops trajani* (Mirabdullayev et Defaye) және *Cyclops strennus* (Fischer) кездесті. Тек қана тау су қоймаларындағы зоопланктерлер *Lecane* (*Monostyla*) *decipiens* (Murray), *Hexarthra bulgarica* (Wiszniew.), *Cephalodella forficula* (Ehrenberg) кездесті [155].

ЖАСП желілік талдауына сәйкес (сурет 7) зоопланктонның түрлік құрамы әртүрлі категориядағы су қоймалар арасында ғана емес, сонымен қатар әртүрлі зерттеу кезеңінде бір су қойманың аясында айтарлықтай ерекшеленді [155,156].



Ескертпе. 1 – Али, маусым 2019 ж., 2 – Али, тамыз 2019 ж., 3 – Алтынколь, маусым 2019 ж., 4 – Алтынколь, тамыз 2019 ж., 5 – Большая Подкова, маусым 2019 ж., 6 – Большая Подкова, тамыз 2019 ж., 7 – Деревянное, маусым 2019 ж., 8 – Деревянное, тамыз 2019 ж., 9 – Косагаш,

маусым 2019 ж., 10 – Косагаш, тамыз 2019 ж., 11 – Малая Подкова, тамыз 2019 ж., 12 – Малая Подкова, маусым 2019 ж., 13 – Первомайка, маусым 2019 ж., 14 – Первомайка, тамыз 2019 ж., 15 – Төменгі Көлсай, маусым 2019 ж., 16 – Төменгі Көлсай, тамыз 2019 ж., 17 – Ортаңғы Көлсай, тамыз 2015 ж., 18 – Ортаңғы Көлсай, маусым 2019 ж., 19 – Ортаңғы Көлсай, тамыз 2019 ж., 20 – Төменгі Көлсай, маусым 2015 ж., 21 – Төменгі Көлсай, тамыз 2017 ж., 22 – Сарыбұлақ, тамыз 2015 ж., 23 – Жоғарғы Көлсай, тамыз 2015 ж., 24 – Домалакколь, маусым 2020 ж., 25 – Шарбакты, маусым 2020 ж., 26 – Шарбакты, қыркүйек 2020 ж., 27 – Аякколь, маусым 2020 ж., 28 – Аякколь, қыркүйек 2020 ж., 29 – Қызылауит, маусым 2020 ж., 30 – Қызылауит, қыркүйек 2020 ж., 31 – Ақтобауит, қыркүйек 2020 ж., 32 – Алтай, қыркүйек 2020 ж., 33 – Бидайбекауит, қыркүйек 2020 ж., 34 – Жартас, қыркүйек 2020 ж., 35 – Карасу, қыркүйек 2020 ж., 36 – Мыкынды, қыркүйек 2020 ж., 37 – Учбулак, қыркүйек 2020 ж., 38 – Бартоғай, шілде 2019 ж., 39 – Қайыңды, тамыз 2016 ж., 40 – Есік, тамыз 2016 ж., 41 – Сорбұлақ, маусым 2017 ж., 42 – Күрті, тамыз 2017 ж., 43 – ОЖСК 7, шілде 2017 ж., 44 – ОЖСК 8, шілде 2017 ж., 45 – Кайрат, шілде 2017 ж., 46 – Космос, шілде 2017 ж. Су қоймалар арасындағы сызықтың қалыңдығы корреляция мәнін көрсетеді; қаныққан көк – күшті корреляция, ақшыл көк – төмен корреляция, қызыл – теріс корреляция.

### Сурет 7 – JASP желілік талдауына сәйкес Оңтүстік-Шығыс Қазақстан су қоймаларының зоопланктонының түрлік ұқсастығын бағалау

Планктонды омыртқасыздардың түрлік құрамы бойынша ұқсастықтың жоғары деңгейі аумағы бойынша жақын орналасқан су қоймалар арасында тіркелді, мысалы, Оң жағалаудағы Сорбұлақ каналдары (ОЖСК 7 және ОЖСК 8); [156] Сарыбұлақ және Жоғарғы Көлсай көлдері; Төменгі Көлсай көлі (маусым 2019) және Ортаңғы Көлсай (тамыз 2019). Бір бірінен қашықтықта орналасқанына қарамастан ұқсас түрлік құраммен Бартоғай және Космос; Қызылауит (қыркүйек 2020) және Мыкынды (қыркүйек 2020); Қызылауит (маусым 2020) және Карасу (қыркүйек 2020) сияқты су қоймаларының зоопланктондық қауымдастықтары сипатталды. Зоопланктондық қауымдастықтардың салыстырмалы түрде ұқсастығы өте аз деңгейде келесі көлдерде байқалды; Кайрат (шілде 2017) және Косагаш (маусым 2019); Большая Подкова (маусым 2019), Аякколь (маусым 2020) және Төменгі Көлсай (маусым 2019); Домалакколь (маусым 2020), Шарбакты (қыркүйек 2020), Аякколь (маусым 2020), Аякколь (қыркүйек 2020) және Бидайбекауит (қыркүйек 2020) су қоймалары арасында анықталды; Күрті (тамыз 2017), Бартоғай (шілде 2019), Алтай (қыркүйек 2020), Алтынколь (маусым 2019) және Ортаңғы Көлсай (тамыз 2019). Первомайка көлінің зоопланктоны 2019 жылдың маусымында Деревянное (маусым 2019) және Али (маусым 2019) көлдерінің зоопланктонымен ұқсастықтың аз деңгейіне ие болды. Төменгі Көлсай көлінің зоопланктофаунасы 2015 жылы 2017 жылы анықталған зоопланктон құрамына жақын болды, алайда 2019 жылдың тамызында көлдің планктонды жануарларының құрамы өзгеріп, Ортаңғы Көлсай (маусым 2019), Деревянное (тамыз 2019) және Учбулак (қыркүйек 2020) көлдерінің зоопланктон қауымдастықтарына ұқсас болды. Басқа көлдердің планктондық зооценоздары әр көлде әртүрлі болып, түрлердің құрамы бойынша ұқсастық аз болды [156].

Қорытындылай келе, JASP желілік статистикалық талдауына сәйкес зоопланктонның түрлік құрамы әртүрлі категориядағы су қоймалар арасында

ғана емес, сонымен қатар әртүрлі зерттеу кезеңінде бір су қойманың аясында да, айтарлықтай ерекшеленді.

### 3.3.2 Сандық көрсеткіштер

Зоопланктонның сандық көрсеткіштері бір көлде де, көлдер арасында да айтарлықтай өзгерді (кесте 8). Зоопланктонның сандық көрсеткіштерінің мәндеріне сәйкес зерттелген су объектілерін төрт топқа бөлуге болады. Бірінші топқа планктондық омыртқасыздардың саны өте төмен деңгейде, оның мәні 10 мың экз/м<sup>3</sup> аспайтын су объектілері кіреді. Бұл топқа Али, Первомайка (маусым), Деревянное (маусым), Алтынколь (маусым), Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова (тамыз), Ақтөбеауит, Бидайбекауит, Жартас, Қарасу, Учбулак, Домалакколь, Шарбакты (маусым) және Қызылауит (маусым) сияқты барлық таулы аймақта орналасқан су қоймалар мен жазықтықта орналасқан су қоймалардың басым бөлігі кірді. Екінші топқа планктонды зооценоздардың саны 10 мың экз /м<sup>3</sup>-ден 50 мың экз/м<sup>3</sup>-ге дейінгі суқоймалар кірді. Бұл топта Төменгі Көлсай (2015 ж, 2017 ж), Космос, Первомайка (тамыз), Деревянное (тамыз), Алтынколь (тамыз), Алтай, Мыкынды, Шарбакты және Аякколь көлдері болды. Үшінші топтың құрамында планктонды жануарлардың сандық көрсеткіші 70 мың экз/м<sup>3</sup>-ден 200 мың экз/м<sup>3</sup>-ге дейінгі су қоймалар болды. Бұл топта Қызылауит (қыркүйек), Большая Подкова (маусым) және Күрті сияқты су қоймалары болды. Төртінші топ планктонды зооценоздардың тығыздығы 300 мың экз/м<sup>3</sup>- ден асатын су қоймаларын (Кайрат, ОЖСК 7 және Сорбұлак) біріктірді [157].

Кесте 8 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың зоопланктонының саны, орташа мәні, 2015-2020 жж. [157].

Су қойма	Ай, жыл	Саны, мың экз./м <sup>3</sup>				
		Rotifera	Cladocera	Copepoda	Басқа	Барлығы
1	2	3	4	5	6	7
I Тау су қоймалары						
Жоғарғы Көлсай	08.2015	3,93	0,02	0,002	0	4,16
Ортаңғы Көлсай	08.2015	1,27	0,81	0,08	0	2,48
	06.2019	2,40	0,31	1,10	0	3,80
	08.2019	0,05	1,60	0,10	0	1,81
Сарыбұлак	08.2015	59,28	19,37	5,48	0	84,14
Бартоғай	07.2019	1,27	0,72	0,02	0	2,01
II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары						
Төменгі Көлсай	08.2015	21,06	13,53	0,06	0,003	34,65
	08.2017	25,21	6,63	11,17	3,501	43,02
	06.2019	0,30	0,70	1,11	0	2,10
	08.2019	0,61	1,30	1,24	0	3,12
Қайыңды	08.2016	0	0,02	0,24	0,01	0,25
Есік	08.2016	1,26	0,004	2,06	0,004	3,33

## 8 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7
III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар						
Кайрат	08.2017	553,41	32,59	280,78	0	866,79
Космос	08.2017	19,42	0,09	1,42	0,08	21,02
Күрті	07.2017	0	48,89	39,90	0	88,79
Али	06.2019	0,60	3,31	0,05	0	4,01
	08.2019	0,80	4,60	1,70	0	7,30
Первомайка	06.2019	0,36	2,28	0,24	0	2,93
	08.2019	0,87	13,75	2,29	0	16,22
Деревянное	06.2019	1,65	5,71	0,91	0	7,77
	08.2019	4,69	1,64	6,49	0	12,82
Алтынколь	06.2019	0,56	3,76	3,09	0	7,42
	08.2019	5,58	5,86	11,91	0	23,37
Косагаш	06.2019	0,04	0,33	6,91	0	7,30
	08.2019	0,05	0,02	0,18	0	0,26
Малая Подкова	06.2019	0,81	2,88	0,01	0	3,72
	08.2019	0,01	0,24	0,01	0	0,25
Большая Подкова	06.2019	2,13	3,97	162,92	0	169,0
	08.2019	0,0	0,01	0,03	0	0,05
Актобеауит	09.2020	0,16	0,02	2,18	0,025	2,39
Алтай	09.2020	10,81	17,89	20,12	0,002	48,83
Бидайбеауит	09.2020	2,73	0	3,41	0	6,15
Жартас	09.2020	8,48	0,02	0,002	0	8,51
Карасу	09.2020	5,61	0,72	0,01	0,01	6,36
Мыкынды	09.2020	4,43	0,03	22,84	0,01	27,31
Учбулак	09.2020	0,23	0,0	0,03	0	0,28
Домалакколь	06.2020	1,29	0,08	0,01	0	1,38
Шарбакты	06.2020	0,08	0,035	0,80	0	0,93
	09.2020	0,01	0	20,23	0	20,24
Аякколь	06.2020	0,97	0,71	0,20	0,05	14,61
	09.2020	0	0	12,76	0	12,76
Кызылауит	06.2020	0,08	0,01	0,005	0	0,09
	09.2020	2,70	0,25	73,33	0,005	76,30
IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар						
Сорбулак	07.2017	175,75	27,67	101,96	6,01	305,39
ОЖСК 7	07.2017	58,04	64,09	535,23	0,04	657,40
ОЖСК 8	07.2017	24,0	16,75	145,96	0	186,71

Зоопланктонның биомассасы кең ауқымда өзгерді (кесте 9). Планктондық қауымдастықтардың ең төменгі биомассасы (10 мг/м<sup>3</sup>-ден аз) Қайыңды, Жоғарғы Көлсай, Первомайка (шілде), Косагаш (шілде), Малая Подкова, Большая Подкова (тамыз), Актөбеауит, Учбулак, Домалакколь және Кызылауит (маусым) көлдерінде тіркелді. Первомайка (тамыз), Алтынколь (шілде), Бартоғай және Шарбакты (қыркүйек) су қоймаларындағы зоопланктонның биомассасы біршама жоғары болды. Планктонды омыртқасыздардың жоғары биомассасы (1 г/м<sup>3</sup>-нан артық) Күрті, Кайрат, Кызылауит (қыркүйек), Сорбулак су қоймаларында және ОЖСК-да анықталды [157].

Кесте 9 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың зоопланктонының биомассасы, орташа мәндер, 2015-2020 жж [157].

Су қойма	Ай, жыл	Биомасса, мг/м <sup>3</sup>					Қоректік қуаттылық [121]
		Rotifera	Cladocera	Copepoda	Басқа	Барлығы	
1	2	3	4	5	6	7	8
I Тау су қоймалары							
Жоғарғы Көлсай	08.2015	3,55	0,83	1,43	0	5,81	өте төмен
Ортаңғы Көлсай	08.2015	0,82	23,86	4,83	0	29,51	өте төмен
	07.2019	49,01	7,04	32,01	0	88,51	өте төмен
	08.2019	4,40	51,10	8,01	0	63,50	өте төмен
Сарыбұлақ	08.2015	55,75	4196,87	258,15	0	4510,78	жоғары
Бартоғай	07.2019	1,65	98,54	0,24	0	100,43	өте төмен
II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары							
Төменгі Көлсай	08.2015	191,90	365,21	1,19	1,84	560,14	төмен
	08.2017	111,98	312,84	142,61	2,01	569,45	төмен
	07.2019	2,50	24,10	31,67	0	58,41	өте төмен
	08.2019	6,71	61,71	20,10	0	88,56	өте төмен
Қайыңды	08.2016	0	0,003	0,59	1,01	1,61	өте төмен
Есік	08.2016	0,27	0,02	23,53	0	23,82	өте төмен
III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар							
Кайрат	08.2017	407,09	327,08	1069,64	0	1803,81	қалыпты
Космос	08.2017	39,32	3,29	1,21	0,06	43,88	өте төмен
Күрті	07.2017	0	819,20	26,91	0	1116,11	қалыпты
Али	07.2019	1,08	15,03	0,40	0	16,52	өте төмен
	08.2019	0,78	12,58	12,53	0	26,04	өте төмен
Первомайка	07.2019	0,36	2,28	0,24	0	2,90	өте төмен
	08.2019	0,10	99,30	37,81	0	137,30	өте төмен
Деревянное	07.2019	10,40	26,70	3,80	0	40,90	өте төмен
	08.2019	56,70	10,01	14,09	0	81,07	өте төмен
Алтынколь	07.2019	3,50	65,09	38,81	0	108,30	өте төмен
	08.2019	5,51	5,80	11,09	0	23,30	өте төмен
Косагаш	07.2019	0,30	1,50	74,33	0	76,01	өте төмен
	08.2019	0,19	0,10	0,21	0	0,51	өте төмен
Малая Подкова	07.2019	2,80	7,31	0,21	0	10,40	өте төмен
	08.2019	0,11	1,10	0,11	0	1,30	өте төмен
Большая Подкова	07.2019	9,40	8,80	330,70	0	349,01	өте төмен
	08.2019	0,0	0,03	0,41	0	0,51	өте төмен
Актобеауит	09.2020	0,003	0,12	5,19	0,006	5,32	өте төмен
Алтай	09.2020	61,37	194,74	230,47	0,001	486,57	өте төмен
Бидайбекауит	09.2020	1,45	0	23,16	0	24,61	өте төмен
Жаргас	09.2020	122,77	1,66	0,02	0	124,47	өте төмен
Карасу	09.2020	63,43	10,09	0,18	0,18	73,89	өте төмен
Мыкынды	09.2020	4,82	0,90	215,20	0,002	220,89	өте төмен
Учбулак	09.2020	2,01	0	0,45	0	2,46	өте төмен
Домалакколь	06.2020	0,31	0,32	0,04	0	0,66	өте төмен
Шарбакты	06.2020	0,03	0,38	10,15	0	10,58	өте төмен
	09.2020	0,002	0	28,74	0	52,85	өте төмен
Аякколь	06.2020	0,22	1,50	194,63	0,14	196,50	өте төмен
	09.2020	0	0	33,53	0	33,53	өте төмен



## 9 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
Қызылауит	06.2020	0,04	0,02	0,01	0	0,08	өте төмен
	09.2020	9,32	5,48	1097,43	0,001	1112,23	қалыпты
IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар							
Сорбұлақ	07.2017	184,319	2321,22	140,77	0,10	2646,41	орташа
ОЖСК 7	07.2017	47,87	15176,47	1781,65	2,80	17008,79	өте жоғары
ОЖСК 8	07.2017	18,57	5453,06	637,79	0	6109,42	жоғары

Зоопланктонның биомассасының мөлшері фитопланктон мен макрозообентоспен бірге кез-келген су қойманың балық өнімділігін анықтайды. Зоопланктон биомассасының орташа мәндеріне сәйкес Сарыбұлақ және ОЖСК 8 су қоймалары қоректік қуаттылықтың жоғарғы класына, Қызылауит, Күрті және Қайрат су қоймалары орташа класына, Сорбұлақ орташа класына, ОЖСК 7 өте жоғары класына, қалған су қоймалар қоректік қуаттылықтың өте төмен класына жатады [121].

Қорытындылай келе, зоопланктонның саны және биомассасы органикалық ластануы төмен су қоймалардан органикалық ластануы жоғары су қоймаларға қарай өсті. Зоопланктон биомассасы бойынша су қоймалардың қоректік қуаттылығы өте төмен деңгеймен өте жоғары деңгей арасында болды [155-157].

### 3.3.3 Доминантты түрлер мен топтар құрамы

Таулы аймақта орналасқан су қоймалардың зоопланктонында бұтақ мұртты шаян тәрізділердің субдоминанттылық етуімен қатар көбінесе коловраткалар нағыз доминанттар болды (кесте 10). Биомассаның негізін көбінесе бұтақмұртты шаян тәрізділер құрады. Жазықтықтағы су қоймаларда сандық көрсеткіштер бойынша ескекеяқтылар үстемдік етті, кейбір жағдайларда бұтақмұртты шаян тәрізділер басым болды [156,157].

Кесте 10 – Қазақстанның оңтүстік - шығысындағы зерттелген су қоймалардың зоопланктонындағы басым топтардың құрамы, 2015-2020 жж.

Су қойма	Ай, жыл	Топ	Сандық көрсеткіштегі үлесі, %	Биомассадағы үлесі, %
1	2	3	4	5
I Тау су қоймалары				
Жоғарғы Көлсай	08.2015	Rotifera	94,5	61,1
		Cladocera	0,5	14,2
		Copepoda	0,1	24,6
Ортаңғы Көлсай	08.2015	Rotifera	51,5	2,7
		Cladocera	33,1	80,8
		Copepoda	3,4	16,3
	07.2019	Rotifera	62,9	55,3
		Copepoda	30,1	36,2
	08.2019	Cladocera	89,8	80,2
Copepoda		7,3	12,7	
Сарыбұлақ	08.2015	Rotifera	70,4	1,4
		Cladocera	23,0	93,0
		Copepoda	6,5	5,7

10 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Бартоғай	07.2019	Rotifera	63,2	1,6
		Cladocera	36,0	98,1
II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары				
Төменгі Көлсай	08.2015	Rotifera	60,8	34,3
		Cladocera	39,1	65,2
	08.2017	Rotifera	58,6	19,6
		Cladocera	15,4	54,0
		Copepoda	26,0	25,0
	07.2019	Rotifera	14,6	4,3
		Cladocera	30,1	41,3
		Copepoda	55,2	54,4
	08.2019	Rotifera	17,5	7,6
		Cladocera	39,6	69,6
Copepoda		36,4	22,7	
Кайыңды	08.2016	Cladocera	0,7	37,1
		Copepoda	95,9	62,94
Есік	08.2016	Rotifera	38,0	1,15
		Copepoda	61,7	98,78
III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар				
Кайрат	08.2017	Rotifera	63,9	26,9
		Cladocera	3,8	17,3
		Copepoda	32,4	55,8
Космос	08.2017	Rotifera	92,7	91,2
Күрті	07.2017	Rotifera	41,9	35,2
		Cladocera	13,6	25,2
		Copepoda	44,5	39,6
Али	06.2019	Rotifera	14,1	6,6
		Cladocera	82,81	90,97
	08.2019	Rotifera	11,7	3,0
		Cladocera	63,0	48,6
		Copepoda	24,1	48,4
Первомайка	08.2019	Rotifera	12,4	17,4
		Cladocera	78,0	74,8
	08.2019	Cladocera	84,8	72,3
		Copepoda	14,13	27,5
Деревянное	06.2019	Rotifera	14,9	25,5
		Cladocera	73,3	65,2
		Copepoda	11,7	9,3
	08.2019	Rotifera	36,6	69,3
		Cladocera	12,8	12,4
		Copepoda	50,6	18,2
Алтынколь	06.2019	Cladocera	50,7	60,9
		Copepoda	41,6	35,9
	08.2019	Rotifera	23,9	4,1
		Cladocera	25,10	37,3
		Copepoda	50,9	58,6
Косағаш	06.2019	Copepoda	94,6	97,6
	08.2019	Rotifera	20,9	41,6
		Cladocera	7,6	14,2
		Copepoda	71,5	44,4
Малая Подкова	06.2019	Rotifera	21,9	26,5
		Cladocera	77,4	70,2
	08.2019	Cladocera	92,3	88,4
Большая Подкова	07.2019	Copepoda	96,4	94,8
	08.2019	Cladocera	22,2	8,1
		Copepoda	77,8	92,9

10 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Актобеауит	09.2020	Copepoda	91,2	97,5
Алтай	09.2020	Rotifera	22,1	12,7
		Cladocera	36,64	40,0
		Copepoda	41,2	47,4
Бидайбекауит	09.2020	Rotifera	44,5	5,9
		Copepoda	55,5	94,1
Жаргас	09.2020	Rotifera	99,7	99,0
Карасу	09.2020	Rotifera	88,3	85,9
		Cladocera	11,3	13,7
Мыкынды	09.2020	Rotifera	16,2	2,2
		Copepoda	83,7	97,4
Учбулак	09.2020	Rotifera	81,7	81,4
		Copepoda	13,3	18,4
Домалакколь	06.2020	Rotifera	93,2	46,3
		Cladocera	6,0	47,7
Шарбакты	06.2020	Copepoda	86,7	96,0
	09.2020	Copepoda	100,0	100,0
Аякколь	06.2020	Copepoda	91,5	99,1
	09.2020	Copepoda	100,0	100,0
Кызылауит	06.2020	Rotifera	84,2	57,2
		Cladocera	10,53	27,9
		Copepoda	5,3	14,8
	09.2020	Copepoda	96,3	98,7
IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар				
Сорбұлак	07.2017	Copepoda	30,3	3,0
		Cladocera	4,1	10,3
ОЖСК 7	07.2017	Copepoda	79,7	10,3
		Cladocera	2,8	76,0
ОЖСК 8	07.2017	Copepoda	79,7	10,2
		Cladocera	4,0	67,6

Басым түрлердің құрамына келетін болсақ, таулы аймақта орналасқан су қоймалардың планктонды зооценоздарында *Keratella* туысының түрлері көбінесе басым болды, сирек жағдайларда коловраткалар *Asplanchna priodonta* және *Synchaeta stylata*, циклоптар *Cyclops vicinus* үстемдік етті (кесте 11). Биомассада *Daphnia* туысына кіретін ірі шаян тәрізділер, циклоптар *Cyclops vicinus* және диаптомустар *Eudiaptomus graciloides* басым болды [156,157].

Кесте 11 – Қазақстанның оңтүстік - шығысындағы зерттелген су қоймалардың зоопланктонындағы басым түрлер, 2015-2020 жж.

Су қойма	Ай, жыл	Топ	Түр	Сандық көрсеткіштегі үлесі, %	Биомассадағы үлесі, %
1	2	3	4	5	6
I Тау су қоймалары					
Жоғарғы Көлсай	08.2015	Rotifera	<i>Keratella quadrata</i>	68,4	36,5
Ортаңғы Көлсай	08.2015	Rotifera	<i>K. cochlearis</i>	47,3	0,1
		Copepoda	<i>Cyclops vicinus</i>	7,2	27,1
		Cladocera	<i>Chydorus sphaericus</i>	19,4	26,1
		Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	3,5	24,12
	07.2019	Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i>	50,6	55,0

11 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
Ортаңғы Көлсай	07.2019	Copepoda	<i>Acanthodiptomus denticornis</i>	18,4	21,0
		Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	85,1	80,4
	08.2019	Copepoda	<i>A. denticornis</i>	4,2	10,5
Сарыбұлақ	08.2015	Rotifera	<i>Keratella quadrata</i>	61,6	1,0
		Cladocera	<i>Daphnia longispina</i>	22,9	93,0
Бартоғай	07.2019	Rotifera	<i>Synchaeta stylata</i>	62,5	1,5
		Cladocera	<i>D. galeata</i>	31,6	84,2
II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары					
Төменгі Көлсай	08.2015	Copepoda	<i>Cyclops vicinus</i>	25,6	16,2
		Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i>	20,8	33,7
		Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	11,8	32,7
	08.2017	Copepoda	<i>C. vicinus</i>	25,9	24,9
		Cladocera	<i>Daphnia hyalina</i>	15,2	54,1
	07.2019	Rotifera	<i>A. priodonta</i>	50,64	55,01
		Copepoda	<i>Acanthodiptomus denticornis</i>	18,4	21,0
08.2019	Cladocera	<i>Daphnia galeata</i>	38,8	67,9	
Кайыңды	08.2016	Copepoda	<i>C. vicinus</i>	94,4	36,5
Есік	08.2016	Copepoda	<i>C. vicinus</i>	59,4	98,5
III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар					
Кайрат	08.2017	Rotifera	<i>Keratella tropica</i>	32,9	14,0
		Copepoda	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	32,4	55,7
Космос	08.2017	Rotifera	<i>Synchaeta stylata</i>	51,9	67,5
Күрті	07.2017	Rotifera	<i>Pompholyx sulcata</i>	35,6	1,0
		Copepoda	<i>Thermocyclops crassus</i>	34,1	30,2
Али	07.2019	Cladocera	<i>Bosmina longirostris</i>	82,7	79,1
	08.2019	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	57,2	42,4
		Copepoda	<i>Cyclopoida gen.sp.</i>	24,5	48,9
Первомайқа	06.2019	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	74,7	71,7
	08.2019	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	78,9	37,7
		Copepoda	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	13,1	26,8
Деревянное	06.2019	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	73,0	65,1
		Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i>	10,2	23,5
	08.2019	Copepoda	<i>T. taihokuensis</i>	50,4	17,5
		Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i>	36,5	69,3
Алтынколь	06.2019	Cladocera	<i>Simocephalus vetulus</i>	16,0	9,1
		Cladocera	<i>Diaphanosoma sp.</i>	7,7	22,0
		Copepoda	<i>Thermocyclops crassus</i>	25,6	27,2
	08.2019	Copepoda	<i>T. crassus</i>	48,7	49,4
		Cladocera	<i>B. longirostris</i>	20,1	16,1
		Copepoda	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	80,0	74,0
Косагаш	07.2019	Copepoda	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	80,0	74,0
	08.2019	Copepoda	<i>T. taihokuensis</i>	95,1	95,1
Малая Подкова	07.2019	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	76,2	70,1
		Rotifera	<i>Brachionus plicatilis</i>	13,2	24,3
08.2019	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	92,3	88,4	
	07.2019	Copepoda	<i>Thermocyclops taihokuensis</i>	96,3	94,3
08.2019		Copepoda	<i>T. taihokuensis</i>	96,3	94,3
	Актобеауит	09.2020	Copepoda	<i>Thermocyclops crassus</i>	91,7
Алтай	09.2020	Copepoda	<i>T. crassus</i>	41,2	47,2
Бидайбеауит	09.2020	Copepoda	<i>T. crassus</i>	55,5	94,1
Жаргас	09.2020	Rotifera	<i>Asplanchna priodonta</i>	99,7	98,6
Карасу	09.2020	Rotifera	<i>A. priodonta</i>	81,8	85,5
Мыкынды	09.2020	Copepoda	<i>T. crassus</i>	83,6	97,4
Учбулак	09.2020	Rotifera	<i>A. priodonta</i>	57,5	80,6
		Rotifera	<i>B. plicatilis</i>	90,3	44,3
Домалакколь	06.2020	Cladocera	<i>B. longirostris</i>	6,0	47,7

## 11 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6
Шарбақты	06.2020	Copepoda	<i>Thermocyclops crassus</i>	62,7	62,7
	09.2020	Copepoda	<i>Mesocyclops leuckarti</i>	78,4	54,4
Аякколь	06.2020	Copepoda	<i>T. crassus</i>	78,7	38,7
		Copepoda	<i>Acanthodiptomus denticornis</i>	12,85	60,3
	09.2020	Copepoda	<i>T. crassus</i>	100,0	100,0
Кызылауит	06.2020	Rotifera	<i>Testudinella patina</i>	63,2	31,5
	09.2020	Copepoda	<i>T. crassus</i>	96,3	98,7
IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар					
Сорбұлақ	07.2017	Copepoda	<i>Acanthocyclops trajani</i>	30,3	2,9
		Cladocera	<i>Daphnia pulex</i>	4,1	72,7
ОЖСК 7	07.2017	Copepoda	<i>A. trajani</i>	79,7	10,3
		Cladocera	<i>Daphnia magna</i>	2,8	76,0
ОЖСК 8	07.2017	Copepoda	<i>A. trajani</i>	79,7	10,2
		Cladocera	<i>D. magna</i>	4,0	67,6

Жазықтықта орналасқан су қоймалардың зоопланктонының саны негізінен бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және *Thermocyclops* туысының циклоптары есебінен болды. Жартас, Карасу, Учбулак және Космос су қоймаларының зоопланктоны ғана ерекшеленіп онда көрсеткіштің негізін *Asplanchna priodonta* және *Synchaeta stylata* коловраткалары құрады. Биомассадағы доминанттар кешені салыстырмалы түрде тұрақты болып негізінен бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және *Thermocyclops* туысының циклоптарынан құралды. Кейбір жағдайларда *Asplanchna priodonta* және *Synchaeta stylata* коловраткалары басым болды. Оң жағалаудағы Сорбұлақ каналы жүйесінің басым түрлерінің құрамы басқа су қоймалардан айтарлықтай ерекшеленді. Мұнда доминанттардың құрамына *Daphnia magna*, *Daphnia pulex* және *Acanthocyclops trajani* сияқты түрлер кірді [156,157].

Қорытындылай келе, таулы аймақта орналасқан су қоймаларда зоопланктонның саны мен биомассасында, негізінен *Daphnia* туысына кіретін ірі шаян тәрізділер, циклоптар *Cyclops vicinus* және диаптомустар *Eudiaptomus graciloides* басым болды. Ал, антропогенді қысым күшейген органикалық ластануы жоғарылаған жазықтықта орналасқан су қоймалардың зоопланктонында ұсақ бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және көлемі орташа *Daphnia magna*, *Daphnia pulex* және ұсақ ескекаяқтылардың *Thermocyclops* туысының циклоптарынан және *Acanthocyclops trajani* циклоптары доминанттылық көрсетті.

### 3.3.4 Зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері

Планктонды омыртқасыздар түрлерінің орташа саны 1,0-ден 26,3-ке дейін өзгерді (кесте 12). Көрсеткіштің максималды мәні Кайрат көлінде, минималды мәні Кызылауит көлінде тіркелді. Шеннонның алуантүрлілік индексінің мәні 0-ден 2,56 бит/экз-ға дейін және 0-ден 2,32 бит/мг-ға дейін өзгерді. Көрсеткіштің өте төмен мәні Ақтобеауит, Жартас, Карасу, Мыкынды, Домалакколь, Аякколь, Кызылауит (қыркүйек) және Малая Подкова (тамыз) көлдерінде тіркелген [156,157].

Кесте 12 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері, орташа мәндер, 2015-2020 жж.

Су қойма	Ай, жыл	Сынамадағы түрлердің орташа саны	Шеннон индексі		Δ-Шенон	Дараның орташа массасы, мг
			бит/экз	бит/мг		
I Тау су қоймалары						
Жоғарғы Көлсай	08.2015	8,0	1,55	1,86	-0,31	0,009
Ортаңғы Көлсай	08.2015	13,3	1,81	1,81	0	0,015
	07.2019	6,3	1,60	1,58	0,02	0,025
	08.2019	4,5	0,66	0,66	0	0,032
Сарыбұлақ	08.2015	12,0	1,55	0,46	1,09	0,054
Бартоғай	07.2019	5,0	0,87	0,56	0,31	0,650
II Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары						
Төменгі Көлсай	08.2015	13,0	2,22	1,78	0,44	0,013
	08.2017	11,7	2,14	1,52	0,62	0,014
	07.2019	7,1	1,77	1,59	0,18	0,015
	08.2019	7,4	1,39	1,08	0,31	0,025
Қайыңды	08.2016	2,7	0,26	0,48	-0,22	0,009
Есік	08.2016	4,3	1,18	0,24	0,94	0,009
III Орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар						
Кайрат	08.2017	26,3	2,56	2,16	0,40	0,002
Космос	08.2017	14	1,89	1,83	0,06	0,002
Күргі	07.2017	22,2	2,31	2,01	0,30	0,014
Али	07.2019	11,0	2,06	2,32	-0,26	0,004
	08.2019	11,0	2,07	1,92	0,15	0,004
Первомайка	07.2019	11,0	1,30	1,26	0,04	0,003
	08.2019	8,3	1,24	1,20	0,04	0,007
Деревянное	07.2019	7,7	0,92	0,84	0,08	0,004
	08.2019	7,0	0,84	0,72	0,12	0,007
Алтынколь	07.2019	7,0	2,07	2,32	-0,25	0,015
	08.2019	12,5	2,07	1,92	0,25	0,005
Косагаш	07.2019	6,0	1,14	1,12	0,02	0,013
	08.2019	6,5	1,52	1,60	-0,08	0,003
Малая Подкова	07.2019	11,5	1,16	1,21	-0,31	0,002
	08.2019	3,0	0,68	0,83	-0,68	0,005
Большая Подкова	07.2019	6,5	1,16	0,67	0,49	0,002
	08.2019	2,0	0,42	0,49	-0,07	0,003
Актобеауит	09.2020	4,0	0,41	0,23	0,18	0,002
Алтай	09.2020	13,0	2,45	1,50	0,95	0,010
Бидайбеауит	09.2020	4,0	0,53	0,45	0,08	0,004
Жаргас	09.2020	4,0	0,04	0,11	-0,07	0,020
Карасу	09.2020	9,5	0,96	0,74	0,22	0,010
Мыкынды	09.2020	10,0	0,72	0,22	0,50	0,008
Учбулак	09.2020	7,5	1,77	0,86	0,91	0,008
Домалакколь	06.2020	4,0	0,86	0,54	0,32	0,001
Шарбакты	06.2020	4,5	1,23	0,83	0,40	0,012
	09.2020	1,5	0,01	0,001	-0,009	0,004
Аякколь	06.2020	9,5	1,11	0,78	0,33	0,012
	09.2020	1,0	0	0	0	0,003
Қызылауит	06.2020	9,0	1,28	1,86	-0,58	0,001
	09.2020	3,5	0,31	0,11	0,20	0,015
IV Жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар						
Сорбұлақ	07.2017	16	2,48	1,77	0,71	0,020
ОЖСК 7	07.2017	8,5	1,19	1,16	0,03	0,021
ОЖСК 8	07.2017	7,7	1,26	1,17	0,10	0,025

Жоғарғы Көлсай, Қайыңды, Али (шілде), Алтынколь (шілде), Косагаш (тамыз), Малая Подкова, Большая Подкова (тамыз), Жартас (қыркүйек), Шарбакты (қыркүйек) және Қызылауит (маусым) көлдерін қоспағанда, барлық тексерілген су қоймаларда  $\Delta$ -Шенонның орташа мәндері оң болды.

Особьтардың орташа массасының мәндеріне сәйкес зерттелген су қоймалардың зоопланктондық қауымдастықтары, ірі особьтан тұратын зоопланктоны бар таулы аймақта орналасқан Жоғарғы Көлсай, Ортаңғы Көлсай, Сарыбұлақ, Бартоғай суқоймалардан басқалардың барлығында ұсақ құрамға ие болды (кесте 12).

Зоопланктондық қауымдастықтардың түрлер құрамы, сандық және құрылымдық көрсеткіштері су қоймаға және сынаманы іріктеу уақытына байланысты әр түрлі болды. Зоопланктонның доминантты түрлерінің құрамы, әсіресе экстремалды трофикалық типтегі су қоймалар – тау су қоймалармен мен сарқынды су жинақтағыштарда айтарлықтай ерекшеленді [156,157].

Қорытындылай келе, зоопланктонның түрлік құрамы әртүрлі категориядағы су қоймалар арасында ғана емес, сонымен қатар әртүрлі зерттеу кезеңінде бір су қойманың аясында айтарлықтай ерекшеленді. Сондай-ақ, түрлер саны, зоопланктонның саны мен биомассасы, Шенонның алуан түрлілік индексі таулы аймақта орналасқан су қоймалардан жазықтықта орналасқан су қоймаларға қарай ұлғайды. Керісінше, зоопланктонның жеке особь массасы таулы аймақта орналасқан су қоймаларда жоғары болды, яғни таулы аймақта орналасқан су қоймалар зоопланктоны жазықтықта орналасқан су қоймалар зоопланктонына қарағанда көлемі бойыншы ірі түрлерден құралды.

### **3.4 Су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалаудағы зоопланктонның рөлі**

#### **3.4.1 Статистикалық талдау**

Су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалаудағы зоопланктонның рөлін бағалау үшін зоопланктерлердің қоршаған орта факторларының өзгеруіне реакциясын анықтау қажет. Осы мақсатта статистикалық әдістердің жиынтығы оның ішінде Спирменнің параметрлік емес корреляциялық талдауы, көп өлшемді артықтықты талдау (RDA) [139,158] және негізгі компоненттерді талдау (PCA) қолданылды [158].

Зоопланктондық қауымдастықтардағы байланыстарды талдау планктондық омыртқасыздардың жалпы санына негізгі үлесті коловраткалар қосқанын, бұтақмұртты шаянтәрізділер және ескекаяқтылардың рөлі аз болғанын көрсетті (кесте 13). Қауымдастықтардың биомассасының негізін шаян тәрізділер құрады. Қауымдастықтардағы түрлер санының өсуімен Шеннон индексінің мәніде (бит/экз) және (бит/мг) өсті. Зоопланктон санының өсуі особьтің массасы мөлшерінің төмендеуімен қатар жүрді, бұл осы көрсеткіштер арасындағы корреляция коэффициентінің теріс мәндерімен дәлелденді. Зоопланктондық қауымдастықтарда ірі түрлердің көп болуы  $\Delta$ -Шеннон индексінің мәнінің өсуіне әкелді.

Кесте 13 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардағы зоопланктон көрсеткіштері арасындағы ішкі байланыстар,  $p < 0,05$ , 2015-2020 жж.

Жұп көрсеткіштер	R	Жұп көрсеткіштер	R
зоопланктонның жалпы сандық көрсеткіші – коловраткалардың сандық көрсеткіші	0,832	түрлер саны – Шеннон индексі (бит/экз)	0,734
зоопланктонның жалпы сандық көрсеткіші – бұтақмұрттылардың сандық көрсеткіші	0,752	түрлер саны – Шеннон индексі (бит/мг)	0,634
зоопланктонның жалпы сандық көрсеткіші – ескекаяқтылардың сандық көрсеткіші	0,786	зоопланктонның жалпы сандық көрсеткіші – особьтардың массасы	-0,738
зоопланктонның жалпы биомассасы – бұтақмұрттылардың биомассасы	0,823	особьтің жеке массасы – Шеннон дельтасы	0,340
зоопланктонның жалпы биомассасы – ескекаяқтылардың биомассасы	0,817	особьтардың массасы – Шеннон индексі (бит/мг)	-0,336

Спирменнің корреляциялық талдауы особьтің массасы мен Шеннон индексінің (бит/мг) мәндері арасындағы әлсіз теріс байланысты анықтады. Шашырап таралу диаграммасын талдау өлшем көрсеткіштеріне байланысты қауымдастықтардың алуан түрлілігінің сызықтық емес өзгергіштігін көрсетті (сурет 8).



Сурет 8 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының зоопланктондық қауымдастықтарында особьтің орташа жеке массасына байланысты Шеннонның алуантүрлілік индексі мәндерінің таралуы

Шеннон индексінің мәні (бит/мг) жеке особьтардың орташа массасының өсуімен жоғарылады, бірақ ұсақ массалы қауымдастықтарда Шеннон индексінің мәні өте жоғары болды.

Зерттелген су қоймалардағы биологиялық көрсеткіштер мен қоршаған орта факторлары арасындағы Спирманның дәрежелік корреляциясының



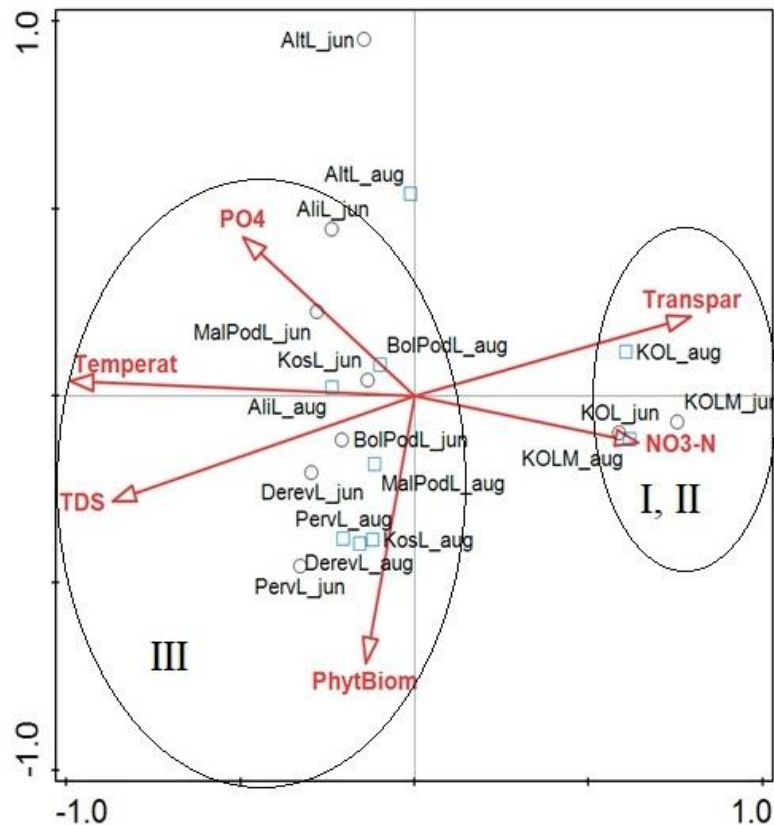
коэффициенттері 14-кестеде келтірілген. Зоопланктондық қауымдастықтардың түрлерінің байлығы судағы мырыш концентрациясының жоғарылауымен өсті, бірақ мыстың әсерінен төмендеді. Бұтақмұртты шаян тәрізділер үшін судың температурасы, мырыш пен никельдің мөлшері, ескекаяқтылар үшін – никель мен кремниймен оң байланысы тіркелді. Зоопланктондық қауымдастықтардағы особьтардың жеке массасы жазықтықта орналасқан су қоймалардан таулы аймақта орналасқан суқоймаларға қарай, және мырыш пен никель концентрациясының жоғарылауымен өсті; осы көрсеткіштің фосфат құрамымен байланысы теріс болды. Шеннон индексі (бит/экз) мен кадмий мен кремний концентрациясы арасында оң корреляциялар тіркелді; қорғасын құрамымен байланыс теріс болды. Шеннон индексі (бит/экз) бойынша бағаланатын зоопланктондық қауымдастықтардың алуантүрлілігі қорғасынмен теріс байланыста болды, алайда кадмий мөлшері жоғары су қоймаларда Шеннон индексінің (бит/экз) мәні жоғары болды [139,158].

Кесте 14 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының биологиялық көрсеткіштері мен қоршаған орта факторлары арасындағы Спирменнің дәрежелік корреляциясының коэффициенттері (R),  $p < 0,05$ , 2015-2020 жж.

Жұп көрсеткіштер	R	Жұп көрсеткіштер	R
түрлер саны – Zn	0,458	Шеннон индексі (бит/мг) – Cd	0,487
түрлер саны – Pb	-0,588	Шеннон индексі (бит/экз) – Pb	-0,456
cladocеганың саны – температура	0,612	Шеннон индексі (бит/экз) – Cr	0,546
cladocеганың саны – Zn	0,787	особьтің орташа жеке массасы, мг – теңіз деңгейінен биіктік	0,533
сорероданың саны – Ni	0,585	особьтің орташа жеке массасы, мг – PO <sub>4</sub>	-0,523
сорероданың саны – Cr	0,608	особьтің орташа жеке массасы, мг – Zn	0,523
cladocеганың биомассасы – Ni	0,632	особьтің орташа жеке массасы, мг – Ni	0,481
Шеннон индексі (бит/мг) – Pb	-0,542		

Сыртқы факторлардың зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымына әсерін одан әрі бағалау үшін көп өлшемді талдау әдістері қолданылды. RDA әдісі қауымдастықтардың түрлік құрамындағы айырмашылықтарды түсіндіру үшін ең маңызды қоршаған орта факторларының кешенін анықтауға мүмкіндік береді [125]. RDA биplotтары планктондық омыртқасыздардың барлық түрлерінің саны және зоопланктондық қауымдастықтардың жалпы сандық көрсеткіштері негізінде құрылды.

Биplotқа сәйкес, таулы аймақта орналасқан су қоймалардағы планктонды омыртқасыздардың түрлік құрамы мен сандық көрсеткіштерінің динамикасын бақылайтын негізгі факторлар нитраттар концентрациясы мен судың мөлдірлігі болды (сурет 9, I, II категориялар). Жазықтықта орналасқан су қоймаларда зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымына температура, минерализация, фосфаттар құрамы, сондай-ақ фитопланктон биомассасы арқылы көрсетілген қоректік базаның даму деңгейі әсер етті (сурет 9, III) [139].

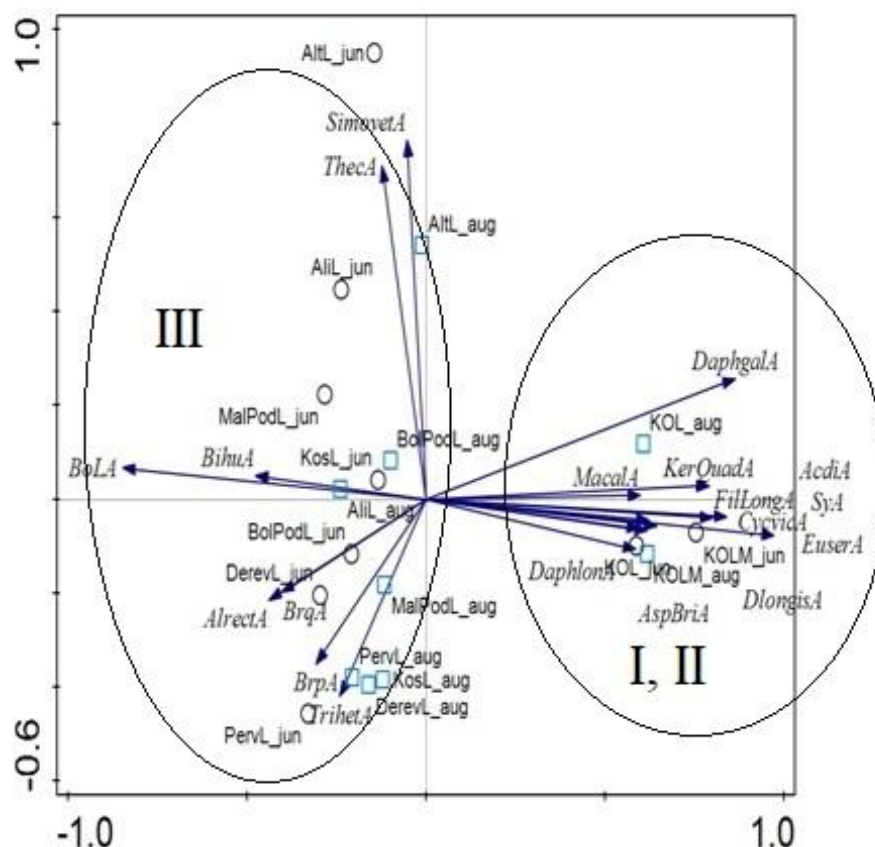


Ескертпе. I – тау су қоймалар, II – рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, III – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, дөнгелек – маусым, төртбұрыш – тамыз, қызыл бағдар – орта факторлары. Қысқартулар: AliL – Али, PervL – Первомайка, DerevL – Деревянное, AltL – Алтынколь, KosL – Косагаш, MalPodL – Малая Подкова, BolPodL – Большая Подкова, KOL – Төменгі Көлсай, KOLM – Ортаңғы Көлсай.

Сурет 9 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның су қоймаларындағы зоопланктон саны мен қоршаған орта факторлары (температура, су минерализациясы, биогендік элементтердің құрамы және фитопланктон биомассасы) арасындағы байланысты RDA арқылы талдау

Көп өлшемді (RDA) талдау қоршаған орта факторларының өзгеруіне неғұрлым сезімтал планктонды омыртқасыздардың түрлерін (теріс корреляция) және факторлардың әсеріне төзімді түрлерді (оң корреляция) анықтады (сурет 10).

Таулы аймақта орналасқан су қоймаларда бұтақмұртты шаян тәрізділер *Daphnia galeata* мен судың мөлдірлігі арасында оң корреляция (байланыстар) анықталса, коловраткалар *Asplanchna brightwelli*, *Keratella quadrata*, *Filinia longiseta*, *Synchaeta* sp., бұтақмұртты шаян тәрізділер *Daphnia longispina*, *D. longiremis*, ескекаяқты шаян тәрізділер *Eucyclops serrulatus*, *Acanthodiptomus denticornis* және *Cyclops vicinus* пен нитраттар концентрациясы арасында оң байланыс анықталды.

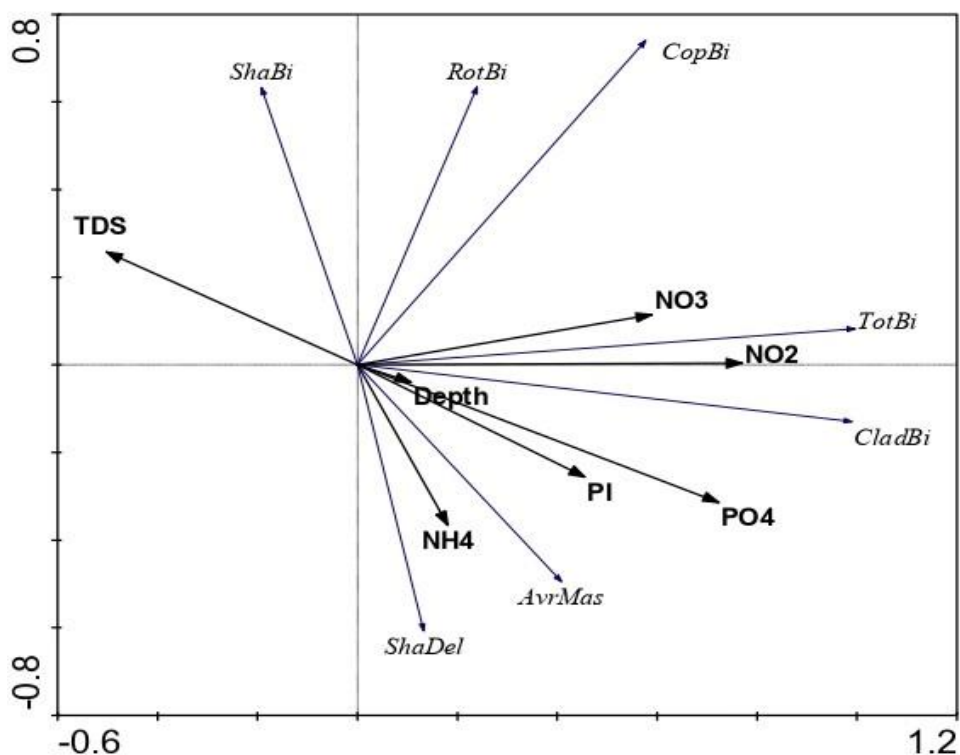


Ескертпе. I – тау су қоймалар, II – рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, III – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, дөңгелек – маусым, төртбұрыш – тамыз, қызыл бағдар – орта факторлары. Қысқартулар: AspBriA – саны *Asplanchna brightwelli*, D. longisA – саны *Daphnia longispina*, D.lonA – саны *D. longiremis*, EuserA – саны *Eucyclops serrulatus*, CycvicA – саны *Cyclops vicinus*, SyA – саны *Synchaeta*, FillongA – саны *Filinia longiseta*, AcclA – саны *Acantodiatomus denticornis*, MacalA – саны *Macrocyclus albidus*, KerquadA – саны *Keratella quadrata*, DaphgalA – саны *D.galeata*, ThecA – саны *Thermocyclops crassus*, SimovetA – саны *Simocephalus vetulus*, BrpA – саны *Brachionus plicatilis*, TrihetA – саны *Thermocyclops taihokuensis*, BrqA – саны *Brachionus quadridentatus*, Alrect – саны *Alona rectangula*, BoLA – саны *Bosmina longirostris*, BihuA – саны *Bipalpus hudsoni*.

Сурет 10 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның су қоймаларындағы (I, II, III категориялар) зоопланктонның доминантты түрлері мен орта факторлары арасындағы байланысты RDA арқылы талдау

Жазықтықта орналасқан су қоймаларда коловраткалармен *Brachionus plicatilis*, *Thermocyclops taihokuensis* ескекаяқтыларымен фитопланктон биомассасы арасында оң байланыс тіркелді. *Brachionus quadridentatus* коловраткасының саны және *Alona rectangula* кладоцерасының сандық көрсеткіштерінің өсуіне минерализация оң әсер етсе, ал *Bipalpus hudsoni* коловраткасының санына және *Bosmina longirostris* бұтақмұртты шаян тәрізділердің санына судың температурасы оң әсер етті. Бұтақмұртты шаян тәрізділердің *Simocephalus vetulus* және *Thermocyclops crassus* циклоптарының саны фосфат концентрациясымен оң байланыста болды.

Зерттелген шағын су қоймалардың ішінде лаस्ताушы заттардың аралас құрамымен сипатталатын сарқынды су жинақтағыштар ең күшті антропогендік әсерге ұшырайды. Аралас ластану жағдайында зоопланктондық қауымдастықтарға сыртқы факторлардың әсерін бағалау үшін негізгі компоненттерді талдау (РСА) қолданылды. Факторлардың зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштеріне әсер етуін оң және теріс деп сипатталды. Мысалы, белгілі бір гидрохимиялық көрсеткіштің мәні (нитраттар концентрациясы) жоғарылаған кезде зоопланктонның құрылымдық көрсеткішінің (Шеннон индексінің, бит/мг) мәні жоғарыласа олардың арасындағы байланыс оң деп саналады. Керісінше, белгілі бір гидрохимиялық көрсеткіштің мәні (нитраттар концентрациясы) жоғарылаған кезде зоопланктонның құрылымдық көрсеткішінің (Шеннон индексінің, бит/мг) мәні төмендесе олардың арасындағы байланыс теріс болғанын білдіреді [139]. РСА диаграммасы (сурет 11) жалпы зоопланктонның – коловраткалардың, бұтақмұртты және ескекеяқты шаянтәрізділердің биомассасы, негізінен нитриттер және нитраттар концентрациясымен оң байланыста болғанын, ал судың минерализациясымен теріс байланыста болғандығын көрсетті [158].

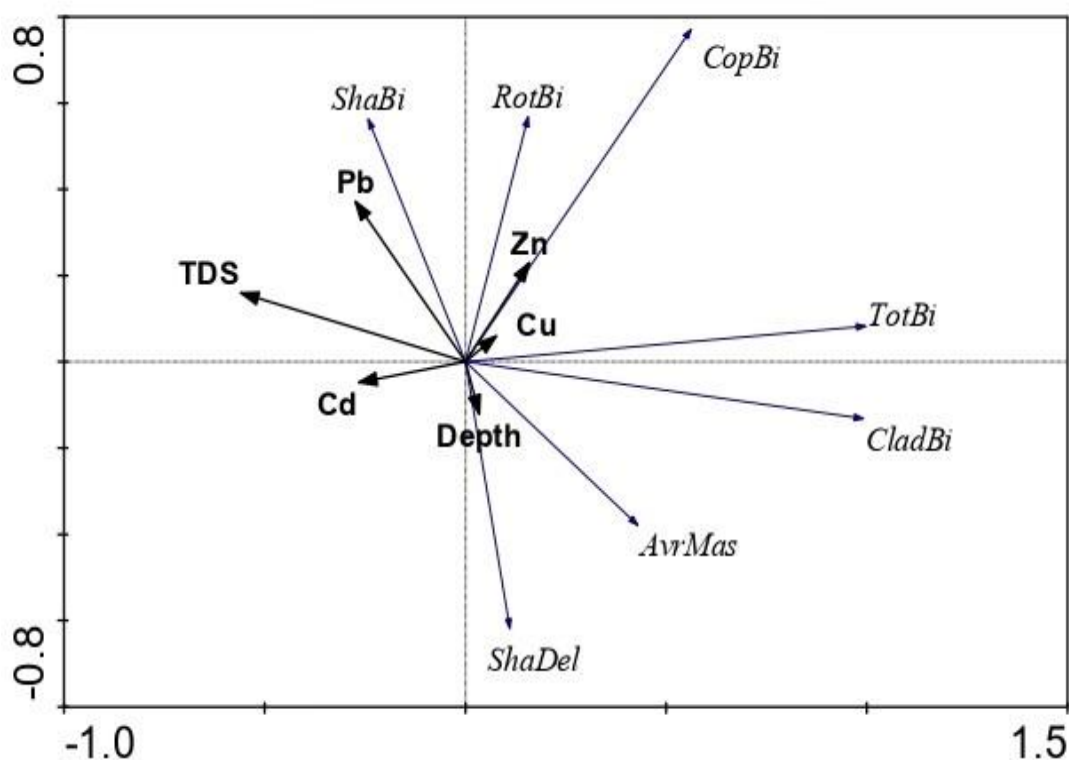


Қысқартулар: RotBi –Rotifera биомассасы, CladBi –Cladocera биомассасы, CopBi –Copepoda биомассасы, TotBi – зоопланктонның жалпы биомассасы, ShaBi – Шеннон индексі (бит/мг), ShaDel – Δ– Шеннон, AvrMas – особьтің орташа массасы. Қара бағдар – орта факторлары; көк бағдар – зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері.

Сурет 11 – Зерттелген IV категориядағы су қоймалардың зоопланктонының құрылымдық көрсеткіштері мен минерализация, су тереңдігі және биогенді элементтер арасындағы байланысты негізгі компоненттер анализі (РСА) арқылы талдау

Нитратты азоттың мөлшері ескекаяқтылардың биомассасына аз әсер етті. Организмнің массасы мен  $\Delta$ -Шеннон индексінің мәні аммоний азотының және перманганат индексі мәнімен теріс байланысты болды. Яғни аталған су қойманың көрсеткіштері ұлғайған кезде зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері төмендеген. Коловраткалар биомассасы және Шеннон индексінің мәні (бит/мг) аммоний азотымен, су қойманың тереңдігімен және аздап перманганат индексі мәнімен теріс байланысты болды. Сыртқы факторлар әсер еткенде зоопланктон саны дәл биомасса сияқты өзгерді [158].

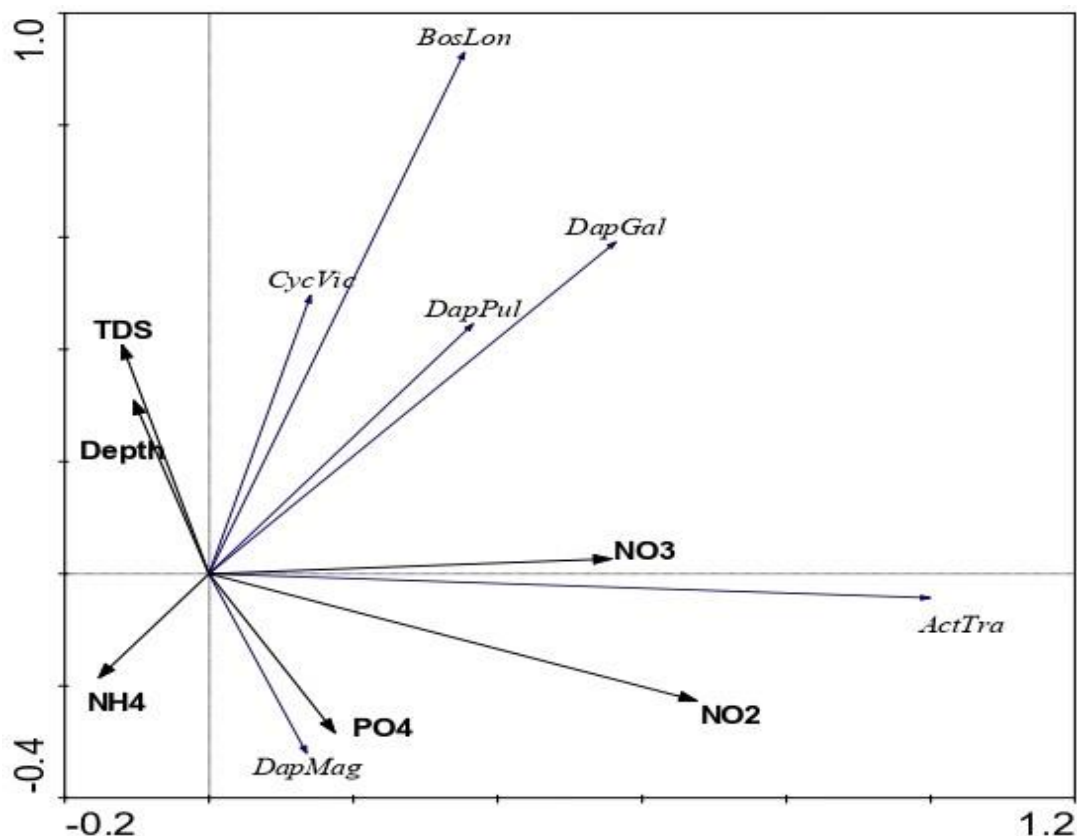
Зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымына токсинді ластанудың әсерін талдау ескекаяқтылар мен коловраткалардың биомассасы мыс пен мырышпен оң корреляция болғанын, ал кадмиймен теріс байланысты екенін көрсетті (сурет 12). Зоопланктон қауымдастықтарындағы Cladocera биомассасы және әрбір особьтің жеке массасы қорғасын, кадмий және судың минерализациясымен теріс байланыста болды. Шеннон индексінің (бит/мг мәні) қорғасын мөлшері және су қойма тереңдігімен оң байланысты болды [158].



Қысқартулар: RotBi –Rotifera биомассасы, CladBi –Cladocera биомассасы, CopBi –Copepoda биомассасы, TotBi – зоопланктонның жалпы биомассасы, ShaBi – Шеннон индексі (бит/мг), ShaDel –  $\Delta$ - Шеннон, AvrMas – особьтің орташа массасы. Қара бағдар – қоршаған орта факторлары; көк бағдар – зоопланктон қауымдастығының құрылымдық көрсеткіштері.

Сурет 12 – IV категориядағы су қоймалардың зоопланктонының құрылымдық көрсеткіштері мен минерализация, су тереңдігі, ауыр металдар арасындағы байланысты негізгі компоненттер анализі (PCA) арқылы талдау

Планктонды омыртқасыздардың кейбір түрлері сыртқы факторларға әр түрлі қарсылық / сезімталдыққа ие. Сурет 13-те көрсетілгендей, *Bosmina longirostris*, *Daphnia pulex*, *D. magna*, *D. galeata* және *Cyclops vicinus* саны мен аммоний азотының концентрациясы арасындағы байланыс теріс болды. *Acanthocyclops trajani* саны мен нитриттер мен нитраттардың құрамы арасында оң корреляция анықталды, ал дәл осы түрмен су қойманың тереңдігі мен минерализация арасында теріс корреляция анықталды. Кладоцера *D. magna* саны негізінен фосфаттармен және аздап аммоний азотымен оң байланыста болды [158].

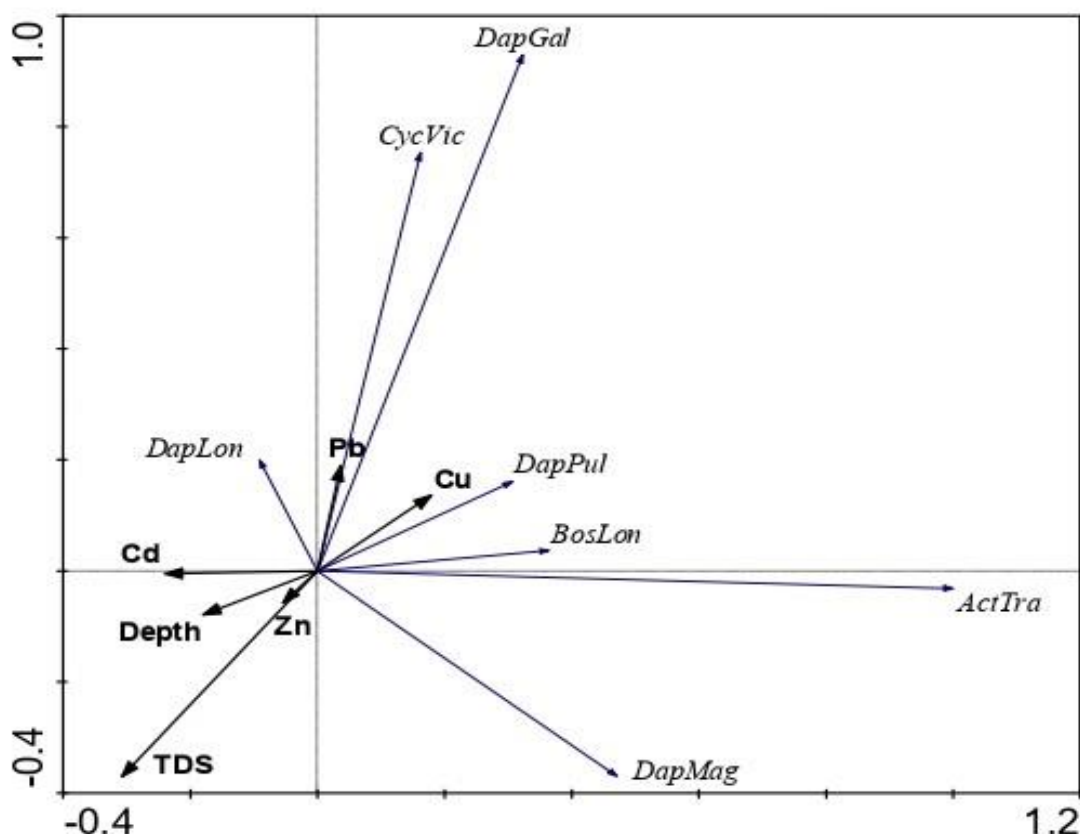


Қысқартулар: BosLon – *Bosmina longirostris*, DapPul – *Daphnia pulex*, DapMag – *Daphnia magna*, DapGal – *Daphnia galeata*, ActTra – *Acanthocyclops trajani*, CycVic – *Cyclops vicinus*.  
Қара бағдар – қоршаған орта факторлары; көк бағдар – зоопланктонның доминант түрлерінің саны

Сурет 13 – Зерттелген IV категориядағы су қоймалардың зоопланктонының доминант түрлері мен минерализация, су тереңдігі және биогенді элементтер арасындағы байланысты негізгі компоненттер анализі (PCA) арқылы талдау

Планктонды омыртқасыздардың доминант түрлерінің санына ауыр металдардың әсері 14-суретте көрсетілген. Кладоцералар *Daphnia pulex* және *Bosmina longirostris* зерттелген су қоймаларда таралуына мыс оң әсер етті, ал *Daphnia galeata* кладоцерлері және *Cyclops vicinus* циклоптары арасында кадмиймен оң байланыс болды [158].





Қысқартулар: BosLon – *Bosmina longirostris*, DapPul – *Daphnia pulex*, DapMag – *Daphnia magna*, DapGal – *Daphnia galeata*, ActTra – *Acanthocyclops trajani*, CycVic – *Cyclops vicinus*. Қара бағдар – қоршаған орта факторлары; көк бағдар – зоопланктонның доминант түрлерінің саны

Сурет 14 – Зерттелген IV категориядағы су қоймалардың зоопланктонның доминант түрлері мен ауыр металдар арасындағы байланысты негізгі компоненттер анализі (РСА) арқылы талдау

### Қорытынды

Деректерді статистикалық талдау өзара байланысты факторлардың атап айтқанда, биіктік-климаттық градиент пен антропогендік әсердің қарқындылығының зерттелген су объектілерінің зоопланктондық қауымдастықтарының құрылымын қалыптастыруға әсерін көрсетті. Таулы аймақта орналасқан суқоймалардан жазықтықта орналасқан су қоймаларға қарай судың температурасы мен минерализациясы (табиғи фактор) және кейбір ластаушы заттардың (мырыш, никель, кремний, фосфаттар; антропогендік фактор) мөлшері өсті. Тиісінше, осы бағытта зоопланктондық қауымдастықтардың түрлерінің байлығы, бұтақ мұртты шаянтәрізділердің саны артып, особьтің массасының мәні төмендеді. Зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымын бақылайтын негізгі факторлар температура, судың минерализациясы, фосфаттар, нитриттер, нитраттар, судағы перманганаттық индекс болды. Биогендік және органикалық заттардың әсері сарқынды су жинағыштардың аралас ластануы жағдайында көрінді.

Фитопланктондық қауымдастықтардың құрамы мен сандық көрсеткіштері зоопланктон құрылымына әсер ететін факторлардың бірі болды. Сонымен бірге фитопланктондық қауымдастықтар бір жағынан абиотикалық жағдайлардың әсерінен және екінші жағынан планктондық омыртқасыздардың қысымымен қалыптасты. Статистикалық талдауға сәйкес, судағы ауыр металдардың көбеюі кезінде коловраткалар мен ескекаяқтылардың рөлі артып, бұтақмұртты шаян тәрізділердің биомассасы төмендеді. Белгілі бір ластаушы заттардың көбеюіне төзімді планктонды омыртқасыздардың түрлерінің кешені анықталды. Олардың қатарына бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris*, *Daphnia magna*, *Daphnia pulex* және ескекаяқтылар *Thermocyclops crassus*, *T. taihokuensis*, *Acanthocyclops trajani* кіреді [139,156,158].

### 3.4.2 Әртүрлі антропогендік қысымы бар су қоймалардағы зоопланктон құрылымының салыстырмалы сипаттамасы

2015-2020 жылдар арасындағы зерттеулер кезеңінде Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы су қоймалардың зоопланктонында 131 таксон анықталды, алайда су қоймалар бойынша осы көрсеткіштің ауытқуы тіркелді. Барлық категориядағы су қоймаларда ортақ тек 5 түр кездесті: бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina* (*Bosmina*) *longirostris*, *Alona rectangularis*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia* (*Daphnia*) *galeata* және ескекаяқты шаян тәрізділер *Cyclops vicinus* (кесте 15). Екінші және үшінші категориялардағы су қоймаларда коловраткалар *Pompholyx sulcata*, *Hexarthra mira*, *Brachionus plicatilis*, *B. forficula*, бұтақмұртты шаянтәрізділер *Alona quadrangularis*, *Diaphanosoma mongolianum*, гарпактицида *Limnocolletodes behningi* кездесті. Белгілі бір категориядағы су қоймаларда ғана кездесетін планктонды омыртқасыздардың түрлері анықталды. Тау су қоймаларының зоопланктонына тән түрлер коловраткалар *Lecane* (*Monostyla*) *decipiens*, *Hexarthra bulgarica*, *Cephalodella forficula*, *Notholca squamula*, *N. acuminata*, *Mytilina ventralis*, *Trichocerca caspica*, *Lecane* (*Monostyla*) *closterocerca*, бұтақ мұрттылар *Simocephalus vetuloides*, *Scapholeberis kingi*, ескекаяқтылар *Macrocyclus albidus* болды. Жазықтықтағы су қоймаларда коловраткалар *Asplanchna sieboldi*, *Anuraeopsis fissa*, *Keratella tropica*, *K. cochlearis*, *Polyarthra vulgaris*, *P. eurypetra*, *P. longiremis*, *Bipalpus hudsoni*, *Trichocerca similis*, *T. longiseta*, *Trichocerca* (*Diurella*) *heterodactyla*, *Trichotria truncata*, *Lepadella ovalis*, *Brachionus angularis*, *B. calyciflorus*, *B. quadridentatus*, *B. forficula*, *Conochilus dossuarius*, *Lecane unguolata*, *L. ludwigii*, *Lecane* (*Monostyla*) *bullata*, *L. (Monostyla) cornuta*, *L. (Monostyla) quadridentata*, *Lophocharis lepadeloides*, *Hexarthra oxyuris*, *Euchlanis dilatata macrura*, бұтақмұртты шаянтәрізділер *Moina micrura*, *M. brachiata*, *Diaphanosoma brachyurum*, *D. macrophtalma*, ескекаяқтылар *Eucyclops macruroides*, *Thermocyclops crassus*, *T. taihokuensis*, *Mesocyclops leuckarti*. Су қоймаларға өте жоғарғы антропогенді қысым түскен кезде төртінші категориядағы су қоймаларға зоопланктонның келесі түрлері, атап айтқанда, коловраткалар *Brachionus variabilis*, *Leydigia leydigii*, бұтақмұртты шаянтәрізділер



*Ceriodaphnia pulchella*, ескекаяқтылар *Acanthocyclops trajani* және *Cyclops strennus* тән болды [156,159,160].

Кесте 15 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың зоопланктонының түрлік құрамы, 2015-2020 жж. [156,159,160]

Түр	Категория			
	1	2	3	4
1	2	3	4	5
Коловраткалар – Rotifera				
<i>Asplanchna brightwelli</i> (Gosse)	+	+	+	–
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	+	+	+	–
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig)	–	–	+	–
<i>Asplanchna girodi</i> (Guerne)	–	–	+	+
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse)	–	–	+	–
<i>Bdelloida</i> gen.sp.	+	+	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	–	+	+	–
<i>Filinia terminalis</i> (Plate)	–	+	+	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+	–
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	+	+	+	–
<i>Keratella tropica</i> (Apstein)	–	–	+	–
<i>Keratella tropica reducta</i> (Fadew)	+	–	+	–
<i>Keratella quadrata dispersa</i> Carlin	–	–	+	+
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse)	–	–	+	–
<i>Keratella paludosa coclesris</i> (Hauer)	–	–	+	–
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	+	+	+	–
<i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin)	–	–	+	–
<i>Polyarthra euryptera</i> (Wierzejski)	–	–	+	–
<i>Polyarthra longiremis</i> (Carlin)	–	–	+	–
<i>Polyarthra</i> sp.	–	–	+	+
<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson)	–	–	+	+
<i>Pompholyx complanata</i> (Gosse)	–	–	+	–
<i>Platylabus quadricornis</i> (Ehrenberg)	–	+	+	–
<i>Notholca squamula</i> (Muller)	–	+	–	–
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	–	+	–	–
<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse)	–	+	+	–
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	–	+	+	+
<i>Synchaeta tremula</i> (Muller)	–	+	+	–
<i>Synchaeta oblonga</i> (Ehrenberg)	–	+	–	–
<i>Synchaeta</i> sp.	+	+	+	–
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg)	–	+	–	–
<i>Synchaeta kitina</i> (Roussel.)	–	+	–	+
<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg)	–	+	–	–
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	–	+	–	–
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	–	–	+	–
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	–	+	+	–
<i>Testudinella</i> sp.	–	–	+	–
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski)	–	–	+	–
<i>Trichocerca</i> sp.	–	–	+	–

15 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
<i>Trichocerca (Diurella) heterodactyla</i> (Tschugunoff)	–	–	+	–
<i>Trichocerca (Diurella) intermedia</i> (Stenroos)	+	–	+	–
<i>Trichocerca caspica</i> (Tschugunoff)	–	+	–	–
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank)	–	–	+	–
<i>Trichotria pocillum</i> (Muller)	+	–	+	–
<i>Trichotria truncata</i> (Whitel.)	–	–	+	–
<i>Lepadella ovalis</i> (Muller)	–	–	+	–
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	–	–	+	–
<i>Brachionus calyciflorus amphiceros</i> (Ehrenberg)	–	–	+	–
<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas)	–	–	+	–
<i>Brachionus calyciflorus dorcas</i> (Gosse)	–	–	+	+
<i>Brachionus calyciflorus spinosus</i> (Gosse)	–	–	+	+
<i>Brachionus plicatilis</i> (Muller)	–	–	+	–
<i>Brachionus plicatilis longicornis</i> (Fadeev)	–	–	–	+
<i>Brachionus variabilis</i> (Hempel)	–	–	–	+
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann)	–	–	+	–
<i>Brachionus quadridentatus brevispinus</i> (Ehrenberg)	–	–	+	–
<i>Brachionus forficula</i> (Wierzejski)	–	–	+	–
<i>Conochilus dossuarius</i> (Hudson)	–	–	+	–
<i>Lecane luna</i> (Muller)	–	+	+	+
<i>Lecane unguolata</i> (Gosse)	–	–	+	–
<i>Lecane ludwigii</i> (Eckst)	–	–	+	–
<i>Lecane (Monostyla) decipiens</i> (Murray)	+	–	–	–
<i>Lecane (Monostyla) arcuata</i> (Murray)	–	+	+	–
<i>Lecane</i> sp.	+	–	+	–
<i>Lecane (Monostyla) closterocerca</i> (Schmarda)	–	+	–	–
<i>Lecane (Monostyla) bulla</i> (Gosse)	–	–	+	–
<i>Lecane (Monostyla) cornuta</i> (O. F. Müller)	–	–	+	–
<i>Lecane (Monostyla) quadridentata</i> (Ehrenberg)	–	–	+	–
<i>Lophocharis lepadeloides</i> (Rodewald)	–	–	+	–
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Zernov)	–	–	+	–
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	–	–	+	+
<i>Hexarthra bulgarica</i> (Wiszniew.)	+	–	–	–
<i>Hexarthra</i> sp.	–	–	+	–
<i>Euchlanis</i> sp.	–	–	+	–
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg)	–	+	+	+
<i>Euchlanis dilatata macrura</i> Ehrenberg	–	–	+	–
Notommatidae gen.sp.	+	–	+	+
<i>Notommata</i> sp.	–	–	+	–
<i>Leydigia leydigii</i> (Schoedler)	–	–	–	+
Бұтақмұртты шаянтәрізділер – Cladocera				
<i>Alona</i> sp.	+	–	+	–
<i>Alona protzi</i> (Hartwig)	+	–	–	–
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)	+	+	+	+
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	+	+	+	–

15 – кестенің жалғасы

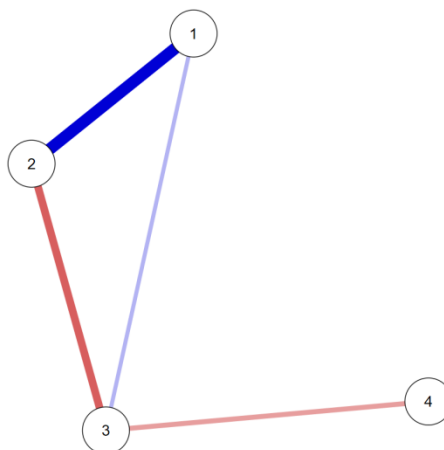
1	2	3	4	5
<i>Alona rectangula</i> (Sars)	+	+	+	+
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Muller)	–	–	+	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	+	+	+	+
<i>Camptocercus</i> sp.	–	–	+	–
<i>Moina micrura</i> (Kurz)	–	–	+	–
<i>Moina</i> sp.	–	–	–	–
<i>Moina brachiata</i> (Jurine)	–	–	+	–
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin)	–	–	+	–
<i>Diaphanosoma</i> sp.	–	–	+	–
<i>Diaphanosoma macrophtalma</i> (Korovch. Et Mirabd.)	–	–	+	–
<i>Diaphanosoma mongolianum</i> (Veno)	–	–	+	+
<i>Diaphanosoma cf. dubium</i> (Manuilova)	–	–	+	–
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	+	+	+	–
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> (Sars)	–	–	–	+
<i>Daphnia (Daphnia) hyalina</i> (Leydig)	–	+	+	–
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	+	+	+	+
<i>Daphnia (Daphnia) longiremis</i> (Sars)	+	+	–	–
<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i> (O.F. Muller)	+	+	–	–
<i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i> (Sars)	+	+	+	–
<i>Daphnia (Daphnia) turbinata</i> (Sars)	–	+	–	–
<i>Daphnia (Daphnia) pulex</i> (De Geer)	+	+	–	+
<i>Daphnia (Ctenodaphnia) magna</i> (Straus)	–	–	–	+
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller)	–	+	+	–
<i>Simocephalus vetuloides</i> (Sars)	–	+	–	–
<i>Scapholeberis kingi</i> Sars	–	+	–	–
<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg)	+	–	–	–
Ескекаяқтылар – Copepoda				
<i>Acanthocyclops trajani</i> (Mirabdullayev et Defaye)	–	–	–	+
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg)	–	–	+	–
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	–	–	+	–
<i>Thermocyclops taihokuensis</i> (Harada)	–	–	+	–
<i>Thermocyclops</i> sp.	–	–	+	–
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	+	+	+	+
<i>Cyclops strennus</i> (Fischer)	–	–	–	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Lilljeborg)	+	+	–	–
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	–	–	+	–
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	+	+	+	–
<i>Macrocyclus albidus</i> (Jurine)	–	+	–	–
<i>Mesocyclops</i> sp.	–	–	+	–
Cyclopoida gen.sp.	+	+	+	+
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski)	+	+	+	–
<i>Eudiptomus graciloides</i> (Lilljeborg)	+	–	–	–
<i>Sinodiptomus sarsi</i> (Rylov)	–	+	–	+
<i>Arctodiptomus bacillifer</i> (Koelbel)	+	+	+	–

15 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Diaptomidae gen.sp.	+	+	+	–
<i>Paraergasilus</i> sp.	+	–	+	–
Ergasilidae gen.sp.	+	–	+	–
<i>Limnocletodes behningi</i> (Borutzky)	–	–	+	+
Harpacticoida gen.sp.	+	+	+	–
Басқалар				
Nematoda gen.sp.	–	–	+	–
Ostracoda gen.sp.	–	–	–	+
Oligochaeta gen.sp.	–	+	+	–
Жалпы	13	46	16	31

\*Ескертпе. Сандармен су қоймалардың категориялары белгіленген: 1 – тау су қоймалары, 2 – рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, 3 – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, 4 – жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар.

JASP желілік талдау нәтижелері (сурет 15) зоопланктонның түрлік құрамына сәйкес су қоймалардың категория бойынша бөлінуі анықталды. Тау су қоймалары мен жазықтықта орналасқан орташа антропогендік қысымға ұшыраған су қоймалардың зоопланктонның түрлік құрамы арасында өте аз ұқсастық анықталды. Төртінші категориядағы су қоймалардың зоопланктонның түрлік құрамы өте ерекше болып, басқа категориядағы су қоймалармен ешбір ұқсастық болмады.



Ескертпе. 1 – тау су қоймалары, 2 – рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, 3 – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, 4 – жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар. Су қоймалар арасындағы сызықтың қалыңдығы корреляция мәнін көрсетеді; қаныққан көк – күшті корреляция, ақшыл көк – төмен корреляция, қызыл – теріс корреляция.

Сурет 15 – JASP желілік талдауына сәйкес Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның категорияларға бөлінген су қоймаларының зоопланктонның арасындағы түрлік ұқсастықты бағалау

Тау су қоймалары (I) және рекреациялық қысымы бар тау су қоймаларының (II) планктонды зооценоздардың арасындағы ұқсастық өте жоғарғы деңгейде болды.

Түрлер құрамынан басқа, белгілі бір категориядағы су қоймалардың зоопланктондық қауымдастықтары құрылымдық көрсеткіштері бойынша ерекшеленді (кесте 16). Бірінші категориядағы су қоймалардан төртінші категориядағы су қоймаларға қарай антропогендік қысым үдеген сайын зоопланктондағы түрлер саны, сандық көрсеткіштері, биомассасы, Шеннон индексі және Шеннон дельтасы сияқты көрсеткіштерінің мәні артты [156].

Кесте 16 – Бөлінген категориялардағы су қоймалардың зоопланктонының құрылымдық көрсеткіштерінің ауытқуының орташа мәні (алымында – ауытқуы, бөлімінде – орташа мәні мен стандартты қате)

Көрсеткіштер	*Категория			
	1	2	3	4
түрлер саны	$\frac{1,0-12,0}{5,8\pm 0,46}$	$\frac{1-20}{8,5\pm 0,66}$	$\frac{1-30}{9,6\pm 0,8}$	$\frac{7-20}{13\pm 1,1}$
саны, мың экз./м <sup>3</sup>	$\frac{0,16-84,14}{5,85\pm 3,1}$	$\frac{0,016-70,1}{12,1\pm 3,01}$	$\frac{0,040-1\ 028,393}{86,4\pm 4,0}$	$\frac{55,2-1\ 047,1}{328,7\pm 6,4}$
коловраткалар, %	31,7	29,4	33,1	32,9
бұтақмұрттылар, %	45,6	23,9	32,1	13,6
ескекаяқтылар, %	22,7	46,7	34,8	53,5
биомасса, г/м <sup>3</sup>	$\frac{0,002-4,5}{0,2\pm 0,8}$	$\frac{0,0003-1,3}{0,5\pm 0,1}$	$\frac{0,0001-2,2}{0,3\pm 0,06}$	$\frac{0,35-21,9}{5,2\pm 5,6}$
коловраткалар, %	24,5	10,2	24,0	14,0
бұтақмұрттылар, %	52,1	43,1	33,9	79,1
ескекаяқтылар, %	23,4	46,6	42,0	9,1
доминанттар кешені	<i>Keratella quadrata, K. cochlearis, Synchaeta stylata, Asplanchna priodonta, D. longispina, D. galeata</i>	<i>Asplanchna priodonta, Keratella quadrata, D. longispina, D. galeata, D. hyalina Cyclops vicinus Eudiaptomus graciloides</i>	<i>Asplanchna priodonta, Synchaeta stylata, Bosmina longirostris, Thermocyclops crassus, T. taihokuensis.</i>	<i>Daphnia magna, Daphnia pulex, Acanthocyclops trajani</i>
особьтің орташа массасы, мг	$\frac{0,0012-0,1835}{0,03\pm 0,007}$	$\frac{0,003-0,058}{0,019\pm 0,002}$	$\frac{0,0002-0,019}{0,006\pm 0,001}$	$\frac{0,001-0,063}{0,050\pm 0,005}$
Шеннон индексі, бит/экз	$\frac{0-2,0}{0,73\pm 0,10}$	$\frac{0,0-2,70}{1,61\pm 0,11}$	$\frac{0,0-2,72}{1,30\pm 0,10}$	$\frac{0,86-2,83}{2,06\pm 0,16}$
Шеннон индексі, бит/мг	$\frac{0,0-2,1}{0,64\pm 0,09}$	$\frac{0,0-2,20}{1,28\pm 0,09}$	$\frac{0,0-3,08}{1,19\pm 0,10}$	$\frac{0,41-3,09}{1,57\pm 0,22}$
Δ-Шеннон	$\frac{-0,53-1,20}{0,09\pm 0,06}$	$\frac{-0,73-1,17}{0,34\pm 0,07}$	$\frac{-0,74-1,2}{0,10\pm 0,04}$	$\frac{-0,7-2,3}{0,5\pm 0,3}$
*Ескертпе. 1 – тау су қоймалары, 2 – рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары, 3 – орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар, 4 – жоғары антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймалар.				

Зоопланктонның жалпы санындағы коловраткалардың үлесі су объектілерінің бөлінген категориялар бойынша іс жүзінде өзгерген жоқ,

сондай-ақ, олар бірінші және үшінші категориялардағы су қоймаларында жалпы биомассаның қалыптасуында ең маңызды рөл атқарды. Бірінші және екінші категориядағы су қоймаларда коловраткалардан *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Synchaeta stylata*, *Asplanchna priodonta* басым болды.

Зоопланктонның жалпы сандағы бұтақмұртты шаян тәрізділердің үлесі 13,6% - дан 46,6% - ға дейін өзгерді, бірінші категориядағы су қоймаларда максималды мәні анықталса, минималды мәні сарқынды су жинақтағыштарда анықталды. Бірінші және екінші категориядағы су қоймаларда бұтақмұртты шаян тәрізділердің доминантты түрлерінің құрамы жақын болды және көбінесе *Daphnia longispina*, *D. galeata* және *D. hyalina* болды. Үшінші категориядағы жазықтықта орналасқан су қоймаларда бұтақмұртты шаян тәрізділерден доминанттылық көрсетіп ерекшеленген түр ұсақ *Bosmina longirostris* болды. Зоопланктон биомассасының қалыптасуындағы ең маңызды рөлді кладоцералар *Daphnia magna* және *Daphnia pulex* ірі түрлері атқарды. Олардың рөлі, әсіресе сарқынды су қоймаларда ерекше болды [155-157,160].

Ескекаяқтылар максималды доминанттылықты екінші және төртінші категориялардағы су объектілерінің зоопланктоценоздарында көрсетті, алайда осы топтағы басым түрлер алуан түрлі болды. Екінші категориядағы су қоймаларда ескекаяқтылардың ірі түрлері – циклоп *Cyclops vicinus* және диаптомус *Eudiaptomus graciloides* басым болды, төртінші категориядағы су қоймаларда циклоптардың ұсақ түрі *Acanthocyclops trajani* үстемдік етті. Үшінші категориядағы су қоймаларда циклоптардың ұсақ түрлері, атап айтқанда, *Thermocyclops crassus* және *T. taihokuensis* басым болды.

Бөлінген категориялардағы су қоймалардың зоопланктондық қауымдастықтар құрылымының өзгеруін особьтің орташа массасы мәндерінің динамикасы көрсетті. Ол бірінші категориядан үшінші категорияға қарай біртіндеп төмендеді, бірақ ең ластанған су қоймалардың (IV категория) зоопланктонында қайтадан өсті.

Шеннон индексінің мәндері зерттелген су объектілерінің зоопланктонының алуантүрлілік мәні төмен екенін көрсетті. Зоопланктонның минималды алуантүрлілігі тау су қоймаларында анықталды, индекстің орташа мәні 0,60-0,73 битке тең болды. Зоопланктондық қауымдастықтардың ең жоғары алуантүрлілік деңгейі төртінші категориядағы су қоймаларда тіркелген. Үшінші категорияны қоспағанда, барлық категориялардағы су қоймаларда планктонды омыртқасыздар түрлерінің биомасса бойынша таралуы санына қарағанда біркелкі болмады, бұл  $\Delta$ -Шеннон индексінің оң мәндерін көрсетті [155-157,160].

### **Талқылау және қорытынды**

Зоопланктонның түрлерінің байлығы зерттелген су объектілерінің категориялары бойынша айтарлықтай өзгерді. Планктонды омыртқасыздар түрлерінің ең көп саны ең көп ластанған су қоймаларда (IV категория) тіркелсе, оның минималды мәні таулы суқоймаларда (I категория) анықталды. Зоопланктондық қауымдастықтарда аз түр тіркелу әртүрлі аймақтардың тау су

қоймаларына тән [161-164], бұл төмен температура мен биогендік элементтердің аздығына, демек фитопланктонның нашар дамуына байланысты [161-164]. Тиісінше, ластанған су қоймалардағы зоопланктон түрлерінің көптігі планктонды омыртқасыздардың көптеген түрлерінің бір уақытта тіршілік етуіне мүмкіндік беретін қолайлы трофикалық жағдайлармен байланысты [158].

Зоопланктонның саны мен биомассасы таулы су қоймалардан (I категория) ең ластанған су қоймалар (IV категория) бағытына қарай өсті. RDA және PCA талдауларына сәйкес, қоректік заттар су объектілерінің барлық категорияларында планктонды зооценоздардың құрылымын қалыптастыратын негізгі факторлардың бірі болды. Зоопланктонның сандық көрсеткіштерінің қоректік заттарға тәуелділігі су қоймалардағы трофикалық жағдайларды жанама түрде көрсетеді, өйткені биогендік элементтер планктонды балдырлардың көбеюіне тікелей әсер етеді [165,166]. Сонымен қатар, қоректік заттардың шамадан тыс суқоймаға түсуі планктонды балдырлардың улы түрлерінің, мысалы, цианобактериялардың жаппай дамуына ықпал етеді [168]. Цианобактериялардың ықтимал қауіпті түрлер қатарына зерттелген суқоймалардың барлығында дерлік кездескен *Gomphosphaeria aponia*, *Merismopedia punctata*, *Microcystis aeruginosa f.flos-aquae* [19,170] кіреді.

Биогендік жүктемеден басқа, зоопланктонды басқаратын факторлардың бірі – акклиматизант балық түрлерінің әсері. Акклиматизанттардың зоопланктондық қауымдастықтарға әсері Көлсай көлдері сияқты таулы су қоймаларда айқын көрінеді. Төменгі және Ортаңғы Көлсай көлдеріне форель балықтарын енгізу 1965 жылы жүргізілді [171]. Жерсіндіру жұмыстарын жүргізгенге дейін Көлсай көлдерінің зоопланктонында 39 түр тіркелген [172]. Осы кезде сандық көрсеткіштердің негізін диаптомустар құрған. Акклиматизациялық шаралар аяқталғаннан кейін Көлсай көлдерінің зоопланктоны айтарлықтай өзгерістерге ұшырады: зоопланктон түрлерінің байлығы 39 түрден 13-ке дейін төмендеді [173], диаптомустың басым түрлерінен тек ювенильді сатыдағы особьтары сақталды [173]. Мұндай өзгерістер форель балықтарының қоректену түріне байланысты. Форель балығы негізінен ірі қоректі жақсы тұтынады [174,175]. Планктонды омыртқасыздардың ішінде форель негізінен ірі циклоптарды, диаптомустарды және дафнияны тұтынады. Төменгі Көлсай және Ортаңғы Көлсай көлдеріндегі зоопланктонның төмен сандық көрсеткіштері (саны – 3,12-43,0 мың экз/м<sup>3</sup>, биомасса – 58,4-569,5 мг/м<sup>3</sup>) (саны – 1,81-3,80 мың экз/м<sup>3</sup>, биомасса – 29,5-88,5 мг/м<sup>3</sup>) акклиматизант балықтардың қысымымен байланысты екені анық. Әдеби мәліметтерге сәйкес, акклиматизант балықтардың қысымы болмаған кезде Италияның [162], Эфиопияның [176] және Американың тау көлдерінде зоопланктонның сандық көрсеткіштері [177] бізбен зерттелген тау су қоймаларына қарағанда 10 есе жоғары болды.

Бөлінген категориялардың әрқайсысының су қоймаларындағы жағдайлардың ерекшелігі зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымын, оның ішінде басым түрлердің құрамын қалыптастыру ерекшелігіне әкелді. Таулы аймақта орналасқан су қоймаларда (I, II категория) негізінен кең

ауқымды органикалық ластануға төзе алатын эврибионтты түрлер *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, *Asplanchna priodonta*, *Daphnia (Daphnia) galeata*, *D. longispina* түрлері басым болды. Жазықтықта орналасқан су қоймаларда биогендік қысым күшейген кезде (III категория) доминанттық рөл цианобактериларды қорек ретінде тұтына алатын [178,119] *Thermocyclops crassus* және *T. taihokuensis* циклоптарымен олардың ювенильді сатыдағы особьтарына өтті. Сарқынды суды жинақтағыштарда (IV категория) бұтақмұртты шаянтәрізділер *Daphnia magna*, *D. pulex* және циклоп *Acanthocyclops trajani* басым болды. Аталған түрлер әртүрлі сыртқы факторларға, соның ішінде улы ластануға төзімді. Дафния түрлерінің ауыр металдарға сезімталдығы түрлерге байланысты және дененің көлеміне кері пропорционал [180]. Кладоцералар *Daphnia pulex* және *D. magna* физиологиялық тұрғыдан сыртқы жағдайлардың кең спектріне бейімделе алады [181,182], оның ішінде цианобактериялардың саны көп жоғары трофты су қоймаларда тіршілік ете алады. Себебі, бұл ірі дафниялар сүзгі аппараттарындағы қылшықтар қалыңдағандықтан цианобактериялардың трихомаларын жоя алады [183,184]. Дафнияның басқа түрлеріне келетін болсақ, ұзын трихомасы бар цианобактериялар олардың сүзгі аппаратын бітеп, олардың қоректену қарқындылығын төмендетеді [183,184]. *Acanthocyclops trajani* циклоптары Қазақстанның ең ластанған су қоймаларын, соның ішінде Самарқан, Ынтымақ, Шардара су қоймаларын мекендейді [136,137,185]. *Daphnia magna*, *D. pulex* және *Acanthocyclops trajani* циклоптары Сорбұлақ су қоймасының зоопланктонында әр түрлі зерттеу кезеңдерінде үстемдік етті, бұл олардың жоғары экологиялық икемділігін көрсетеді [136,137,185-188].

Зоопланктондық қауымдастықтар құрылымының интегралды сипаттамасы – особьтің орташа жеке массасының мөлшері. Бұл өлшем көрсеткіші бірқатар факторлардың [115,190-192], оның ішінде биогендік элементтердің құрамының бақылауында болады [193]. Әдебиет көздеріне сәйкес [38], олиготрофты су қоймаларда зоопланктерлердің орташа массасы 0,025 мг-ға тең, мезотрофты суқоймада – 0,0178, жоғары трофты су қоймада – 0,0155, политрофты су қоймада – 0,0049 мг-ға жетеді. Қазақстанда  $\alpha$ -олиготрофты су қоймаларда көрсеткіш 0,0093 мг-ға жетсе,  $\beta$ -олиготрофты су қоймаларда 0,0354,  $\alpha$ -мезотрофты су қоймаларда 0,0157,  $\beta$  – мезотрофты су қоймада 0,0156,  $\alpha$ -эвтрофты су қоймада 0,0160,  $\beta$  – эвтрофты су қоймада 0,0057, гиперэвтрофты су қоймада 0,0036 мг-ға дейін өзгерді [194 ].

Зерттеу нәтижелеріне сәйкес, зоопланктондық қауымдастықтардағы жеке особьтардың орташа массасы фондық су қоймалардан (I категория) жазықтықта орналасқан су қоймалар (III категория) бағытына қарай 0,030-дан 0,006 мг-ға дейін төмендеді. Зоопланктондық қауымдастықтардың құрамының ұсақталуы антропогендік, соның ішінде биогендік қысымның көрсетілген бағытта жоғарылауын көрсетті және бұл әдеби деректерге сәйкес келеді.

Сарқынды сужинақтағыштардың зоопланктонында жеке особьтардың орташа жеке массасының мәні (0,05 мг) оларды олиготрофты су қоймалар деңгейінде сипаттаған. Олардағы антропогендік әсер биогендік элементтердің



сарқынды сулармен үнемі және тұрақты түсуі түрінде болады. Синтезделген органикалық заттардың қарқынды алынуы балық аулау арқылы жүзеге асырылады (бейресми түрде), бұл өз кезегінде экожүйені динамикалық тепе-теңдікте ұстауға көмектеседі және биологиялық қауымдастықтардың құрамының ұсақталуында көрінетін су қойманың қартаю процесін баяулатады. Экожүйенің жыл сайынғы жасаруы Шардара су қоймасында байқалды [24]. Мұның болжаушысы тағы бір фактор – оның гидрологиялық режимінің тұрақсыздығы. Биогендік элементтер режимінен басқа, сарқынды сулардағы зоопланктонның түрлері мен өлшемді құрылымы (жеке особь массасы) улы және органикалық компоненттердің арақатынасымен анықталады. Сарқынды сулардағы зоопланктонның сипатталған құрылымы улы ластанудың төмен деңгейімен және органикалық заттардың көп мөлшерімен байланысты болды. Осылайша, сарқынды сулардың созылмалы аралас ластануы жағдайында зоопланктонның жеке массасының жоғары мәні олардың органикалық ластану деңгейін көрсетпеді. Тиісінше, бұл көрсеткішті осы типтегі су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалау кезінде сақтықпен қолдану керек.

Шеннон индексінің мәндеріне сәйкес (кесте 8) зерттелген су қоймалардың зоопланктондық қауымдастықтарының әртүрлілігі едәуір дәрежеде өзгерді (0,002-ден 2,48 битке дейін). Шеннонның алуантүрлілік индексінің жоғары мәндері үшінші және төртінші категориялардағы су қоймаларда байқалды. Бұл өз кезегінде, олиготрофты су объектілерімен салыстырғанда үшінші және төртінші категориялардағы су қоймаларда қоректік базаның жеткілікті және түрлердің көп болуына қолайлы жағдайлардың бар екенін көрсетті.

Қауымдастықтардағы түрлердің үстемдік құрылымын  $\Delta$  - Шеннонның көмегімен көрсетуге болады [69,164,195-198]. Ірі түрлері бар қауымдастықтарда түрлердің таралуы биомассаға қарағанда біркелкі болады. Тиісінше, Шеннонның (бит/экз) мәні Шеннонға (бит/мг) қарағанда жоғары, ал  $\Delta$ -Шеннон индексі оң болады. Бұзылған қауымдастықтарда ұсақ түрлер басым [190,199-201], тиісінше  $\Delta$ -Шеннонның мәні теріс.  $\Delta$ - Шеннон индексінің оң мәндері су объектілерінің тек бірінші, екінші және төртінші категорияларындағы су қоймаларда зоопланктон қауымдастықтары үшін айқын стресстің жоқтығын көрсетті, бұл органикалық және токсинді ластану градиентіне төзімді ірі планктонды омыртқасыздардың осы категориялардағы су қоймаларда басым болуымен байланысты.

Зоопланктон құрылымын қалыптастырудың анықтаушы факторларының бірі – су экожүйесіндегі токсинді заттардың құрамы, ол сарқынды су жинағыштарда айқын көрінеді. Токсинді ластанудың төмендеуі жағдайында 2017 жылы Сорбұлақ жинақтауышында зоопланктон құрылымында елеулі өзгерістер болды [136,137] бұрын белгілі деректермен салыстыру соңғы он жылдықта сарқынды су жинақтауыштарының зоопланктонының саны 197000-нан 305400 экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, ал биомассасы 1,29 г/м<sup>3</sup>-ден 2,65 г/м<sup>3</sup>-ге дейін өскенін көрсетті. 2017 ж. зоопланктонда бұрынғы зерттеулерде үнемі тіркелген [136,137] морфологиялық ауытқулары бар особьтар мүлде болмаған (сурет 16).



Сурет: Крупа Е.Г.

Сурет 16 – Оң жағалаудағы Сорбұлақ каналы жүйесінің ағынды су жинағыштарының зоопланктонында тіркелген *Acanthocyclops trajani* циклоптарының популяцияларында морфологиялық ауытқулары бар особьтар [202]

### 3.4.3 Зоопланктондық қауымдастықтардың индикаторлық көрсеткіштері

Осы зерттеуде қолданылған әртүрлі статистикалық талдаулар су объектілерінің органикалық, токсинді және аралас ластануы кезінде зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік берді [202]. Органикалық ластанудың индикаторлық көрсеткіштері: зоопланктон қауымдастықтарында *Brachionus*, *Chydorus*, *Bosmina*, *Thermocyclops* туыстарына кіретін түрлердің болуы; зоопланктон санының орташа есеппен 10 мың экз/м<sup>3</sup>-ден 328,7 мың экз/м<sup>3</sup>-ге дейін өсуі, биомассаның 0,2-ден 5,2 г/м<sup>3</sup>-ге дейін ұлғаюы; ұсақ бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және *Thermocyclops crassus* және *T. taihokuensis* циклоптарының үстем болуы; особьтің орташа жеке массасының 0,03-тен 0,006 мг-ға дейін төмендеуі; Шеннонның алуантүрлілік индекстерінің 0,73-тен 1,30 экз/битке дейін және 0,64 бит/мг-ден 1,19 бит/мг-ға дейін өсуі.

Токсинді ластанған суқоймалардың зоопланктонының индикаторлық көрсеткіштері: мүмкін болатын деңгеймен салыстырғанда зоопланктонда токсинді ластануға төзімсіз түрлердің жойылып кетуі есебінен зоопланктон саны мен биомассасының өте төмен көрсеткіші; зоопланктонда токсинді ластануға өте төзімді Cyclopoidea тұқымдасы өкілдерінің рөлінің артуы; су қоймада токсинді ластану ұзақ уақыт бойы орын алған жағдайда Cyclopoidea тұқымдасынан *Acanthocyclops trajani* түрінің үстемдік етуі [155,156,202]; су қоймада токсинді ластану ұзақ уақыт бойы орын алған жағдайда циклоптар популяцияларында тератологиялық ауытқулары бар особьтардың пайда болуы [156,202].

Су қоймалар аралас ластануға ұшыраған кезде (органикалық және токсинді) зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері: зоопланктон құрылымы органикалық және токсинді ластану көздерінің келіп түсу көлемімен

уақытына байланысты зоопланктон құрылымының өзгергіштігі; токсинді ластану деңгейі ұлғайған жағдайда циклоптар Cyclopoidea тұқымдасының өкілдері басым болып, зоопланктон саны және биомассасында *Daphnia* туысының рөлінің төмен болуы; токсинді ластану деңгейі төмендеп органикалық ластану артқан кезде зоопланктонда бұтақмұртты шаянтәрізділер басымдылық көрсетуі; биогенді элементтердің бірден бір көзі тұрмыстық қалдық сулар су қоймаға келіп түсуі нәтижесінде *Daphnia magna* және *D. pulex* кладоцераларының жаппай дамуына себеп болып зоопланктон санымен биомассасының жоғары деңгейде болуы саналады.

### 3.5 Зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау

Су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау су қоймалардың гидрохимиялық көрсеткіштері мен зоопланктонының құрылымдық көрсеткіштері негізінде жүргізілді.

#### 3.5.1 Гидрохимиялық көрсеткіштер негізінде зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау

Су қоймалардың экологиялық жағдайын гидрохимиялық көрсеткіштер бойынша бағалау үшін [203,204] жұмыстарында ұсынылған су сапасының классификациясы қолданылды.

Судағы оңай тотығатын органикалық және бейорганикалық заттардың бар екендігін перманганат индексі көрсетеді. Яғни перманганат индексі арқылы судың органикалық заттармен қаныққандығы жөнінде мәлімет алып, су қойманың ластану деңгейін білуге болады [205]. Перманганат индексі бойынша Жоғарғы Көлсай, Ортаңғы Көлсай, Төменгі Көлсай ең таза деп бағаланды (кесте 17). Сарыбұлақ көлі өте таза су қоймалар қатарына жатқызылды. Қайыңды, Кайрат, Космос, Күрті, Жартас, Карасу, Мыкынды, және Учбулак су қоймалары айтарлықтай таза болса, дәл осы көрсеткіш бойынша Есік, Домалакколь және Кызылауит көлдері жеткілікті дәрежеде таза болды. Перманганат индексі бойынша қалған су қоймалардың ластануы шамалы ластанғаннан қатты ластанған дәрежелер арасында болды.

Кесте 17 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының экологиялық жағдайын судағы перманганат индексі бойынша бағалау, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Ай, жыл	*ПИ, мгО/дм <sup>3</sup>	Су сапасының разряды және класы [203,204]	Су сапасының сипаты
1	2	3	4	5
Жоғарғы Көлсай	08.2015	1,2	1	ең таза
Ортаңғы Көлсай	08.2015	1,2	1	ең таза
	06.2019	0,8	1	ең таза
	08.2019	дж	дж	дж
Сарыбұлақ	08.2015	2,1	2/2а	өте таза
Бартоғай	09.2020	дж	дж	дж

## 17 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5
Төменгі Көлсай	08.2015	1,36	1	ең таза
	08.2017	6,3	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	06.2019	0,9	1	ең таза
	08.2019	дж	дж	дж
Қайыңды	08.2016	4,40	2/2б	айтарлықтай таза
Есік	08.2016	6,40	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Қайрат	07.2017	5,30	2/2б	айтарлықтай таза
Космос	07.2017	5,30	2/2б	айтарлықтай таза
Күрті	08.2017	5,59	2/2б	айтарлықтай таза
Али	06.2019	10,20	4/4а	орта дәрежеде ластанған
	08.2019	8,40	3/3б	шамалы ластанған
Первомайка	06.2019	10,10	4/4а	орта дәрежеде ластанған
	08.2019	10,10	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Деревянное	06.2019	9,20	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	7,50	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Алтынколь	06.2019	9,40	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	9,60	3/3б	шамалы ластанған
Косагаш	06.2019	9,60	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	8,50	3/3б	шамалы ластанған
Малая Подкова	06.2019	9,10	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	10,20	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Большая Подкова	06.2019	8,90	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	10,20	4/4а	шамалы ластанған
Актобеауит	06.2019	6,01	3/3а	орта дәрежеде ластанған
Алтай	08.2019	8,30	3/3б	шамалы ластанған
Бидайбекауит	09.2020	8,85	3/3б	шамалы ластанған
Жаргас	09.2020	4,85	2/2б	айтарлықтай таза
Карасу	09.2020	4,75	2/2б	айтарлықтай таза
Мыкынды	09.2020	5,75	2/2б	айтарлықтай таза
Учбулак	09.2020	5,47	2/2б	айтарлықтай таза
Домалакколь	09.2020	7,85	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Шарбакты	07.2019	5,95	2/2б	айтарлықтай таза
	06.2020	8,60	3/3б	шамалы ластанған
Аякколь	06.2020	7,10	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	09.2020	9,30	3/3б	шамалы ластанған
Кызылауит	06.2020	6,40	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	09.2020	6,01	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Сорбулак	07.2017	11,19	4/4а	орта дәрежеде ластанған
ОЖСК 7	07.2017	21,8	5/5а	өте қатты ластанған
ОЖСК 8	07.2017	10,9	4/4а	орта дәрежеде ластанған

\*Ескертпе. ПИ – перманганат индексі, дж – дерек жоқ.

Нитрит азотының құрамы бойынша Али, Деревянное, Кызылауит су қоймалары өте таза, айтарлықтай таза, жеткілікті дәрежеде таза болып есептеледі (кесте 18). Аталған көрсеткіш бойынша Қайрат, Карасу, Мыкынды, Учбулак, Домалакколь және ОЖСК 8 орта дәрежеде ластанған болды. Қайыңды, Алтай және Сорбулак, ОЖСК 7, Космос, Күрті және Алтынколь су қоймаларында судың сапасы бесінші класқа өте қатты ластанған су қоймалар қатарына кірді. Басқа су қоймаларда әртүрлі зерттеу кезеңдерінде судың сапасы жеткілікті дәрежеде таза деңгейден шамалы ластанған деңгейге дейін өзгерді.

Кесте 18 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының экологиялық жағдайын судағы нитритті азот концентрациясы бойынша бағалау, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Ай, жыл	N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	Су сапасының разряды және класы	Су сапасының сипаты
Жоғарғы Көлсай	08.2015	0,05	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Ортаңғы Көлсай	08.2015	0,08	4/4б	қатты ластанған
	06.2019	0,08	4/4б	қатты ластанған
	08.2019	0,002	2/2а	өте таза
Сарыбұлақ	08.2015	0,02	3/3б	шамалы ластанған
Бартоғай	09.2020	дж	дж	дж
Төменгі Көлсай	08.2015	0,07	4/4б	қатты ластанған
	08.2017	0,26	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	06.2019	0,002	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	0,004	2/2б	айтарлықтай таза
Қайыңды	08.2016	0,14	5/5а	өте қатты ластанған
Есік	08.2016	0,07	4/4б	қатты ластанған
Кайрат	07.2017	0,04	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Космос	07.2017	0,53	5/5б	өте қатты ластанған
Күрті	08.2017	0,45	5/5б	өте қатты ластанған
Али	06.2019	0,002	2/2а	өте таза
	08.2019	0,002	2/2а	өте таза
Первомайка	06.2019	0,008	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	08.2019	0,08	4/4б	қатты ластанған
Деревянное	06.2019	0,01	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	08.2019	0,01	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Алтынколь	06.2019	0,76	5/5б	өте қатты ластанған
	08.2019	0,04	5/5б	өте қатты ластанған
Косагаш	06.2019	0,02	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	0,36	5/5а	өте қатты ластанған
Малая Подкова	06.2019	0,02	3/3б	шамалы ластанған
	08.2019	0,01	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Большая Подкова	06.2019	0,01	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	08.2019	0,02	3/3б	шамалы ластанған
Актобеауит	06.2019	0,02	3/3б	шамалы ластанған
Алтай	08.2019	0,18	5/5а	өте қатты ластанған
Бидайбекауит	09.2020	0,004	2/2б	айтарлықтай таза
Жартас	09.2020	0,02	3/3б	шамалы ластанған
Карасу	09.2020	0,03	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Мькынды	09.2020	0,04	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Учбулак	09.2020	0,03	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Домалакколь	09.2020	0,04	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Шарбакты	06.2020	0,53	5/5а	өте қатты ластанған
	09.2020	0,06	4/4б	қатты ластанған
Аякколь	06.2020	0,02	3/3б	шамалы ластанған
	09.2020	0,21	5/5а	өте қатты ластанған
Кызылауит	06.2020	0,01	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
	09.2020	0,08	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Сорбұлақ	07.2017	0,11	5/5а	өте қатты ластанған
ОЖСК 7	07.2017	0,29	5/5а	өте қатты ластанған
ОЖСК 8	07.2017	0,05	4/4а	орта дәрежеде ластанған

Нитрат азотының концентрациясы бойынша зерттелген су қоймалардың басым бөлігі су сапасы ең таза су қоймалар болып табылды (кесте 19).

Кесте 19 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының экологиялық жағдайын судағы нитратты азот концентрациясы бойынша бағалау, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Ай, жыл	N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Су сапасының разряды және класы	Су сапасының сипаты
Жоғарғы Көлсай	08.2015	0,003	1	ең таза
Ортаңғы Көлсай	08.2015	0,002	1	ең таза
	06.2019	0,006	1	ең таза
	08.2019	0,0006	1	ең таза
Сарыбұлақ	08.2015	0	1	ең таза
Бартоғай	09.2020	0	1	ең таза
Төменгі Көлсай	08.2015	0,003	1	ең таза
	08.2017	0,003	1	ең таза
	06.2019	0,0006	1	ең таза
	08.2019	0,01	1	ең таза
Қайыңды	08.2016	0,55	3/3а	жеткілікті дәрежеде таза
Есік	08.2016	0	1	ең таза
Кайрат	07.2017	0,01	1	ең таза
Космос	07.2017	0,200	2/2а	өте таза
Күрті	08.2017	0,003	1	ең таза
Али	06.2019	0,002	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Первомайка	06.2019	0,003	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Деревянное	06.2019	0,003	1	ең таза
	08.2019	0,002	1	ең таза
Алтынколь	06.2019	0,003	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Косагаш	06.2019	0,0006	1	ең таза
	08.2019	0,002	1	ең таза
Малая Подкова	06.2019	0,002	1	ең таза
	08.2019	0,002	1	ең таза
Большая Подкова	06.2019	0,002	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Актобеауит	06.2019	0,002	1	ең таза
Алтай	08.2019	0,006	1	ең таза
Бидайбекауит	09.2020	0,002	1	ең таза
Жаргас	09.2020	0,006	1	ең таза
Карасу	09.2020	0,002	1	ең таза
Мыкынды	09.2020	0,0003	1	ең таза
Учбулақ	09.2020	0,009	1	ең таза
Домалакколь	09.2020	0,006	1	ең таза
Шарбакты	07.2019	0,003	1	ең таза
	06.2020	0,001	1	ең таза
Аякколь	06.2020	0,003	1	ең таза
	09.2020	0,012	1	ең таза
Кызылауит	06.2020	0,003	1	ең таза
	09.2020	0,006	1	ең таза
Сорбұлақ	07.2017	0,003	1	ең таза
ОЖСК 7	07.2017	0,003	1	ең таза
ОЖСК 8	07.2017	0,002	1	ең таза

Космос және Қайыңды көлдерінде су сапасы жеткілікті дәрежеде таза және өте таза екінші және үшінші класқа сәйкес келді.

Зерттелген су объектілерінің көпшілігінде аммоний азотының мөлшері бойынша ең таза және өте таза су деңгейінде болды (кесте 20).

Кесте 20 – Оңтүстік-Шығыс Қазақстанның зерттелген су қоймаларының экологиялық жағдайын судағы аммоний азотының концентрациясы бойынша бағалау, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Ай, жыл	N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Су сапасының разряды және класы	Су сапасының сипаты
Жоғарғы Көлсай	08.2015	0,19	2/2б	айтарлықтай таза
Ортаңғы Көлсай	08.2015	0,07	2/2а	өте таза
	06.2019	0,15	2/2а	өте таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
	08.2015	0,08	2/2а	өте таза
Сарыбұлақ	08.2015	0,08	2/2а	өте таза
Бартоғай	09.2020	0,14	2/2а	өте таза
Төменгі Көлсай	08.2015	дж	дж	дж
	08.2017	0,004	1	ең таза
	06.2019	0,005	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Қайыңды	08.2016	0,01	1	ең таза
Есік	08.2016	0,007	1	ең таза
Кайрат	07.2017	0,58	4/4а	орта дәрежеде ластанған
Космос	07.2017	0,01	1	ең таза
Күрті	08.2017	0,10	2/2а	өте таза
Али	06.2019	0,02	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Первомайка	06.2019	0,02	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Деревянное	06.2019	0,003	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Алтынколь	06.2019	0,0003	1	ең таза
	08.2019	0,001	1	ең таза
Косагаш	06.2019	0,001	1	ең таза
	08.2019	0,003	1	ең таза
Малая Подкова	06.2019	0,01	1	ең таза
	08.2019	0,007	1	ең таза
Большая Подкова	06.2019	0,0003	1	ең таза
	08.2019	0,0003	1	ең таза
Актобеауит	06.2019	0,16	2/2б	айтарлықтай таза
Алтай	08.2019	0,003	1	ең таза
Бидайбекауит	09.2020	0,015	1	ең таза
Жартас	09.2020	0,04	1	ең таза
Карасу	09.2020	0,03	1	ең таза
Мькынды	09.2020	0,02	1	ең таза
Учбулак	09.2020	0,06	2/2а	өте таза
Домалакколь	09.2020	0,07	2/2а	өте таза
Шарбакты	07.2019	0,07	2/2а	өте таза
	06.2020	0,10	2/2а	өте таза
Аякколь	06.2020	0,06	2/2а	өте таза
	09.2020	0,31	3/3б	шамалы ластанған
Кызылауит	06.2020	0,06	2/2а	өте таза
	09.2020	0,11	2/2б	айтарлықтай таза
Сорбұлақ	07.2017	0,20	2/2б	айтарлықтай таза
ОЖСК 7	07.2017	0,17	2/2б	айтарлықтай таза
ОЖСК 8	07.2017	0,009	1	ең таза

Көрсеткіш бойынша тек қана Кайрат пен Аякколь көлдерінде орташа ластанған және аз ластанған су қоймалар деңгейінде судың төмен сапасы тіркелді.

Зерттеу кезеңінде оң жағалаудағы Сорбұлақ каналы жүйесінің сарқынды су жинақтағыштарының суында ауыр металдардың ең жоғары концентрациясы анықталды. Бартоғай тау су қоймасында ауыр металдардың салыстырмалы түрде жоғары мөлшері тіркелді. Қалған су қоймаларда ауыр металдардың концентрациясы төмен деңгейде болды.

Қорыта келгенде, химиялық талдау деректері негізінде зерттелген су объектілерінің органикалық ластануы айтарлықтай жоғары деңгейде, токсинді ластану төмен деңгейде екені белгілі болды.

### 3.5.2 Зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау.

Зерттелген су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалау үшін зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері пайдаланылды. Су қоймалардың органикалық ластану деңгейін зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштерінен ең нақты көрсеткіш – особьтің орташа массасының мәндері қолданылды. Себебі, бұл көрсеткіштің өзгергіштігі негізінен органикалық ластанудың жоғарылауымен байланысты болды. Су объектілерінің органикалық ластану деңгейін орташа жеке масса бойынша бағалау үшін бұрын [194] шкала әзірленді (кесте 21). Жасақталған шкала құрылымы бойынша химия саласының мамандары жасақтаған су сапасының классификациясына [203,204], түстік кодына эквивалентті.

Кесте 21 – Зоопланктондық қауымдастықтардың құрылымдық көрсеткіштері негізінде су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалау шкаласы

Трофтылық деңгейі	Су қойманың жағдайы	Түс коды	Особьтің орташа массасы, мг
ультра-олиготрофты	ең таза		0,0093±0,0021
α-олиготрофты	өте таза		0,0354±0,009
β-олиготрофты	айтарлықтай таза		0,0157±0,009
α-мезотрофты	жеткілікті дәрежеде таза		0,0156±0,002
β – мезотрофты	шамалы ластанған		0,0160±0,0048
α-эвтрофты	орта дәрежеде ластанған		0,0057±0,0011
β –эвтрофты	қатты ластанған		0,0036±0,0001
гиперэвтрофты	өте қатты ластанған		>0,0036

Мысалы, зоопланктонның құрылымдық көрсеткіші – особьтің орташа массасы бойынша су қойманың экологиялық жағдайы ультра-олиготрофты трофтылық деңгейде болса, гидрохимиялық көрсеткіш бойынша су сапасының классификациясы ең таза бірінші класқа сәйкес келеді. Сол сияқты, α-олиготрофты суқоймалар, гидрохимиялық көрсеткіші бойынша су сапасы – 2 а класына – өте таза су қоймаға; β-олиготрофты – 2 б класы айтарлықтай таза; α-мезотрофты – 3 а класы жеткілікті дәрежеде таза су қоймаға; β – мезотрофты – 3 б класы шамалы ластанған; α-эвтрофты – 4 а класы орта дәрежеде ластанған; β – эвтрофты – 4 б класы қатты ластанған; гиперэвтрофты – 5 а класы өте қатты



ластанған. Келтірілген классификацияға сәйкес Жоғарғы Көлсай, Сарыбұлақ, Бартоғай, Қайыңды, Есік көлдері ең таза су қоймалар қатарына кірді (кесте 22).

Кесте 22 – Оңтүстік- Шығыс Қазақстанның су қоймаларының экологиялық жағдайын зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде бағалау

Су қойма атауы	Ай, жыл	Дараның орташа массасы, мг	Су қойманың жағдайы
Жоғарғы Көлсай	08.2015	0,009	ең таза
Ортаңғы Көлсай	08.2015	0,015	жеткілікті дәрежеде таза
	07.2019	0,025	жеткілікті дәрежеде таза
	08.2019	0,032	өте таза
	08.2019	0,032	өте таза
Сарыбұлақ	08.2015	0,054	өте таза
Бартоғай	07.2019	0,065	өте таза
Төменгі Көлсай	08.2015	0,013	шамалы ластанған
	08.2017	0,014	шамалы ластанған
	07.2019	0,015	шамалы ластанған
	08.2019	0,025	шамалы ластанған
Қайыңды	08.2016	0,009	ең таза
Есік	08.2016	0,009	ең таза
Кайрат	08.2017	0,002	қатты ластанған
Космос	08.2017	0,002	қатты ластанған
Күрті	07.2017	0,014	шамалы ластанған
Али	07.2019	0,004	қатты ластанған
	08.2019	0,004	қатты ластанған
Первомайка	07.2019	0,003	қатты ластанған
	08.2019	0,007	қатты ластанған
Деревянное	07.2019	0,004	қатты ластанған
	08.2019	0,007	қатты ластанған
Алтынколь	07.2019	0,015	шамалы ластанған
	08.2019	0,005	қатты ластанған
Косагаш	07.2019	0,013	қатты ластанған
	08.2019	0,003	қатты ластанған
Малая Подкова	07.2019	0,002	қатты ластанған
	08.2019	0,005	қатты ластанған
Большая Подкова	07.2019	0,002	қатты ластанған
	08.2019	0,003	қатты ластанған
Ақтобеауит	09.2020	0,002	қатты ластанған
Алтай	09.2020	0,010	шамалы ластанған
Бидайбекауит	09.2020	0,004	қатты ластанған
Жартас	09.2020	0,020	шамалы ластанған
Карасу	09.2020	0,010	қатты ластанған
Мыкынды	09.2020	0,008	қатты ластанған
Учбулак	09.2020	0,008	қатты ластанған
Домалакколь	06.2020	0,001	қатты ластанған
Шарбакты	06.2020	0,016	шамалы ластанған
	09.2020	0,004	қатты ластанған
Аякколь	06.2020	0,016	шамалы ластанған
	09.2020	0,003	өте қатты ластанған
Қызылауит	06.2020	0,001	қатты ластанған
	09.2020	0,015	шамалы ластанған
Сорбұлақ	07.2017	0,020	орта дәрежеде ластанған
ОЖСК 7	07.2017	0,021	орта дәрежеде ластанған
ОЖСК 8	07.2017	0,025	орта дәрежеде ластанған

Ортаңғы Көлсай және Жартас көлдері жеткілікті дәрежеде таза болды. Төменгі Көлсай, Күрті, Алтай су қоймалары органикалық заттармен шамалы ластанған болды. Кайрат, Космос, Али, Первомайка, Деревянное, Алтынколь,

Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова, Карасу, Мыкынды, Актобеауит, Бидайбеауит, Учбулак және Домалакколь су қоймалары органикалық заттармен қатты ластанған. Сорбұлак, ОЖСК 7 және ОЖСК 8 су қоймаларының ластануы орташа дәрежеде болды. Шарбакты, Аякколь, Кызылауит, Алтынколь көлдерінің органикалық ластану деңгейі шамалы ластану мен өте қатты ластану дәрежесі арасында болды.

Зерттелген су объектілерінің токсинді ластануын бағалау үшін зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері, атап айтқанда, токсинді ластануға өте төзімді Cuscloroida тұқымдасы өкілдерінің рөлінің артуы, Cuscloroida тұқымдасынан *Acanthocyclops trajani* түрінің үстемдік етуі [202], *Daphnia magna* және *D. pulex* туысының рөлінің төмен болуы, циклоптар популяцияларында тератологиялық ауытқулары бар особьтардың пайда болуы пайдаланылды. Барлық таулы аймақта орналасқан су қоймаларда зоопланктонның саны мен биомассасы орташа деңгейде, жазықтықта орналасқан су қоймаларда жоғары дәрежеде болды. Барлық зерттелген су қоймаларда токсинді ластануға өте төзімді Cuscloroida тұқымдасы өкілдерінің рөлінің артуы, *Acanthocyclops trajani* абсолютті доминанттылығы және циклоптар популяцияларында тератологиялық ауытқулары бар особьтар мүлде тіркелмеді. Аталған зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштеріне сүйене отырып, барлық зерттелген су қоймаларда токсинді ластану төмен деңгейде деген тұжырым жасалынды.

Қорытындылай келе, гидрохимиялық және зоопланктонның құрылымдық көрсеткіші бойынша кешенді бағалау су қоймалардың әртүрлі деңгейде органикалық ластанғандығын анықтады. Кешенді бағалау нәтижесіне сәйкес, Жоғарғы Көлсай, Сарыбұлак, Бартоғай, Қайыңды, Есік, Ортаңғы Көлсай және Жартас көлдері ең таза су қоймалар қатарына кірді. Ол негізі осы су қоймалардың антропогендік қысымнан қашықтықта орналасуына байланысты. Төменгі Көлсай, Күрті, Алтай су қоймалары органикалық заттармен шамалы ластанған болды, бұған негізгі себеп – су қоймаларға рекреациялық қысымның артуы. Кайрат, Космос, Али, Первомайка, Деревянное, Алтынколь, Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова, Карасу, Мыкынды, Актобеауит, Бидайбеауит, Учбулак және Домалакколь су қоймалары органикалық заттармен қатты ластанған. Сорбұлак, ОЖСК 7 және ОЖСК 8 су қоймаларының ластануы орташа дәрежеде болды. Шарбакты, Аякколь, Кызылауит, Алтынколь көлдерінің органикалық ластану деңгейі шамалы ластану мен өте қатты ластану дәрежелері арасында болды. Бұл су қоймалардың органикалық ластануының негізгі себептері су қоймалар маңайында мал шаруашылығының дамуы, рекреациялық қысым, ауыл шауашылық дақылдарын суару және сарқынды сулардың келіп түсуімен байланысты. Кешенді бағалау нәтижесіне сәйкес, барлық зерттелген су қоймаларда ауыр металдармен ластану төмен деңгейде екені анықталды.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Зерттеудің нәтижелері Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы шағын су қоймалардың зоопланктонының ерекшелігін көрсетті, бұл тіршілік ету жағдайларының гетерогенділігіне байланысты. Шағын су қоймалардың экологиялық жағдайын экологиялық мониторингтің кешенді әдісінің бір бөлігі ретінде, зоопланктондық қауымдастықтардың рөлі көрсетілген. Химиялық әдістер су объектілерінің экологиялық жағдайын материалды таңдау кезінде ғана бағалауға мүмкіндік береді және су қоймасы туралы толық ақпарат бермейді, сол себепті, биоиндикацияның интегралды әдістерін су қоймалардың экологиялық жағдайын бағалауда қолдану маңызды болып саналады.

Шағын су қоймалардың зоопланктонын осы зерттеудің объектісі ретінде таңдау ғылыми маңызды нәтижелерге қол жеткізуге, соның ішінде биоалуантүрлілікті сақтаудағы шағын су қоймалардың маңыздылығын көрсетуге, планктондық омыртқасыздардың су ортасының тұрақсыз жағдайларына бейімделу мүмкіндіктерін бағалауға, антропогендік қысымның әртүрлі деңгейі мен сипаты бар су объектілерінің экологиялық жағдайын бағалау үшін зоопланктондық қауымдастықтардың индикаторлық көрсеткіштерін анықтауға мүмкіндік берді. Шағын су қоймалардың зоопланктон түрлерінің байлығы туралы алынған жаңа ақпарат биоалуантүрлілік деректер банкін толықтырды.

Осы зерттеуде қолданылған әртүрлі статистикалық талдаулар антропогендік қысымның әртүрлі деңгейі бар су қоймаларда зоопланктон құрылымының қалыптасу ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді. Су қоймада органикалық ластанудың күшейюінің бірден бір көрсеткіші – зоопланктон қауымдастықтарында *Brachionus*, *Chydorus*, *Bosmina*, *Thermocyclops* туыс түрлерінің болуы, зоопланктон санының орташа есеппен 10 мың экз/м<sup>3</sup>-ден 328,7 мың экз/м<sup>3</sup>-ға дейін өсуі, биомассаның 0,2-ден 5,2 г/м<sup>3</sup>-ге дейін аздап ұлғаюы, ұсақ бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және *Thermocyclops crassus* және *T. taihokuensis* циклоптарының үстем болуы, оосбьтің орташа жеке массасының 0,03-тен 0,006 мг-ға дейін төмендеуі, зоопланктондық қауымдастықтардың сандық көрсеткіштерінде ұсақ түрлердің біркелкі таралуы нәтижесінде Шенонның алуантүрлілік индексінің 0,73-тен 1,30 экз/битке дейін және 0,64 бит/мг-ден 1,19 бит/мг-ға дейін өсуі екені анықталды.

Сарқынды су жинағыштардың зоопланктонын зерттеу ондағы сукцессияның антропогендік сипаты табиғи процестерден айтарлықтай айырмашылықтарға ие екенін көрсетті және су қоймалардың токсинді және аралас ластануы кезінде зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштерін бөліп алуға мүмкіндік берді. Су қоймада токсинді ластанудың күшейюінің бірден бір көрсеткіші – мүмкін болатын деңгеймен салыстырғанда зоопланктонда токсинді ластануға төзімсіз түрлердің жойылып кетуі есебінен зоопланктон саны мен биомассасының өте төмен мәндері, зоопланктонда токсинді ластануға өте төзімді Cyclopoidea тұқымдасы өкілдерінің рөлінің артуы, Cyclopoidea

тұқымдасынан *Acanthocyclops trajani* түрінің үстемдік етуі, циклоптар популяцияларында тератологиялық ауытқулары бар особьтардың пайда болуы екені анықталды. Су қоймалар аралас ластануға ұшыраған кезде (органикалық және токсинді) зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері ретінде зоопланктон құрылымының тұрақсыздығы, Cyclopoidea тұқымдасы өкілдерінің басым болуы, токсинді ластану деңгейі төмендеп органикалық ластану артқан кезде зоопланктонда бұтақмұртты шаянтәрізділердің басымдылық көрсетуі, биогенді элементтердің бірден бір көзі тұрмыстық қалдық сулар су қоймаға келіп түсуі кезінде жаппай дамиды *Daphnia magna* және *D. pulex* түрлерінің үстемдік етуі есептеледі.

Жоғарыда бөлініп алынған зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері негізінде және гидрохимиялық көрсеткіштер негізінде Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайына кешенді баға берілді. Фондық су қоймаларға су қойма маңайында антропогендік ластану көздері жоқ және су жинау алаңы қалыпты жағдайда болған су қоймалар кірсе, антропогенді өзгерген су қоймаларға су жинау бассейндерінің аумағы әртүрлі мақсатқа пайдалану нәтижесінде ластанған су қоймалар кірді.

Кешенді бағалау нәтижесіне сәйкес, Жоғарғы Көлсай, Сарыбұлақ, Бартоғай, Қайыңды, Есік, Ортаңғы Көлсай және Жартақ көлдері ең таза су қоймалар қатарына кірді. Ол негізі осы су қоймалардың антропогендік қысымнан қашықтықта орналасуына байланысты. Төменгі Көлсай, Күрті, Алтай су қоймалары органикалық заттармен шамалы ластанған болды, бұған негізгі себеп – су қоймаларға рекреациялық қысымның артуы. Қайрат, Космос, Али, Первомайка, Деревянное, Алтынколь, Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова, Карасу, Мыкынды, Ақтобеауит, Бидайбекауит, Учбулак және Домалакколь су қоймалары органикалық заттармен қатты ластанған. Сорбұлақ, ОЖСК 7 және ОЖСК 8 су қоймаларының ластануы орташа дәрежеде болды. Шарбакты, Аякколь, Қызылауит, Алтынколь көлдерінің органикалық ластану деңгейі шамалы ластану мен өте қатты ластану дәрежелері арасында болды. Бұл су қоймалардың органикалық ластануының негізгі себептері су қоймалар маңайында мал шаруашылығының дамуы, рекреациялық қысым, ауыл шаруашылық дақылдарын суару және сарқынды сулардың келіп түсуімен байланысты. Кешенді бағалау нәтижесіне сәйкес, барлық зерттелген су қоймаларда токсинді ластану төмен деңгейде екені анықталды.

Су қоймалардың экологиялық жағдайына жүргізілген бағалау өңірдегі халық санының өсуі, жаһандық климаттық өзгерістер және қоршаған ортаға антропогендік қысымның үдемелі қарқындылығы жағдайларында ерекше маңызды болып табылады. Осы зерттеудің нәтижелері зерттелген су объектілерінің биологиялық алуантүрлілігін сақтау жөнінде қажетті шараларды уақытылы қабылдауға мүмкіндік береді. Зоопланктон биомассасы негізінде алынған су қоймалардың қоректік қуаттылығы бойынша нәтижелер зерттелген су қоймаларда балық өнімділігін бағалауға және балық аулауды реттеуге мүмкіндік береді.

## ТҰЖЫРЫМ

Алынған нәтижелер келесідей тұжырымдар жасауға мүмкіндік береді:

1 Гидрохимиялық мәліметтерге және фитопланктон биомассасының мөлшеріне сәйкес, зерттелген су объектілерінің көпшілігінде планктонды омыртқасыздардың тіршілік ету жағдайлары қолайлы болды.

2 Зоопланктонда 131 таксон тіркелді. Зоопланктон саны 10,0-328,7 мың экз/м<sup>3</sup>, биомассасы 0,2-5,2 г/м<sup>3</sup>-ға жетті. Зоопланктонда коловраткалар *Asplanchna priodonta*, *Keratella quadrata*, *K. cochlearis*, бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris*, *Daphnia magna*, *D. pulex*, ескекаяқтылар *Thermocyclops crassus*, *T. taihokuensis*, *Acanthocyclops trajani* доминантты болды. Шеннонның индексі 0,73-тен 1,30 экз/битке дейін және 0,64 бит/мг-нан 1,19 бит/мг-ға дейін өзгерді.

3 Статистикалық талдауға сәйкес (PCA, RDA) тау су қоймаларында зоопланктонның құрылымын бақылайтын негізгі факторлар судың мөлдірлігі мен нитраттардың мөлшері болды; жазықтықта орналасқан су қоймаларда – температура, минерализация, фосфаттардың мөлшері, қоректік базаның даму деңгейі (фитопланктон биомассасы) және ауыр металдардың мөлшері болды.

4 Зоопланктонның индикаторлық көрсеткіштері анықталды. Су қоймада органикалық ластану жоғарылаған кезде зоопланктонда *Brachionus*, *Chydorus*, *Bosmina*, *Thermocyclops* туыстарының түрлері пайда болады. Зоопланктон саны орта есеппен 10,0-ден 328,7 мың экз/м<sup>3</sup>-ге дейін, биомассасы 0,2-ден 5,2 г/м<sup>3</sup>-ге дейін артады. Ұсақ бұтақмұртты шаянтәрізділер *Bosmina longirostris* және ұсақ ескеаяқты шаянтәрізділер *Thermocyclops crassus* және *T. taihokuensis* циклоптары доминанттылық көрсетеді. Шеннонның алуантүрлілік индексі 0,73-тен 1,30 экземпляр/битке дейін және 0,64 бит/мг-нан 1,19 бит/мг-ға дейін артады. Су қойма ауыр металдармен ластанғанда зоопланктонның сезімтал түрлерінің жойылуы нәтижесінде зоопланктонның саны мен биомассасы неғұрлым төмен мәндерге ие болады. Зоопланктонның жалпы сандық көрсеткіштеріндегі бұтақмұртты шаян тәрізділердің (Cladocera) үлесі төмендейді, ал циклоптардың Cyclopoidea рөлі артады. *Acanthocyclops trajani* циклоптары доминантты болады. Циклоптар популяцияларында тератологиялық ауытқулары бар особьтар үнемі кездеседі. Су объектілерінің аралас ластануы жағдайында зоопланктон тұрақсыз құрылымға ие болады. Токсинді компоненттің үлесінің жоғарылауымен циклоптар Cyclopoidea басым болады, ал бұтақмұртты шаян тәрізділердің үлесі төмендейді. Токсинді ластанудың төмендеуімен зоопланктонның құрылымы бұтақмұртты шаян тәрізділердің биомассасында үстемдігінің жоғарылауына байланысты өзгереді. Тұрмыстық сарқынды сулар есебінен биогендік элементтердің су қоймаға тұрақты түрде келіп түсуі ірі дафниялардың *Daphnia magna* және *Daphnia pulex*-тің жаппай көбеюіне және зоопланктон саны мен биомассасының ұлғаюына ықпал етеді.

5 Гидрохимиялық және зоопланктонның құрылымдық көрсеткіштері негізінде зерттелген су қоймалардың экологиялық жағдайына кешенді баға

берілді. Жоғарғы Көлсай, Сарыбұлақ, Бартоғай, Қайыңды, Есік, Ортаңғы Көлсай және Жартас көлдері тап-таза, Төменгі Көлсай, Күрті және Алтай көлдері шамалы ластанған су қоймалар санатына жатқызылды. Кайрат, Космос, Али, Первомайка, Деревянное, Косагаш, Малая Подкова, Большая Подкова, Қарасу, Мыкынды, Ақтобеауит, Бидайбекауит, Учбулак және Домалакколь көлдерінде органикалық ластануы жоғары деңгейде болды. Сорбұлақ, ОЖСК 7, ОЖСК 8 су қоймалары органикалық ластану деңгейі орташа дәрежедегі су қоймалар деп бағаланды. Шарбакты, Аякколь, Кызылауит, Алтынколь көлдерінде органикалық ластану деңгейі шамалы ластанған мен қатты ластанған дәрежелер арасында болды. Барлық зерттелген су объектілерінің токсинді ластануы төмен деңгейде болды.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Sládeček V. System of water quality from the biological point of view // Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. – 1973. – №3. – P. 25-85.
- 2 Biggs J., Fumetti S., Kelly–Quinn M. The Importance of Small Water Bodies: Insights from Research // Hydrobiologia. – 2017. – Vol. 793. – P. 3-39. <https://doi.org/10.1007/s10750-016-3007-0>
- 3 Ismail A. H., Adnan A. A. Zooplankton Composition and Abundance as Indicators of Eutrophication in Two Small Man-made Lakes // Tropical Life Sciences Research. – 2016. – Vol. 27, №1. – P. 31–38. Doi: 10.21315/tlsr2016.27.3.5.
- 4 Meerhoff M., Jeppesen E. Shallow lakes and ponds. In Encyclopedia of Inland Waters Edition. – Oxford: Pergamon Press, 2009. – P. 645–655.
- 5 Рақыбаева А.А., Джантасова А.С., Баймуқанов М.Т. К оценке современного состояния зоопланктона озера Маркаколь // Вестник КазНУ. Серия «Биология». Алматы, 2012. – № 4 (50) – С. 98–102.
- 6 Евсеева А.А. Оценка степени загрязнения водоемов Зайсан-Иртышского бассейна по показателям зоопланктона в 2010 году // Вестник КАСУ. – 2011. – №6. – С. 37-43.
- 7 Трошина Т.Т. Структура и экологическое состояние зоопланктона литоральной зоны оз. Алаколь в весенне–летний период 2013 г. // Изв. НАН РК. Серия «Биологическая и медицинская». – Алматы, 2015. – № 308. – С. 15-19.
- 8 Крупа Е.Г., Цой В.Н., Лопарева Т.Я., Пономарёва Л.П., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н., Асылбекова С.Ж. Многолетняя динамика гидробионтов озера Балхаш и ее связь с факторами среды // Вестник АГТУ. Серия «Рыбное хозяйство». – Астрахань, 2013. – № 2. – С. 85-96.
- 9 Стуге Т.С. Краткие итоги изучения оз. Балхаш // Tethys Aqua Zoological Research. – Т. 2. – С. 71-72.
- 10 Трошина Т.Т. Коловратки озера Балхаш в летний период 2003-2005 гг. // Материалы Междунар. науч. Конф. «Биоразнообразие животного мира Казахстана, проблемы сохранения и использования». Алматы, 2007. – С.78-81.
- 11 Крупа Е.Г. Таксономическое разнообразие и количественное развитие макрофагообразных озера Балхаш // Aqua Zoological Research. – Т. 4. – С. 45-56
- 12 Крупа Е.Г., Балымбетов К. Динамика количественных показателей зоопланктона в зависимости от солености и уровня воды Малого Аральского моря // Изв. НАН РК. Серия «Биологическая и медицинская». – Алматы, 2014. – № 2. – С. 7-12.
- 13 Крупа Е.Г., Айнабаева Н. Зоопланктон Шардаринского водохранилища // Изв. НАН РК. Серия «Биологическая и медицинская». – Алматы, 2016. – № 6. – С. 203-208.

- 14 Krupa E. Assessment of Changes in the Structure of Zooplankton Communities to Infer Water Quality of the Caspian Sea // *Diversity*. – 2019. – Vol. 11, №122. – P. 1-16.
- 15 Krupa E. Zooplankton as Indicator of the Ecological State of Protected Aquatic Ecosystems (Lake Borovoe, Burabay National Nature Park, Northern Kazakhstan) // *Water*. – 2020. – Vol. 12, №2580. – P. 1-19. Doi:10.3390/w12092580
- 16 Шарапова Л. И., Нуриева Ш.Б., Минжанова Г.М. Зоопланктон индикатор качества воды // *Изв. НАН РК. Серия «Биологическая и медицинская»*. – Алматы, 2017. – № 4. – С. 159-166.
- 17 Стуге Т.С., Крупа Е.Г., Лопатин О. Е., Мамилов Н.Ш., Матмуратов С.А., Трошина Т.Т., Акбердина Г.Ж., Приходько Д.Е., Сливинский Г.Г. Современное состояние гидроценозов в зоне влияния Темиртау-Карагандинского промышленного комплекса // *Мат-лы Всероссийской конференции по водной токсикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы»*. – Борок, 2008. – С. 253-255.
- 18 Крупа Е.Г. Разнообразие и количественные показатели зоопланктона малых степных водоемов Западно-Казахстанской области // *Вестник КазНУ. Серия «Биология»*. Алматы, 2012. – № 1 (13). – С. 182-185.
- 19 Аубакирова Г.А. Гидробиологический режим озер Акмолинской области, Ашыколь и Кумколь // *Вестник наук КазАТУ им. С. Сейфуллина*. – Астана, 2010. – №4 (55). – С. 133-137.
- 20 Аубакирова Г.А. Особенности зоопланктоноценоза средних озер Костанайского района Северного Казахстана // *Вестник НГАУ*. Астана, 2010. – № 3(15). – С. 54-62.
- 21 Шарапова Л. И. Биоразнообразие и продуктивность планктофауны малых водоемов Северного Казахстана в сезонном аспекте // *Вестник АГТУ. Серия «Рыбное хозяйство»*. – Астрахань, 2020. – № 4. – С. 81-92.
- 22 Echaniz S.A., Vignatti A.M. The zooplankton of the shallow lakes of the semi-arid region of southern South America. *Ann. Limnol // Int. J. Limn.* – 2017. – №53. – P. 345–360. Doi: 10.1051/limn/2017018
- 23 Rosińska J., Romanowicz-Brzozowska W., Kozak A. Zooplankton changes during bottom-up and top-down control due to sustainable restoration in a shallow urban lake // *Env. Sci. Pollut Res.* – 2019. – №26. – P. 19575-19587. Doi:10.1007/s11356-019-05107-z
- 24 Krupa E.G. Structural Characteristics of Zooplankton of the Shardarinskoe Reservoir and Their Use in Water Quality Assessment // *Water Resources*. – 2007. – Vol. 34, №6. – P. 712–717.
- 25 Feeley H.B., Kelly-Quinn M. An evaluation of local and regional diversity of benthic macroinvertebrate communities in two small regions of Ireland and their potential as localised refugia for certain taxonomic groups // *Biol. Environ. Proc. R. Ir. Acad.* – 2012. – Vol. 112. – P. 43-54.
- 26 Tranvik L.J., Downing J.B., Cotner S.A., Loiselle R.G., Striegl T.J., Ballatore P.J., Dillon K., Finlay K., Fortin L.B., Knoll P. Lakes and impoundments as



- regulators of carbon cycling and climate // *Limnol. Oceanogr.* – 2009. – Vol. 54. – P. 2298–2314.
- 27 Spoljar M., Drazina T., Sargac J., Kralj Borojevic K., Zutinic P. Submerged macrophytes as a habitat for zooplankton development in two reservoirs of a flow-through system (Papuk Nature Park, Croatia) // *Intern. J Limnol.* – 2012. – Vol. 48. – P. 161-175. <https://doi.org/10.1051/limn/2012005>
- 28 Choi J.Y., Jeong K.S., La G.H., Joo G.J. Effect of removal of free-floating macrophytes on zooplankton habitat in shallow wetland // *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* – 2014. – Vol. 414. – P. 11–22. <https://doi.org/10.1051/kmae/2014023>
- 29 Scheffer M. Alternative Attractors of Shallow Lakes // *Sci. World.* – 2001. – Vol. 1. – P. 254–263. <https://doi.org/10.1100/tsw.2001.62>
- 30 Diéguez M.C., Gilbert J.J. Daphnia–rotifer interactions in Patagonian communities // *Hydrobiologia.* – 2010. – Vol. 662. – P. 189-195. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-010-0495-1>
- 31 Clarke A., Mac Nally R., Bond N. Lake P.S. Macroinvertebrate diversity in headwater streams // *A review Freshw Biol.* – 2008. – Vol. 53. – P. 1707–1721.
- 32 Brysiewicz A., Sługocki Ł., Wesolowski P., Czerniawski R. Zooplankton community structure in small ponds in relation to fish community and environmental factors // *Applied Ecol Environ Res.* – 2017. – Vol. 15. – P. 929-941. Doi: [10.15666/aeer/1504\\_929941](https://doi.org/10.15666/aeer/1504_929941)
- 33 Шарапова Л.И. Состояние зоопланктоценозов нижней дельты р. Или в условиях антропогенного воздействия. – Алма-Ата, 1989. – 12 с. – Деп. в КазНИИТИ 12.05.89. – Инв. № 2885 Ка-89.
- 34 Silva W.M., Matsumura-tundisi T. Taxonomy, ecology, and geographical distribution of the species of the genus *Thermocyclops* Kiefer, 1927 (Copepoda, Cyclopoida) IN São Paulo state, Brazil, with description of a new species // *Braz J Biol.* – 2005. – Vol. 65. – P. 521-531.
- 35 De Bie T., Declerck S., Martens K., DeMeester L.L. A comparative analysis of cladoceran communities from different water body types: Patterns in community composition and diversity // *Hydrobiologia.* – 2008. – Vol. 597. – P. 19-27.
- 36 Taizhanov E.B., Kuzmetov A.R., Krupa E.G., Stuge T.S., Mirabdullayev I.M. Fauna of Cyclops of Kazakhstan (Crustacea, Copepoda, Cyclopidae) // In *Proceedings of the Materials of the International Scientific Practical Conference (Urgent Problems of Ecology and Nature Use in Kazakhstan and Adjacent Territories 2007).* – 2007, Almaty. – P. 400-402.
- 37 Stepanova L.A. *Arctodiptomus* (*Arctodiptomus*) *naurzumensis* n. sp. (Copepoda, Calanoida) from Kazakhstan // *Hydrobiologia.* – 1994. – Vol. 288. – P. 129-134.
- 38 Крупа Е.Г., Стуге Т.С. Низшие ракообразные водоемов системы р. Нуры (по материалам 2006 г.) // *Биологическое разнообразие азиатских степей.* – 2007. – С. 173-176.

- 39 Bolpagni R., Bartoli M., Viaroli P. Species and functional plant diversity in a heavily impacted riverscape: Implications for threatened hydro-hygrophilous flora conservation // *Limnologia*. – 2013, – Vol. 43. – P. 230–238. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.12.020>
- 40 Hunter M.L., Acuña V., Bauer D.M., Bell K.P., Calhoun A.K., Felipe-Lucia M.R., Fitzsimons, J.A., González E., Kinnison M., Lindenmayer D. Conserving small natural features with large ecological roles // *A synthetic overview. Biol Conserv.* – 2017. – Vol. 211. – P. 88-95. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.12.020>
- 41 Maynou X., Martín R., Aranda D. The role of small secondary biotopes in a highly fragmented landscape as habitat and connectivity providers for dragonflies (Insecta: Odonata) // *J Insect Conserv.* – 2017. – Vol. 21. – P. 517-530.
- 42 Kaufman Z.S. *The Origin of Freshwater Biota*. – Petrozavodsk: The Karelian Science Center of RAS, 2005. – P. 150-220.
- 43 Андроникова И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озёрных экосистем разных трофических типов. – Санкт-Петербург: Наука, 1996. – 189 с.
- 44 Крючкова Н.М. Размерный состав, биомасса и продукция // В кн: *Экологическая система Нарочанских озёр*. – Минск, 1985. – С. 134-142.
- 45 Семерной В.П. *Санитарная гидробиология*. – Ярославль: Ярославский Государственный университет, 2005. – 203 с.
- 46 Бекказинова Д. Б., Алексанова А.Г. Содержание тяжёлых металлов (Cd, Zn, Co, Ni, Cu) в сточных водах города Алматы // *Вестник Казахского Национального медицинского университета*. – 2010. – № 4. – С. 168-171.
- 47 Мур Дж.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах: Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 286 с.
- 48 Berenzen N., Hümmer S., Liess M., Schulz R. Pesticide Peak Discharge from Wastewater Treatment Plants into Streams During the Main Period of Insecticide Application: Ecotoxicological Evaluation in Comparison to Run off // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* – 2003. – Vol. 70. – P. 891–897.
- 49 Velikovic V.B., Stamenkovic O.S., Tasic M.B. The wastewater treatment in the biodiesel production with alkali-catalyzed transesterification // *Renew. Sust. Energ. Rev.* – 2014. – Vol. 32. – P. 40–60.
- 50 Ganoulis J. Risk analysis of wastewater reuse in agriculture. // *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. – 2012. – Vol. 1, №3. – P. 1-10.
- 51 Murtaza G, Ghafoor A, Qadir M, Owens G, Aziz M.A., Zia Saifullah M.H. Disposal and use of sewage on agricultural lands in Pakistan: a review // *Pedosphere*. – 2010. – Vol. 20. – P. 23-34.
- 52 Al-Omari A., Al-Quraan S., Al-Salihi A., Abdulla F. A water management support system for Amman Zarqa Basin in Jordan // *Water Resour. Manag.* – 2009. – Vol. 23, № 15. – P. 3165-3189.

- 53 Alfarra A., Kemp-Benedict E., Hötzl H., Sader N., Sonneveld B. A Framework for Wastewater Reuse in Jordan: Utilizing a Modified Wastewater Reuse Index // *Water Resour. Manage.* – 2011. – №25. – P. 1153-1167.
- 54 Angelakis A.N., Snyder Shane A. Wastewater Treatment and Reuse: Past, Present, and Future // *Water.* – 2015. – Vol. 7, №9. – P. 4887-4895.
- 55 Angelakis A.N., Gikas P. Water Reuse: Overview of current practices and trends in the world with emphasis in EU states // *Water Utility J.* – 2014. – Vol. 8. – P. 67-78.
- 56 Jalali M., Merikhpour H., Kaledhonkar M.J., Seetm V.D.Z. Nickel in a tropical soil treated with sewage sludge and cropped with maize in a long-term field study // *Agric. Water Manag.* – 2007. – Vol. 95. – P. 143-153.
- 57 Samuel M, Wondimu T, Dams R, Moens L. Pollution status of Tinishu Akaki River and its tributaries (Ethiopia) evaluated using physic-chemical parameters, major ions and nutrients // *Bull.Chem. Soc. Ethiop.* – 2007. – Vol. 21. – P. 13-22.
- 58 Muñoz-Colmenares M.E., Soria J.M., Vicente E. Can zooplankton species be used as indicators of trophic status and ecological potential of reservoirs // *Aquat Ecol.* – 2021. – Vol. 55. – P. 1143-1156. <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09897-8>
- 59 Torres-Orozco B., R., Zanatta S.A. Species composition, abundance and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, México // *Rev Biol Trop.* – 1998. – Vol. 46, №2. – P. 285-296.
- 60 Yağci M.A. Variations in the Zooplankton Species Structure of Eutrophic Lakes in Turkey // *Lake Sciences and Climate Change.* – Isparta: Intech, 2016. – P. 81-102.
- 61 Gannon J. E., Stemberger R. S. Zooplankton (Especially Crustaceans and Rotifers) as Indicators of Water Quality // *Trans Amer Micros Soc.* – 1978. – Vol. 97. – P. 16–35.
- 62 Ignoffo T.R., Bollens S.M., Bochsansky A.B. The effects of thin layers on the vertical distribution of the rotifer, *Brachionus plicatilis* // *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology.* – 2005. – Vol. 316. – P. 167-181.
- 63 Alimov A.F. Changes in the structure of animal communities accompanying eutrophication and pollution of aquatic ecosystems // *Dokl Biol Sci.* – 2010. – Vol. 433. – P. 249-251.
- 64 Hopp U., Maier G. Survival and development of five species of cyclopoid copepods in relation to food supply: Experiments with algal food in a flow-through system // *Freshw. Biol.* – 2005. – Vol. 50. – P.1454-1463.
- 65 Bockwoldt K.A., Nodine E.R., Mihuc T.B., Shambaugh A.D., Stockwell J.D. Reduced Phytoplankton and Zooplankton Diversity Associated with Increased Cyanobacteria in Lake Champlain, USA // *J. Contemp. Water Res. Educ.* – 2017. – Vol. 160. – P. 100-118.
- 66 Horn W. Investigations into the Food Selectivity of the Planktic Crustaceans *Daphnia hyalina*, *Eudiaptomus gracilis* and *Cyclops vicinus*. *Hydrobiology.* – 1985. – Vol. 70. – P. 603–612.

- 67 6. DeMott W.R., Gulati R.D., Donk E.V. Daphnia food limitation in three hyperhypereutrophic Dutch lakes: Evidence for exclusion of large-bodied species by interfering filaments of cyanobacteria // *Limnol. Oceanogr.* – 2001. – Vol. 46. – P. 2054-2060.
- 68 Jang M.H., Ha G.J., Joo N.T. Toxin production of cyanobacteria is increased by exposure to zooplankton // *Freshwat. Biol.* – 2008. – Vol. 48. – P. 1540-1550.
- 69 Barinova S., Krupa E., Romanova S. The role of planktonic algae in the ecological assessment of storage-reservoirs of the Ili-Balkhash basin // *Transylv Rev Syst Ecol Res.* – 2018. – Vol. 20. – P. 1-14.
- 70 Moschonas G., Gowen R. J., Paterson R. F., Mitchell E., Stewart B. M., McNeill Sh., Glibert P. M., Davidson K. Nitrogen dynamics and phytoplankton community structure: the role of organic nutrients // *Biogeochemistry.* – 2017. – Vol. 134. – P. 125-145.
- 71 Whittington J., Sherman B., Green D. Growth of *Ceratium hirundinella* in a subtropical Australian reservoir: the role of vertical migration // *J Plankton Res.* – 2000. – Vol. 22. – P.1025-1045.
- 72 Leppänen J.J. An overview of Cladoceran studies conducted in mine water impacted lakes // *Int Aquat Res.* – 2018. – Vol. 10. – P. 207-221. <https://doi.org/10.1007/s40071-018-0204-7>
- 73 Rietzler A.C., Espíndola E.L. *Microcystis* as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir // *Verh Intern Ver Limnol.* – 1998. – Vol. 26. – P. 2001–2005.
- 74 Cardoso P. G., Marques S. C., D'Ambrosio M., Pereira E., Duarte A. C., Azeiteiro U. M., Pardal M. A. Changes in zooplankton communities along a mercury contamination gradient in a coastal lagoon (Ria de Aveiro, Portugal) // *Marine Pollution Bulletin.* – 2013. – Vol. 76, №1-2. – P. 170-177. Doi: 10.1016/j.marpolbul.2013.09
- 75 Grobbelaar J. U. Do light/dark cycles of medium frequency enhance phytoplankton productivity? // *J Appl Phycol.* – 1989. – Vol. – P. 333-40.
- 76 Sarma S. S., Peredo-Alvarez V. M., Nandini S., Comparative study of the sensitivities of neonates and adults of selected cladoceran (Cladocera: Crustacea) species to acute toxicity stress // *J Environ Sci Heal.* – 2007. – Vol. 42. – P. 1449-1452
- 77 Hairston N. G. Zooplankton egg banks as biotic reservoirs in changing environments // *Limnol Oceanogr.* – 1996. – Vol. 41. – P. 1087-1092
- 78 Bijlsma R., Loeschcke V. Environmental stress, adaptation and evolution: an overview. *Journal of Evolutionary Biology.* – 2005. – Vol. 18, №4. – P. 744-749. DOI: 10.1111/j.1420-9101.2005.00962.x
- 79 Javed M., Hayat S. Heavy metal toxicity of river Ravi aquatic ecosystem // *Pak J Agri.* – 1999. – Vol. 36, №3-4. – P. 81-89.
- 80 Wilk-Woźniak E., Pocięcha A., Ciszewski D. Phyto- and zooplankton in fishponds contaminated with heavy metal runoff from a lead-zinc mine //

- Ocean and Hydro. – 2011. – Vol. 40, №77. – P. 77-85. Doi: <https://doi.org/10.2478/s13545-011-0044-1>
- 81 Pocięcha A., Wojtal A.Z., Szarek-Gwiazda E., Ciepłok A., Ciszewski D., Kownacki A. Response of Cladocera Fauna to Heavy Metal Pollution, Based on Sediments from Subsidence Ponds Downstream of a Mine Discharge (S. Poland) // *Water*. – 2019. – Vol. 11, № 810. – P. 1-16. Doi: <https://doi.org/10.3390/w11040810>
- 82 Farkas A., Salánki J., Varanka I. Crustaceans as biological indicators of heavy metal pollution in Lake Balaton (Hungary) // *Hydrobiologia*. – 2003. – Vol. 506. – P. 359–36. Doi: <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008615.86330.1d>
- 83 Arruda J.A., Marzolf G.R., Faulk R.T. The role of suspended sediments in the nutrition of zooplankton in turbid reservoirs // *Ecology*. – 1983. – Vol. 64, №5. – P. 1225-1235. <http://dx.doi.org/10.2307/1937831>
- 84 Kirk K.L. Suspended clay reduces *Daphnia* feeding rate // *Freshwater Biology*. – 1991. – Vol. 25, №2. – P. 357-365. Doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2427.1991.tb00498.x>
- 85 Krupa E.G., On the Morphological Deviations of *Acanthocyclops americanus* Marsh and *Cyclops Vicinus uljanin* (Crustacea, Copepoda) from the Polluted Water Bodies of Almaty Region (Southeastern Kazakhstan) // *Russian J. of Aquatic Ecology*. – 1998. – Vol. 7. – P. 11-16.
- 86 Krupa E.G., Barinova S.S., Assylbekova S.Z., Isbekov K.B. Structural Indicators of Zooplankton in the Shardaara Reservoir (Kazakhstan) and the Main Influencing Factors // *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. – 2018. – Vol. 18. – P. 659-669. Doi: 10.4194/1303-2712-v18\_5\_02
- 87 Malik N., Biswas A.K., Raju C.B. Plankton as an Indicator of Heavy Metal Pollution in a Freshwater Reservoir of Madhya Pradesh, India. *Bull Environ Contam Toxicol*. – 2013. – Vol. 90. – P. 725-729. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00128-013-0985-8>
- 88 De Melo R. R., Coelho P. N., Dos Santos-Wisniewski M. J., Wisniewski C., Magalhães C. S. Morphological abnormalities in cladocerans related to eutrophication of a tropical reservoir. // *Journal of Limnology*. – 2016. – Vol. 76, №1. – P. 94-102. Doi:10.4081/jlimnol.2016.1395
- 89 Абакумова В.А. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 240 с.
- 90 Киселев И.А. Методы исследования планктона. В кн: Жизнь пресных вод СССР. / под ред. Е.Н. Павловского и В.И. Жадина. – Москва, Ленинград: Академия наук СССР, 1956. – С. 188-253.
- 91 Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоемов Казахстана (планктон, бентос). – Алматы: НПП рыбного хозяйства, 2006. – 27 с.
- 92 Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 541 с.



- 93 Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. – М.: НПО «Альтернатива», 1995. – 618 с.
- 94 Дедусенко-Щеголева Н.Т., Матвиенко А.М., Шкорбатов Л.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 8. Зеленые водоросли. Класс Вольвоксовые. – М.: Советская наука, 1957. – 231 с.
- 95 Еленкин А.А. Сине-зеленые водоросли СССР М. Вып. 2. – Ленинград: Наука, 1938. – 1908 с.
- 96 Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 4. Диатомовые водоросли. – М.: Советская наука, 1951. – 622 с.
- 97 Киселев И.А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 6. Пиррифитовые водоросли. – М.: Советская наука, 1954. – 256 с.
- 98 Коршиков О.А. Визначник пресноводних водоростей УРСР. Т. 5. – Киев: Изд. АН УССР, 1953. – 438 с.
- 99 Косинская Е.К. Десмидиевые водоросли // Флора споровых растений СССР. – Т. 5, вып. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – 706 с.
- 100 Матвиенко А.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 3. Золотистые водоросли. – М.: Советская наука, 1954. – 189 с.
- 101 Мошкова Н.А., Голербах М.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 10 (1). Зеленые водоросли. Класс Улотриксковые. Порядок Улотриксковые. – М.: Советская наука, 1986. – 361 с.
- 102 Паламарь-Мордвинцева Г.М. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 11 (2). Зеленые водоросли. Класс Конъюгаты. Порядок Десмидиевые (2). – М.: Советская наука, 1982. – 621 с.
- 103 Попова Т.Г. Определитель пресноводных водорослей СССР. Вып. 7. Эвгленовые водоросли. – М.: Советская наука, 1955. – 213 с.
- 104 Эргашев А.Э. Определитель протококковых водорослей Средней Азии. – Ташкент: ФанУзССР, 1979. – Кн. 1. – 344 с.
- 105 Эргашев А.Э. Определитель протококковых водорослей Средней Азии. – Ташкент: ФанУзССР, 1979. – Кн. 2. – 384 с.
- 106 Боруцкий Е.В., Степанова Л.А., Косс М.С. Определитель Calanoida пресных вод СССР. – СПб: Наука, 1991. – 504 с.
- 107 Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР. – Ленинград: Наука, 1964. – 744 с.
- 108 Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки фауны СССР. – М., Л.: Наука, 1964. – 328 с.
- 109 Рылов В.М. Фауна СССР. Ракообразные. Cyclozoidea пресных вод. – М.: Наука, 1948. – 312 с.
- 110 Цалолихин С.Я. (под ред.) Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – Санкт-Петербург: Институт зоологии, 1995. – Вып. 2. – 628 с.
- 111 Orlova-Bienkowskaja M.Y. Cladocera: Anomopoda. Daphniidae: genus Simocephalus. – Leiden: Backhuys Publishers, 2001. – 130 с.

- 112 Bledzki L.A., Rybak J.I. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe Cladocera and Copepoda (Calanoida, Cyclopoida) Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. In Alphabetical List of Species with Notes on Synonyms, Taxonomy, Distribution, and Ecology. - Switzerland: Springer International Publishing, 2016. – P. 475-552.
- 113 Крупа Е.Г., Доброхотова О.В., Стуге Т.С. Фауна Calanoida (Crustacea: Copepoda) Казахстана и сопредельных территорий: монография. – Алматы: Etalon Print, 2016. – 248 с.
- 114 Крупа Е.Г., Аубакирова М., Кохно Л. Контроль качества обработки проб зоопланктона. // Состояние водных биологических ресурсов и аквакультуры Казахстана и сопредельных стран. Под редакцией Исбекова К.Б. Сборник КазНИИРХ. - Алматы: Казак университети, 2019. – 604 с.
- 115 Балушкина Е.В., Винберг Г.Г. Зависимость между длиной и массой тела планктонных ракообразных // В кн.: Экспериментальные и полевые исследования биологических основ продуктивности озёр. – Л.: Зоологический институт, 1979. – С. 58-79.
- 116 Баканов А.И. Количественная оценка доминирования в экологических сообществах // Количественные методы экологии и гидробиологии. – Тольятти, 2005. – С. 37-67.
- 117 Мэгарран Э. Экологическое разнообразие и его измерение. - М.: Мир, 1998. - 184 с.
- 118 Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
- 119 Clarke K.R.; Gorley R.N. PRIMER v5: User Manual/Tutorial; PRIMER-E Ltd Press: Plymouth, UK, 2001.
- 120 Крупа Е.Г., Айнабаева Н.С., Аубакирова М.О. Методические рекомендации (методическое руководство) для оценки экологического состояния водоёмов по биологическим и химическим показателям. – Алматы: МПК Кристалл, 2017. – 30 с.
- 121 Китаев С.П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. – 395 с.
- 122 McAleese N., Lambshead J., Patterson G., Gage J. BioDiversity Pro, Version 2; The Natural History Museum, London and The Scottish Association of Marine Science, Oban, United Kingdom. 1997.
- 123 Love J., Selke R., Marsman M., Jamil T., Dropmann D., Verhagen A.J., Ly A., Gronau Q.F., Smira M., Epskamp S. JASP: Graphical statistical software for common statistical designs // Journal of Statistical Software. – 2019. – Vol. 88. – P. 1–17.
- 124 STATISTICA (Data Analysis Software System). Version 7.1. StatSoft, Inc.: Tulsa, OK, USA, 2007.
- 125 Šmilauer P., Lepš J. Multivariate Analysis of Ecological Data Using Canoco 5. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. – 527 p.

- 126 Байдал М. Х. Долгосрочные прогнозы погоды и колебаний климата Казахстана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1964. – 448 с.
- 127 Утешев А.С. (ред.) Климат Казахстана. Л.: Гидрометеоиздат, 1959. – 360 с.
- 128 Чередниченко В.С., Чередниченко А.В. Тропопауза и максимальный ветер над территорией Казахстана: Алматы: Қазақ университеті, 2017. – 338 с.
- 129 Krupa E, Barinova S, Aubakirova M. Tracking pollution and its sources in the catchment-lake system of major waterbodies in Kazakhstan // *Lakes & Reserv.* – 2020. – Vol. 00. – P. 1–13. <https://doi.org/10.1111/lre.12302>
- 130 Krupa E.G., Barinova S.S., Romanova S.M. Zooplankton Size Structure in the Kolsay Mountain Lakes (Kungei Alatau, Southeastern Kazakhstan) and Its Relationships with Environmental Factors // *Water Resources.* – 2019, – Vol. 46, №3. – P. 403-414. Doi: <https://doi.org/10.1134/S0097807819030126>
- 131 Гусева Т.В. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. – М.: Социально-экологический союз, 2002. – 148 с.
- 132 Krupa E., Barinova S., Romanova S., Aubakirova M., Ainabaeva N. Heavy Metals in Fresh Waters of Kazakhstan and Methodological Approaches to Developing a Regional Water Quality Classification // *Central Asian Journal of Water Research.* – 2020, – Vol. 6, №2. – P. 19-41. Doi: [10.29258/CAJWR/2020-R1.v6-2/19-41.eng](https://doi.org/10.29258/CAJWR/2020-R1.v6-2/19-41.eng)
- 133 Романова С.М., Крупа Е.Г. Состояние карбонатно-кальциевого равновесия воды озер государственного национального природного парка "Көлсай Көлдери" // *Изв. НАН РК. Серия «Геологии и технических наук».* – 2017. – Т. 6. – С. 139-149.
- 134 Бородина Е. В., Бородина У. О. Гидроэкологические и физико-химические особенности поверхностных вод Верховьев бассейна р. Катунь и оз. Тальмень (Горный Алтай) // *Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология.* – 2020. – №4. – С 68-81.
- 135 Давыдова О.А., Климов Е.С., Ваганова Е.С., Ваганов А.С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.
- 136 Крупа Е.Г., Амиргалиев Н.А., Шаповалов В. Характеристика гидроценоза накопителя Сорбулак по токсикологическим и биологическим показателям // *Тезисы докл. Всероссийской конференций «Современные проблемы водной токсикологии».* – Борок, 2002. – С. 166-167.
- 137 Крупа Е.Г., Стуге Т.С., Фаломеева А.П., Трошина Т.Т., Киселева В.А. Структурные характеристики зоопланктона накопителей сточных вод // *Матер. Всероссийской конференций по водной токсикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы».* – Борок, 2008. – Ч. 2. – С. 262-264.



- 138 Yakovleva A., Klyvenok M., Vovk O. Reduction of heavy metals content in wastewaters during treatment process // Proceedings of the NAU. – 2012. – Vol. 2. – P. 104-106.
- 139 Aubakirova M., Krupa E., Mazhibayeva Zh., Isbekov K. and Assylbekova S. The Role of External Factors in the Variability of the Structure of the Zooplankton Community of Small Lakes (South-East Kazakhstan) // Water. – 2021. – Vol. 13, №962. – P. 1-24. Doi: <https://doi.org/10.3390/w13070962>
- 140 Pasztaleniec A. Poniewozik M. Phytoplankton based assessment of the ecological status of four shallow lakes (Eastern Poland) according to Water Framework Directive A comparison of approaches // Limnologica. – 2010. – Vol. 40. – P. 251-259.
- 141 Толеужанова А.Т. Фитопланктон озера Таволжан Северного Казахстана // Mongolian Journal of Agricultural Sciences. – Vol. 0, №1. – С 220-223. Doi: <https://doi.org/10.5564/mjas.v10i1.350>
- 142 Ongun Sevindik T., Tunca H., Gönülol A., Yildirim Gürsoy N., Küçükkaya Ş., Durgut Kinali Z. Phytoplankton dynamics and structure, and ecological status estimation by the Q assemblage index: A comparative analysis in two shallow Mediterranean lakes // Turk J Bot. – 2017. – Vol. 41. – P. 25–36.
- 143 Kimambo O.N., Gumbo J.R., Chikoore H. The occurrence of cyanobacteria blooms in freshwater ecosystems and their link with hydro-meteorological and environmental variations in Tanzania // Heliyon. – 2019. – Vol. 5. – P. 1-23.
- 144 Van Ginkel C.E., Hohls B.C., Vermaak E.A. Ceratium hirundinella (O.F. Muller) bloom in Hartbeespoort Dam, South Africa // Water SA. – 2001. – Vol. 27. – P. 269-276.
- 145 Grigorszky I., Padisák J., Borics G., Schitthen C., Borbély G. Deep chlorophyll maximum by Ceratium hirundinella (O.F. Muller) Bergh in a shallow oxbow in Hungary // Hydrobiologia. – 2003. – Vol. 506. – P. 209-212.
- 146 Tomec M., Ternjej I., Kerovec M., Teskeredzic E., Meštrov M. Plankton in the oligotrophic Lake Vrana (Croatia). Biol Sect Bot. – 2002. – Vol. 57. – P. 579-588.
- 147 Унифицированные методы исследования качества вод. Методы биологического анализа вод. – М.: Наука, 1975. – Ч. 3. – 176 с.
- 148 Баринаова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. – Тель Авив: Pilies Studio, 2006. – 498 с.
- 149 Баринаова С.С., Белоус Е.П., Царенко П.М. Альгоиндикация водных объектов Украины: методы и перспективы. – Киев, 2019. – 367 с.
- 150 Snit'ko L.V., Snit'ko V.P. Phytoplankton as an indicator in assessing longterm variations in water quality of lakes Bolshoye Miassovo and Turgoyak, the South Urals // Water Resources. – 2014. – Vol. 41, № 2. – P. 210-217.

- 151 Dembowska E.A., Mieszczankin T., Napiórkowski P. Changes of the phytoplankton community as symptoms of deterioration of water quality in a shallow lake // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 2018. – Vol. 190. – P. 95. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6465-1>
- 152 Barinova S. Algal diversity dynamics, ecological assessment, and monitoring in the river ecosystems of the eastern Mediterranean. – New York: Nova Science Publishers, 2011. – 363 p.
- 153 Barinova S. Essential and practical bioindication methods and systems for the water quality assessment // *International Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*. – 2017. – Vol. 2, №3. – P. 1-11.
- 154 Barinova S.S. Empirical model of the functioning of aquatic ecosystems // *International Journal of Oceanography and Aquaculture*. – 2017. – Vol. 1, №3. – P. 1-9.
- 155 Аубакирова М.О., Крупа Е.Г., Минат А., Абилов Б.И. Видовое богатство зоопланктона малых озёр Алматинской области // *Вестник КазНУ. Серия «Биологическая»*. – Алматы. – 2020. – №3 (84). – С.108–118.
- 156 Krupa E., Aubakirova M. Checklist and Distribution of Calanoida (Crustacea: Copepoda) in Kazakhstan (Central Asia) // *Water*. – 2021. – Vol. 13, №2015. – P. 1-24. <https://doi.org/10.3390/w13152015>
- 157 Аубакирова М., Крупа Е.Г. Комплексная оценка экологического состояния накопителей сточных вод системы Правобережного Сорбулакского Канала // *Вестник КазНУ. Серия «Биологическая»*. – Алматы. – 2019. – №2 (79). – С. 120-128.
- 158 Krupa E., Barinova S., Romanova S., Aubakirova M., Ainabaeva N. Planktonic invertebrates in the assessment of long-term change in water quality of the Sorbulak wastewater disposal system (Kazakhstan) // *Water*. – 2020. – Vol. 12, №3409. – P. 1-24. Doi:10.3390/w12123409
- 159 Аубакирова М.О. О зоопланктоне малых водоемов г. Алматы и Алматинской области // VI Международные Фарабиевские чтения: тез. докл. междунар. науч. конф. – Алматы: Қазақ Университеті, 2019. – С. 12-13.
- 160 Аубакирова М.О., Крупа Е.Г., Айнабаева Н.С. Разнообразие зоопланктона горных озер Юго-востока Казахстана // *Матер. междунар. науч. конф. «Экология и сохранение животного мира»*. – Алматы: КазНПУ имени Абая, 2018. – С. 49-54.
- 161 Yermolaeva N.I., Fetter G.V. The modern state of zooplankton in Altai high mountain lakes // *Limnology and Freshwater Biology*. – 2020. – Vol. 4. – P. 760-761. Doi:10.31951/2658-3518-2020-A-4-760
- 162 Degefu F., Schagerl M. Zooplankton abundance, species composition and ecology of tropical high-mountain crater Lake Wonchi, Ethiopia // *Journal of Limnology*. – 2015. – Vol. 74, №2. – P. 324-334. Doi: 10.4081/jlimnol.2014.986

- 163 Tolotti M., Manca M., Angeli N., Morabito G., Thaler B., Rott E., Stuchlik E. Phytoplankton and Zooplankton Associations in a Set of Alpine High-altitude Lakes: Geographic Distribution and Ecology // *Hydrobiologia*. – 2006. – Vol. 562. – P. 99-122. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1807-8>
- 164 Krupa E.G., Barinova S.S. Environmental variables regulating the phytoplankton structure in high mountain lakes // *Res J Pharm Biol Chem Sci*. – 2016. – Vol. 4. – P. 1251-1261.
- 165 Vuorio K., Järvinen M., Kotamäki N. Phosphorus thresholds for bloom-forming cyanobacterial taxa in boreal lakes // *Hydrobiologia*. – 2019. – Vol. 847. – P. 4389-4400. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04161-5>
- 166 Gasiunaite Z.R., Olenina I. Zooplankton-phytoplankton interactions: A possible explanation of the seasonal succession in the Kuršiu Marios lagoon // *Hydrobiologia*. – 1998. – Vol. 363. – P.333–339. Doi: <https://doi.org/10.1023/A:1003161319026>
- 167 Pogozhev P.I.; Gerasimova T.N. The Role of Zooplankton in the Regulation of Phytoplankton Biomass Growth and Water Transparency in Water Bodies Polluted by Nutrients // *Water Resour*. – 2011. – Vol.38. – P.400–408.
- 168 Ernst A., Deicher M., Peter M., Herman U. Nitrate and phosphate affect cultivability of cyanobacteria from environments with low nutrient levels // *Appl Environ Microbiol*. – 2005. – Vol. 71, №6. – P. 3379-83. Doi: [10.1128/AEM.71.6.3379-3383.2005](https://doi.org/10.1128/AEM.71.6.3379-3383.2005)
- 169 Ger K.A., Urrutia-Cordero P., Frost P.C., Hansson L.A., Sarnelle O., Wilson A.E., Lurling M., Hansson L. The interaction between cyanobacteria and zooplankton in a more eutrophic world. *Harm. Algae*. – 2006. – Vol. 54. – P. 128-144. Doi: [10.1016/j.hal.2015.12.005](https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.12.005)
- 170 Ferrão-Filho A.S., Domingos P., Sandra M.F.O., Azevedo O., Domingo P. Influences of a *Microcystis aeruginosa* Kotznig bloom on zooplankton populations in Jacarepaguli Lagoon (Rio de Janeiro, Brazil) // *Limnologica*. – 2002. – Vol. 32. – P. 295–309. Doi:[10.1016/s0075-9511\(02\)80021-4](https://doi.org/10.1016/s0075-9511(02)80021-4)
- 171 Рыбы Казахстана: в 5 т. / под ред. Митрофанов В.П., Дукравец Г.М., Сидорова А.Ф. – Алма-ата: Изд-во ГЫЛЫМ, 1992. – Т. 5. – С. 56-125.
- 172 Хусаинова Н.З. Гидробиология горных озер бассейна реки Чилик // *Вестн. АН КазССР*. – 1947. – Т. 9, №30. – С. 68-70.
- 173 Курмангалиева Ш. Г. Сезонная динамика зоопланктона оз. Нижний Кульсай // *Биологические науки*. – 1974. – № 7. – С. 87-91.
- 174 Fitzmaurice P. Selective predation on Cladocera by brown trout *Salmo Trutta* L. // *Journal of Fishery Biology*. – 1979. – Vol. 15. – P. 521-525. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.1979.tb03642.x>
- 175 Galbraith M. G. Size-selective predation on *Daphnia* by rainbow trout and yellow perch // *Transactions of the American fisheries Society*. – 1967. – Vol. 96. – P. 1-10. Doi: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1967\)96\[1:SPODBR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1967)96[1:SPODBR]2.0.CO;2)

- 176 Ferrara O., Vagaggini B., Margaritora F. Zooplankton abundance and diversity in Lake Bracciano, Latium, Italy // *J. Limnol.* – 2002. – Vol. 61. – P. 169-175. Doi: <https://doi.org/10.4081/jlimnol.2002.169>
- 177 John B.R., Arp C.D., Claudia E.T, Benjamin M.J., Matthew S.W., Thoma R.R., Erin E.S., David M.O., Kyle C.S. Potential shifts in zooplankton community structure in response to changing ice regimes and hydrologic connectivity // *Arct. Antarct. Alp. Res.* – 2019. – Vol. 51. – P. 327-345. Doi: <https://doi.org/10.1080/15230430.2019.1643210>
- 178 Landa G.G., Barbosa F.A., Rietzler A.C., Maia-Barbosa P.M. *Thermocyclops decipiens* (Kiefer, 1929) (Copepoda, Cyclopoida) as Indicator of Water Quality in the State of Minas Gerais, Brazil // *Braz. Arch. Biol. Technol.* – 2007. – Vol. 50. – P. 695-705. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000400015>
- 179 Rietzler A.C., Espíndola E.L. *Microcystis* as a food source for copepods in a subtropical eutrophic reservoir // *Verh Intern Ver Limnol.* – 1998. – Vol. 26. – P. 2001–2005. Doi: <https://doi.org/10.1080/03680770.1995.11901093>
- 180 Vesela S., Vijverberg J. Effect of body size on toxicity of zinc in neonates of four differently sized *Daphnia* species // *Aquat Ecol.* – 2007. – Vol. 41. – P. 67-73. <https://doi.org/10.1007/s10452-006-9050-6>
- 181 Stollewerk A. The water flea *Daphnia* - a 'new' model system for ecology and evolution? // *J Biol.* – 2010. – Vol. 9. – P.1-21. Doi: <https://doi.org/10.1186/jbiol212>
- 182 Sadeq S.A., Beckerman A.P. The Chronic Effects of Copper and Cadmium on Life History Traits Across Cladocera Species: A Meta-analysis // *Arch Environ Contam Toxicol.* – 2019. – Vol. 76. – P. 1-16. Doi: <https://doi.org/10.1007/s00244-018-0555-5>
- 183 Sikora A., Dawidowicz P. Breakage of cyanobacterial filaments by small- and large-sized *Daphnia*: are there any temperature-dependent differences? // *Hydrobiologia.* – 2017. – Vol. 798. – P. 119-126. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10750-015-2436-5>
- 184 Wejnerowski L., Cerbin, S., Dziuba M.K. Setae thickening in *Daphnia magna* alleviates the food stress caused by the filamentous cyanobacteria // *Aquat Ecol.* – 2017. – Vol. 51. – P. 485-498. Doi: <https://doi.org/10.1007/s10452-017-9631-6>
- 185 Krupa E.G., Matmuratov S.A. Quantitative development and sex structure of *Acanthocyclops robustus* (Copepoda, Cyclopoida) populations in water bodies of southeastern Kazakhstan // *Aqua Zoological Research.* – 2002. – Vol. 5. – P. 191-194
- 186 Krupa E.G. Population densities, sex ratios of adults, and occurrence of malformations in three species of Cyclopoid copepods in waterbodies with different degrees of eutrophy and toxic pollution // *Journal of Marine Science and Technology.* – 2005. – № 13 (3). – P. 226-237
- 187 Матмуратов С.А., Брагин Б.И., Стуге Т.С., Трошина Т.Т., Акбердина Г.Ж., Крупа Е.Г. К оценке экологической ситуации в районе сбросов Правобережного Сорбулакского канала в р. Или //

- Географические основы устойчивого развития Республики Казахстан: матер. междунар. конф. институт зоологии. – Алматы, 1998. – С. 281-286.
- 188 Рыскулбекова Л.М. Современное состояние по мониторингу окружающей среды на объектах водоотведения сточных вод города Алматы // Изв. НАН РК сер. геолог. – 2010. – №2. – С. 70-75.
- 189 Крупа Е.Г., Амиргалиев Н.А., Шаповалов В. Характеристика гидроценоза накопителя Сорбулак по токсикологическим и биологическим показателям // Современные проблемы водной токсикологии: матер. междунар. конф. – Борок: Ярославль Принт, 2002. – С. 166-167.
- 190 Одум Ю. Экология. – М: Мир, 1981. – 328 с.
- 191 Winder M., Monaghan M.T., Spaak P. Have Human Impacts Changed Alpine Zooplankton Diversity over the Past 100 Years? // Arctic Antarctic, and Alpine Research. – 2001. – Vol. 33, №4. – P. 467-475. Doi: <https://doi.org/10.1080/15230430.2001.12003456>
- 192 Крупа Е.Г., Гришаева О.В. Структура доминирования видов в макрозообентосе Малого Аральского моря как показатель изменения солености воды // “Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем”. Тез. докл. 2-й Междунар. конф. – СПб., 2011. – 96 с.
- 193 Dokulil M.T., Donabaum K., Teubner K. Modifications in phytoplankton size structure by environmental constraints induced by regime shifts in an urban lake // Hydrobiologia. – 2007. – V. 578. – P. 59-63. Doi: 10.1007/s10750-006-0433-4 37.
- 194 Крупа Е.Г., Айнабаева Н., Аубакирова М.О. Методические рекомендации для оценки экологического состояния водоемов по биологическим и химическим показателям. Материалы конференции «Зоологические и паразитологические исследования в Казахстане и сопредельных странах». Под ред. Мелдебекова А.М. Алматы, 2018. – С. 84-87. ISBN 978-601-80704-7-1
- 195 Krupa E.G., Barinova S.M., Romanova S.M., Malybekov A.B. Hydrobiological assessment of the high mountain Kolsay Lakes (Kungey Alatau, Southeastern Kazakhstan) ecosystems in climatic gradient // Br J Environ Clim. Chang. – 2016. – Vol. 6. – P. 259-278. Doi:10.9734/BJECC/2016/26496
- 196 Krupa E.G., Barinova S. The use of structural indicators of hydrocenoses in assessing the ecological state of water bodies in Kazakhstan. In Bioindication in Monitoring Freshwater Ecosystems; Institute of Lake Studies: St. Petersburg, Russia, 2017. – P. 165–170.
- 197 Krupa E.G., Barinova S.S., Isbekov K.B., Assylbekova S.Z. The use of zooplankton distribution maps for assessment of ecological status of the Shardara reservoir (Southern Kazakhstan) // Ecohydrol. Hydrobiol. – 2018. – P. 1852–1865.
- 198 Krupa E.G., Barinova S.S., Assylbekova S.Z., Isbekov K.B. Structural indicators of zooplankton of the Shardara Reservoir (Kazakhstan) and the main

- influencing factors // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2018. – Vol. 18. – P. 659-669. Doi:[https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18\\_5\\_02](https://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_5_02)
- 199 Warwick R.M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities // Mar. Biol. – 1986. – Vol. 4. – P. 557-562.
- 200 Clarke K.R. Comparison of dominance curves // Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. – 1990. – Vol. 138. – P. 143-157.
- 201 Warwick R.M., Clarke K.R. Relearning the ABC: taxonomic changes and abundance/biomass relationships in disturbed benthic communities // Marine biology. – 1994. – Vol. 118. – P. 739-744
- 202 Krupa E., Aubakirova M. Acanthocyclops trajani Mirabdullayev et Defaye (Copepoda, Cyclopoida) as an indicator of the ecological state of water bodies in Kazakhstan // Матер. междунар. науч. конф. «Water, Ecology and Environment». – United Kingdom: IOP Publishing Ltd.Sci., 2021. – P. 1-5. Doi:<https://doi.org/10.1088/1755-1315/690/1/012050>
- 203 Жукинский В.Н., Оксюк О.П., Олейник Г.Н., Кошелева С.И. Принципы и опыт построения экологической классификации качества поверхностных вод суши // Гидробиологический журнал. – 1981. – Т. 17, № 2. – С. 38-39.
- 204 Романенко В.Д., Оксюк О.П., Жукинский В.Н., Стольберг Ф.В., Лаврик В.И. Экологическая оценка воздействия гидротехнического строительства на водные объекты. – Киев: Наукова думка, 1990. – 256 с.
- 205 Zaghoul A., Saber M., El-Dewany C. Chemical indicators for pollution detection in terrestrial and aquatic ecosystems // Bull Natl Res Cent. – 2019. – Vol. 43, №156. <https://doi.org/10.1186/s42269-019-0203-x>.



## ҚОСЫМША А

### Қазақстанның оңтүстік-шығысының зерттелген су қоймаларының координаттары

Кесте А.1 – Қазақстанның оңтүстік-шығысының зерттелген су қоймаларының координаттары, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Latitude	Longitude
Жоғарғы Көлсай	42°54'43.90	78°20'39.87
Ортаңғы Көлсай	42°56'17.08	78°19'28.97
Сарыбұлақ	42°51'28.98	78°20'21.61
Төменгі Көлсай	42°58'39.66	78°19'14.25
Кайыңды	42°59'10.00	78°27'59.95
Бартоғай	43°21'11.49	78°30'19.18
Есік	43°15'10.08	77°29'13.85
Күрті	43°48'59.98	76°22'11.02
Кайрат	43°18'42.90	77°00'27.51
Космос	43°28'33.85	77°16'20.59
Али	43°33'54.92	77°02'22.89
Первомайка	43°23'47.08	76°54'40.05
Деревянное	43°51'04.10	79°25'30.94
Алтынколь	44°06'40.82	80°18'49.51
Косагаш	43°38'50.86	79°52'41.62
Малая Подкова	43°48'28.50	80°26'34.86
Большая Подкова	43°48'16.51	80°24'17.85
Актобеауит	43°27'10.96	70°23'50.51
Алтай	43°51'56.29	74°21'59.57
Бидайбекауит	43°25'39.75	70°30'10.60
Жаргас	43°12'10.58	70°28'12.31
Карасу	43°15'50.63	74°25'53.59
Мыкынды	42°51'55.04	73°25'42.90
Учбулақ	42°53'09.39	71°21'32.23
Домалакколь	43°46'11.00	69°43'41.60
Шарбакты	43°30'13.05	72°14'08.42
Аякколь	43°24'57.32	71°59'26.48
Кызылауит	43°24'11.60	70°29'53.82
Сорбұлақ	43°40'15.23	76°35'06.56
ОЖСК 7	43°40'12.79	76°52'07.97
ОЖСК 8	43°42'07.98	76°54'12.79

## ҚОСЫМША Ә

## Зерттелген су қоймалардан жинақталған сынамалар

Кесте Ә.1 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы су қоймаларынан жинақталған сынамалар саны, 2015-2020 жж.

Су қойма атауы	Ай, жыл	Талдау түрі					
		*СМ	*ПИ	*БЭ	*АМ	*ЗП	*ФП
Жоғарғы Көлсай	08.2015	2	2	2	2	4	
Ортаңғы Көлсай	08.2015	2	2	2	2	4	
	06.2019	10	10	10		10	3
	08.2019	10	10	10		10	3
Төменгі Көлсай	08.2015	2	2	2	5	4	
	08.2017	2	2	2		4	
	06.2019	11	11	11		11	3
	08.2019	11	11	11		11	3
Сарыбұлақ	08.2015	1	1	1	1	1	
Бартоғай	07.2019	3	3	3	2	3	
Қайыңды	08.2015	4	4	4	2	4	
Есік	08.2015	4	4	4	2	4	
Кайрат	07.2017	1	1	1	1	3	
Космос	07.2017	1	1	1	1	3	
Күрті	07.2017	5	5	5		5	
Али	06.2019	2	2	2		2	1
	08.2019	2	2	2		2	1
Первомайка	06.2019	3	3	3		3	1
	08.2019	3	3	3		3	1
Деревянное	06.2019	3	3	3		3	1
	08.2019	3	3	3		3	1
Алтынколь	06.2019	2	2	2		2	1
	08.2019	2	2	2		2	1
Косагаш	06.2019	2	2	2		2	1
	08.2019	2	2	2		2	1
Малая Подкова	06.2019	2	2	2		2	1
	08.2019	2	2	2		2	
Большая Подкова	06.2019	2	2	2		2	1
	08.2019	2	2	2		2	1
Актобеауит	09.2020	2	2	2		2	
Алтай	09.2020	2	2	2		2	
Бидайбекауит	09.2020	2	2	2		2	
Жаргас	09.2020	2	2	2		2	
Карасу	09.2020	2	2	2		2	
Мыкынды	09.2020	2	2	2		2	
Учбулак	09.2020	2	2	2		2	
Домалакколь	09.2020	2	2	2		2	
Шарбакты	06.2020	2	2	2		2	
	09.2020	2	2	2		2	
Аякколь	06.2020	2	2	2		2	
	09.2020	2	2	2		2	
Кызылауит	06.2020	2	2	2		2	
	09.2020	2	2	2		2	
Сорбұлақ	07.2017	10	10	10	10	10	
ОЖСК 7	07.2017	2	2	2	2	2	
ОЖСК 8	07.2017	3	3	3	3	2	
Жалпы	2015-2020	144	144	144	33	156	26

\*Ескертпе. СМ – су минерализациясы, ПИ – перманганат индексі, БЭ – биогенді элементтер, АМ – ауыр металдар, ЗП – зоопланктон, ФП – фитопланктон.

### ҚОСЫМША Б



## Зерттелген Оңтүстік-Шығыс Қазақстан су қоймаларының зоопланктонының түрлік құрамы

Кесте Б.1 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы тау су қоймалары (I категория) және рекреациялық қысымы бар тау су қоймаларының (II категория) зоопланктонының түрлік құрамы, 2015-2020 жж.

Түр	Тау су қоймалар				Рекреациялық қысымы бар тау су қоймалары		
	*1	2	3	4	5	6	7
1	2	3	4	5	6	7	8
Коловраткалар – Rotifera							
<i>Asplanchna brightwelli</i> (Gosse)	–	+	–	–	+	–	–
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	–	+	+	+	+	–	–
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	–	+	–	–	+	–	–
<i>Filinia terminalis</i> (Plate)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+	–	+	–	–
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	+	+	+	–	+	–	–
<i>Keratella tropica reducta</i> (Fadew)	+	–	–	–	–	–	–
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	+	+	–	+	+	–	+
<i>Platylabus quadricornis</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Notholca squamula</i> (Muller)	–	+	–	–	+	–	–
<i>Notholca acuminata</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	+
<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	–	–	–	+	+	–	–
<i>Synchaeta tremula</i> (Muller)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Synchaeta oblonga</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Synchaeta kitina</i> (Roussel.)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Synchaeta</i> sp.	–	+	–	–	+	–	–
<i>Mytilina ventralis</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Trichocerca (Diurella) intermedia</i> (Stenroos)	–	+	–	–	–	–	–
<i>Trichocerca caspica</i> (Tschugunoff)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Trichotria pocillum</i> (Muller)	–	+	–	–	–	–	–
<i>Lecane luna</i> (Muller)	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lecane (Monostyla) decipiens</i> (Murray)	–	+	–	–	–	–	–
<i>Lecane (Monostyla) arcuata</i> (Murray)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Lecane (Monostyla) closterocerca</i> (Schmarda)	–	–	–	–	–	–	–
<i>Lecane</i> sp.	+	–	–	–	–	–	–
<i>Hexarthra bulgarica</i> (Wiszniew.)	–	–	+	–	–	–	–
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	–
Notommatidae gen.sp.	–	–	+	–	–	–	–
Bdelloidea gen.sp.	+	+	–	–	+	–	+
Бұтақмұртты шаянтәрізділер – Cladocera							
<i>Alona</i> sp.	+	–	–	–	–	–	–
<i>Alona protzi</i> (Hartwig)	–	+	+	–	–	–	–
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)	–	–	+	–	+	–	+
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	–	–	+	–	+	–	–
<i>Alona rectangula</i> (Sars)	–	+	–	–	+	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	+	+	+	–	+	–	–
<i>Moina</i> sp.	–	–	–	–	–	+	–
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	–	+	–	–	+	–	–

Б.1 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	8	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---	---

<i>Daphnia (Daphnia) hyalina</i> (Leydig)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	-	+	-	+	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) longiremis</i> (Sars)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) longispina</i> (O.F. Muller)	-	+	+	+	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i> (Sars)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) turbinata</i> (Sars)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) pulex</i> (De Geer)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F.Muller)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Simocephalus vetuloides</i> (Sars)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Scapholeberis kingi</i> Sars	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cephalodella forficula</i> (Ehrenberg)	-	+	-	-	-	-	-
Ескекаяқтылар – Copepoda							
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Arctodiptomus bacillifer</i> (Koelbel)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Eudiptomus graciloides</i> (Lilljeborg)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Sinodiptomus sarsi</i> (Rylov)	-	-	-	-	-	-	-
Diaptomidae gen.sp.	+	+	-	-	+	-	-
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	+	+	-	+	+	+	+
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Lilljeborg)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Macrocyclops albidus</i> (Jurine)	-	+	-	-	+	-	-
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	-	-	+	-	+	-	-
Cyclopoida gen.sp.	-	+	-	+	+	+	+
<i>Paraergasilus</i> sp.	+	-	+	-	-	-	-
Ergasilidae gen.sp.	+	+	+	-	-	-	-
Haracticoida gen.sp.	-	+	-	-	+	-	-
Басқалар – Others							
Nematoda gen.sp.	-	-	-	-	-	+	+
Ostracoda gen.sp.	-	-	-	-	-	-	-
Oligochaeta gen.sp.	-	-	-	-	+	+	+
Барлығы	13	30	14	7	46	5	9
* Ескертпе. 1 – Жоғарғы Көлсай, 2 – Ортаңғы Көлсай, 3 – Сарыбұлақ, 4 – Бартоғай, 5 – Төменгі Көлсай, 6 – Қайыңды, 7 – Есік. + түр кездесті, – түр кездеспеді.							

Кесте Б.2 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймаларының (III категория) зоопланктонның түрлік құрамы, 2015-2020 жж.

Түр	*Су қойма							
	8	9	10	11	12	13	14	
1	2	3	4	5	6	7	8	
Коловраткалар – Rotifera								
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Bdelloida</i> gen.sp.	-	-	-	-	-	-	+	
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	-	-	+	-	-	-	
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	-	-	-	-	-	+	+	
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	+	-	-	+	-	-	+	
<i>Polyarthra vulgaris</i> (Carlin)	+	-	-	-	-	-	+	
<i>Polyarthra</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	
<i>Platylas quadricornis</i> (Ehrenberg)	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Trichocerca elongata</i> (Gosse)	-	+	-	-	-	-	+	
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	+	+	+	+	-	+	+	
<i>Synchaeta tremula</i> (Muller)	+	-	-	-	-	-	-	
<i>Synchaeta</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+	

Б.2 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	+	-	-	+	-	+	+

<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski)	-	+	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca</i> sp.	+	+	-	-	-	+	+
<i>Trichocerca (Diurella) heterodactyla</i> (Tschugunoff)	-	-	-	-	+	-	+
<i>Trichotria pocillum</i> (Muller)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Lepadella ovalis</i> (Muller)	-	-	-	+	-	-	+
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Brachionus calyciflorus amphicerus</i> (Ehrenberg)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Brachionus plicatilis</i> (Muller)	-	-	-	+	-	-	+
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann)	+	-	-	+	+	+	+
<i>Conochilus dossuarius</i> (Hudson)	-	-	-	-	-	-	+
<i>Lecane luna</i> (Muller)	+	-	-	-	-	-	+
<i>Lecane unguolata</i> (Gosse)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Zernov)	-	-	-	-	-	+	-
Бұтақмұртты шаянтәрізділер – Cladocera							
<i>Alona</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)	+	+	+	+	+	+	+
<i>Alona rectangularis</i> (Sars)	+	-	-	+	+	+	+
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Muller)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	+	-	-	-	+	-	-
<i>Camptocercus</i> sp.	-	-	-	+	+	-	-
<i>Moina micrura</i> (Kurz)	-	+	+	-	+	+	-
<i>Moina brachiata</i> (Jurine)	-	-	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin)	-	+	-	-	-	-	+
<i>Diaphanosoma</i> sp.	-	+	+	-	-	+	-
<i>Diaphanosoma macrophthalmum</i> (Korovch. Et Mirabd.)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Ceriodaphnia</i> sp.	-	+	-	+	-	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) hyalina</i> (Leydig)	-	+	-	-	-	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	-	+	-	+	-	-	-
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller)	-	+	-	-	-	-	-
Ескекаяқтылар – Copepoda							
<i>Eucyclops macruroides</i> (Lilljeborg)	-	-	-	-	-	-	+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	-	+	+	-	+	-	-
<i>Thermocyclops taihokuensis</i> (Harada)	-	-	+	+	+	-	+
Cyclopoida gen.sp.	+	+	+	+	+	+	+
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Arctodiptomus bacillifer</i> (Koelbel)	-	-	+	-	-	-	-
Diaptomidae gen.sp.	-	+	-	-	-	+	-
Haracticoida gen.sp.	-	-	+	-	-	-	-
Барлығы	16	17	11	15	15	15	23
*Ескертпе. 8 – Али, 9 – Алтынколь, 10 – Большая Подкова, 11 – Деревянное, 12 – Косагаш, 13 – Малая Подкова, 14 – Первомайка. + түр кездесті, - түр кездеспеді.							

Кесте Б.3 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймаларының (III категория) зоопланктонының түрлік құрамы, 2015-2020 жж.

Түр	*Су қойма						
	15	16	17	18	19	20	21

Коловраткалар – Rotifera							
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	-	-	-	+	-	+	+
<i>Bdelloida</i> gen.sp.	-	+	+	-	-	-	-
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	-	-	-	+	-	+	-
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	-	-	+	+	-	+	-
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	-	-	-	+	-	-	-
<i>Polyarthra</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-
<i>Platyias quadricornis</i> (Ehrenberg)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Synchaeta</i> sp.	-	-	-	+	-	-	-
<i>Bipalpus hudsoni</i> (Imhof)	-	-	-	+	-	-	-
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	-	-	-	+	-	-	-
<i>Testudinella</i> sp.	+	-	-	-	-	-	-
<i>Trichocerca (Diurella) intermedia</i> (Stenroos)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	-	-	-	+	-	+	-
<i>Brachionus calyciflorus amphicerus</i> (Ehrenberg)	-	-	-	+	-	-	-
<i>Brachionus plicatilis</i> (Muller)	+	+	-	-	-	-	+
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann)	+	+	+	-	-	+	-
<i>Lecane luna</i> (Muller)	-	-	-	+	-	-	-
<i>Lecane</i> sp.	-	-	-	-	+	-	+
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	+	-	-	-	-	-	-
<i>Hexarthra</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-
<i>Euchlanis</i> sp.	-	-	+	-	-	-	-
Бұтақмұртты шаянтәрізділер – Cladocera							
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)	+	-	-	+	+	+	-
<i>Alona affinis</i> (Leydig)	-	+	+	-	-	-	-
<i>Alona rectangula</i> (Sars)	-	-	-	+	+	-	-
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	-	+	+	+	-	+	-
<i>Moina micrura</i> (Kurz)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma</i> sp.	-	+	-	-	-	+	-
<i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i> (Sars)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Simocephalus vetulus</i> (O.F. Muller)	-	-	+	-	-	+	-
Ескеқаяқтылар – Copepoda							
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	-	+	+	+	+	+	-
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	-	+	-	-	-	-	-
<i>Megacyclops viridis</i> (Jurine)	-	-	+	-	+	-	-
<i>Mesocyclops</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-
Cyclopoida gen.sp.	+	-	+	+	-	-	+
<i>Acanthodiptomus denticornis</i> (Wierzejski)	-	-	+	-	-	-	-
<i>Paraergasilus</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-
Ergasilidae gen.sp.	-	+	+	+	+	+	-
<i>Limnocletodes behningi</i> (Borutzky)	-	-	+	-	-	-	-
Басқалар – Others							
Nematoda gen.sp.	-	-	-	+	+	+	-
Oligochaeta gen.sp.	-	-	+	-	-	-	-
Барлығы	6	10	16	17	7	18	4
*Ескертпе. 15 – Домалакколь, 16 – Шарбакты, 17 – Аякколь, 18 – Кызылауит, 19 – Ақтобеауит, 20 – Алтай, 21 – Бидайбекауит. + түр кездесті, – түр кездеспеді.							

Кесте Б.4 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы орташа антропогендік қысымы бар жазықтықта орналасқан су қоймаларының (III категория) зоопланктонының түрлік құрамы, 2015-2020 жж.

Түр	*Су қойма
-----	-----------

	22	23	24	25	26	27	28
1	2	3	4	5	6	7	8
Rotifera – Коловраткалар							
<i>Asplanchna brightwelli</i> (Gosse)	–	–	–	–	+	+	+
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse)	+	+	+	+	–	+	+
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig)	–	–	–	–	+	+	+
<i>Asplanchna girodi</i> (Guerne)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Bdelloida</i> gen.sp.	–	–	–	–	–	+	+
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	–	–	–	+	+	–	+
<i>Filinia terminalis</i> (Plate)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse)	+	+	+	–	–	–	+
<i>Keratella quadrata</i> (Muller)	–	–	–	–	+	–	+
<i>Keratella tropica</i> (Apstein)	–	–	–	–	+	+	+
<i>Keratella tropica reducta</i> (Fadeew)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Keratella quadrata dispersa</i> Carlin	–	–	–	–	–	–	+
<i>Keratella cochlearis tecta</i> (Gosse)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Keratella paludosa coclesris</i> (Hauer)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson)	–	+	–	+	–	–	–
<i>Polyarthra euryptera</i> (Wierzejski)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Polyarthra longiremis</i> (Carlin)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Polyarthra</i> sp.	–	–	+	–	–	+	+
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson	–	–	–	–	+	+	+
<i>Pompholyx complanata</i> (Gosse)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Platylas quadricornis</i> (Ehrenberg)	–	–	–	+	–	–	–
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	–	+	+	–	+	+	+
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Trichocerca</i> sp.	–	–	+	+	–	+	–
<i>Trichocerca longiseta</i> (Schrank)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Trichotria pocillum</i> (Muller)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Trichotria truncata</i> (Whitel.)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	–	+	–	–	+	+	+
<i>Brachionus calyciflorus ampiceros</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Brachionus calyciflorus</i> (Pallas)	–	+	–	–	+	–	–
<i>Brachionus calyciflorus dorcas</i> (Gosse)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Brachionus calyciflorus spinosus</i> (Gosse)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Brachionus plicatilis</i> (Muller)	–	–	–	+	–	–	–
<i>Brachionus quadridentatus</i> (Hermann)	–	+	+	+	+	+	+
<i>Brachionus quadridentatus brevispinus</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	+	–	+
<i>Brachionus forficula</i> (Wierzejski)	–	+	–	–	–	+	–
<i>Lecane (s.str.) luna</i> (Muller)	–	–	–	–	+	+	–
<i>Lecane (Monostyla) arcuata</i> (Murray)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Lecane (Monostyla) bulla</i> (Gosse)	–	–	–	–	–	+	+
<i>Lecane (Monostyla) cornuta</i> (O. F. Müller)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Lecane ludwigii</i> (Eckst)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Lecane (Monostyla) quadridentata</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	–	–	+
<i>Lophocharis lepadeloides</i> (Rodewald)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	–	–	–	–	+	–	–
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg)	–	–	–	–	–	+	–
<i>Euchlanis dilatata macrura</i> Ehrenberg	–	–	–	–	–	+	+

#### Б.4 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8
Notommatidae gen.sp.	–	–	–	–	–	+	+
Бұтақмұртты шаянтәрізділер – Cladocera							
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)	–	+	+	–	+	+	–

<i>Alona rectangula</i> (Sars)	-	-	-	-	+	+	+
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	+	-	+	-	-	+	-
<i>Moina brachiata</i> (Jurine)	-	-	-	-	+	-	-
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin)	-	-	-	-	+	+	-
<i>Diaphanosoma</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-
<i>Diaphanosoma mongolianum</i> (Veno)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Diaphanosoma cf. dubium</i> (Manuilova)	-	-	-	-	-	+	+
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	-	+	+	-	+	-	-
<i>Daphnia (Daphnia) cucullata</i> (Sars)	+	-	-	-	+	-	-
Ескекәяктылар – Copepoda							
<i>Eucyclops (s.str.) macruroides</i> (Lilljeborg)	-	-	-	-	-	-	+
<i>Thermocyclops crassus</i> (Fischer)	-	-	+	-	+	-	-
<i>Thermocyclops taihokuensis</i> (Harada)	-	-	-	-	-	+	-
<i>Thermocyclops</i> sp.	-	-	-	-	-	-	+
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	-	-	+	-	+	-	-
<i>Mesocyclops</i> sp.	-	-	-	-	-	+	-
Cyclopoida gen.sp.	+	+	-	+	+	-	-
Diaptomidae gen. sp	-	-	-	+	+	-	-
Ergasilidae gen.sp.	-	-	+	-	-	-	-
Harpacticoida gen.sp.	-	-	-	+	+	-	-
Басқалар – Others							
Nematoda gen.sp.	-	+	+	-	+	-	+
Ostracoda gen.sp.	-	+	-	-	-	-	-
Oligochaeta gen.sp.	-	-	-	-	+	-	-
Барлығы	6	14	13	10	29	37	35
*Ескертпе. 22 – Жартас, 23–Қарасу, 24 – Мыкынды, 25 – Учбулак, 26 – Күрті, 27 – Қайрат, 28 – Космос. + түр кездесті, – түр кездеспеді.							

Кесте Б.5 – Қазақстанның оңтүстік-шығысындағы антропогенді өзгерген су қоймаларының (IV категория) зоопланктонының түрлік құрамы, 2015-2020 жж.

Түр	*Су қойма		
	29	30	31
1	2	3	4
Rotifera – Коловраткалар			
<i>Asplanchna girodi</i> (Guerne)	+	-	-
<i>Keratella quadrata dispersa</i> Carlin	+	-	+
<i>Polyarthra</i> sp.	+	+	-
<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson)	+	-	-
<i>Synchaeta stylata</i> (Wierzejski)	+	-	-
<i>Synchaeta kitina</i> (Roussel.)	+	-	-
<i>Brachionus calyciflorus dorcas</i> (Gosse)	+	+	
<i>Brachionus calyciflorus spinosus</i> (Gosse)	+	-	-
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse)	-	+	
<i>Brachionus plicatilis longicornis</i> (Fadeev)	+	-	-
<i>Brachionus variabilis</i> (Hempel)	+	-	-
<i>Lecane luna</i> (Muller)	+	-	-
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Zernov)	-	-	-
<i>Hexarthra mira</i> (Hudson)	+	+	+
<i>Euchlanis dilatata</i> (Ehrenberg)	+	-	-

Б.5 – кестенің жалғасы

1	2	3	4
Notommatidae gen.sp.	+	-	-
Bdelloida gen.sp.	+	-	-

Бұтақмұртты шаянтәрізділер – Cladocera			
<i>Leydigia leydigii</i> (Schoedler)	+	–	–
<i>Bosmina (Bosmina) longirostris</i> (O.F. Muller)	+	–	+
<i>Alona rectangula</i> (Sars)	+	–	–
<i>Alona quadrangularis</i> (O.F. Muller)	+	–	–
<i>Chydorus sphaericus</i> (O.F. Muller)	+	+	+
<i>Diaphanosoma mongolianum</i> (Veno)	+	–	–
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> (Sars)	+	–	–
<i>Daphnia (Daphnia) galeata</i> (G.O. Sars)	+	–	+
<i>Daphnia (Daphnia) pulex</i> (De Geer)	+	+	+
<i>Daphnia (Stenodaphnia) magna</i> (Straus)	+	+	+
Ескекаяқты шаянтәрізділер – Copepoda			
<i>Acanthocyclops trajani</i> (Mirabdullayev et Defaye )	+	+	+
<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	+	–	+
<i>Cyclops scutifer</i> (Sars)	+	–	–
Cyclopoida gen sp.	+	–	–
<i>Limnocletodes behningi</i> (Borutzky)	+	–	–
<i>Sinodiaptomus sarsi</i> (Rylov)	+	+	+
Барлығы	31	9	10
*Ескертпе. 29 – Сорбұлақ, 30 – ОЖСК 7, 31 – ОЖСК 8. + түр кездесті, – түр кездеспеді.			