[Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті](http://yandex.kz/clck/jsredir?bu=b1ao35&from=yandex.kz%3Bsearch%2F%3Bweb%3B%3B&text=&etext=2202.OBXTmVwd6OcCsg72R-xs7QsMTx6mXy_kW-AnGM0VI5BhS1i4SeheYWDYMAHtuKY4pcDVLkh68bdbR2l9Wtgkyocjz-QE_KFnvEAPDQ2Y2C4-BaV3IDOgPm04RGH9e_BBbWhldmNobW5vc2JlaGlkaQ.5e3e1f8740014003c59bffb6a335e50b7a3b4c8a&uuid=&state=jLT9ScZ_wbo,&&cst=AiuY0DBWFJ5Hyx_fyvalFB3udsuNjLoFANPl52qepGeVCiRAIgFabmzpf-TRZ_Dac4UrmBMxVmdOAvH7jyfhkEoO9GIz6ZSIbuLHnui-Igojua6oDYYy85VDhe9tT92n9DQnIWK3I9aiR_B7yCSfeCEQ7DhJFEZ37qqgGNCotdKhW-jJfzuWclsrYTUKyhVqUUgYZWHKSuyR88JsIPQfbpMEMI0hd4Ov5Gwe3int0QHWLlaaCizwK-R8NhDdZp4OzhKEie5H_Mz-lPwTRnRjLwBtCNfYjuy9986UKa0BdRVJRtPPVLEKP-fbhiLWsW18VamY4SL5w8AOq8g3eo9g3GQ7WN3V1f_ittt5tYaEXhdn4aLsVn7ULbMUScqUTuiknUdXwix7g_yz6ANU8HCoKouUve1lFCVhXQfkRbEEOUAKfWtBsOydwQ,,&data=UlNrNmk5WktYejR0eWJFYk1LdmtxbG1YclJfNkc5ejFHZXk4SGRhT01seVdJM01oZE1lOHdUSFd4dzdYN2t1VHpCdjN4QTlmZ29oTXN0Y19JTWo5bXV2SjBELU9XbXMt&sign=f67c095cbde131a316b3f7db54b056f9&keyno=0&b64e=2&ref=orjY4mGPRjkm1GYumWD8VpzF_kJ2sVs5h1CCAJxDT0Vcq9_HduYRaxwktexfcpGEh9y6V6MeksXRpPVWqLxgkbmDP_cpat9UhB14YshPZrQRCICslQK-W7_75PdisQGNPmA9XXvKqRty4DTMUgYr-8IP_KxN290SNoGfowvxmP2VRPeXC0PN1H3601rD5Zzifo85-IxkX7gydQbBOD7_-2oj7wiwwLV4NA5qEExUgim7mda4gp72nJ81bqoxUUxVmXp0qwZE897MWd1vRSkB1HdFGDdf6yXg8xiTS-5u1wFFpoHMCMy2qFiPn-EQCNynxJ5bghqbCFKfN65PyUN8dgi6TdKC0F5ZqpBGtpN7lNZAHCy61_biu49YNwhl2A4va2eNYRhIswIt-J7qAEh4ZId9jjqVkscBOP6cu2C9KtU,&l10n=ru&rp=1&cts=1580378060005%40%40events%3D%5B%7B%22event%22%3A%22click%22%2C%22id%22%3A%22b1ao35%22%2C%22cts%22%3A1580378060005%2C%22fast%22%3A%7B%22organic%22%3A1%7D%2C%22service%22%3A%22web%22%2C%22event-id%22%3A%22k60kajfpwl%22%7D%5D&mc=2.521640636343318&hdtime=6850.13" \t "_blank)

ӘӨЖ 504.455:556 Қолжазба құқығында

**ПАНҒАЛИЕВ ЕРБОЛ МАХАМБЕТҰЛЫ**

**Орталық Қазақстандағы көлдердің эволюциясы және экологиялық мәселелері**

8D05208 – Экология және табиғатты пайдалану

Философия докторы (PhD)

дәрежесін алу үшін дайындалған диссертация

Ғылыми кеңесші

биология ғылымдарының кандидаты,

доцент

Акбаева Л.Х.

Шет елдік кеңесші

доктор PhD,

профессор

Атасой Э.

Қазақстан Республикасы

Астана, 2024

**МАЗМҰНЫ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**................................................. | 4 |
|  | **БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР.**................................... | 5 |
|  | **КІРІСПЕ** .......................................................................................... | 6 |
| **1** | **ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ** .................................................................... | 12 |
| 1.1 | Заманауи әдебиеттердегі көл эволюциясының мәселелері (эвтрофикация, көлдердің табиғи шығу тегі және дамуы).............. | 12 |
| 1.1.1 | Көлдердің қазаншұңқырына, жер бедеріне және геологиялық процестеріне байланысты сипаттамасы.......................................... | 12 |
| 1.1.2 | Орталық Қазақстан көлдерінің су айналым режимі...................... | 16 |
| 1.1.3 | Климаттың көлдер эволюциясына әсері......................................... | 17 |
| 1.1.4 | Көлдердегі химиялық процестер. Қандай химиялық заттар көл өмірінің белгілі бір кезеңінің көрсеткіші болып табылады…........ | 19 |
| 1.1.5 | Көлдердің дамуындағы эвтрофикацияның маңызы…………........ | 22 |
| 1.1.5.1 | Көлдердің табиғи эвтрофикациясы……………………………........ | 22 |
| 1.1.5.2 | Антропогендік әсерлер, көлдердің эволюциясы мен тозуына әсер ететін факторлардың бірі…………………………………............... | 23 |
| 1.1.6 | Көлдердегі әртүрлі тірі организмдердің биоәртүрлілігі және көлдің эволюциясы……………………………………….................. | 26 |
| 1.1.7 | Қазақстандағы көлдерге жалпы сипаттама…………………..…..... | 32 |
| **2** | **ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ** ……………............ | 35 |
| 2.1 | Зерттеу нысаны……………………………………………….…....... | 35 |
| 2.2 | Орташа жылдық температура мен орташа жылдық және маусымдық жауын-шашынның тенденцияларын құрастыру......... | 40 |
| 2.3 | Көлдердің морфометриялық көрсеткіштерін зерттеу әдістері........ | 43 |
| 2.4 | Қарағанды және Ұлытау облыстары аумағының су балансын анықтау………………………………………………………….......... | 44 |
| 2.5 | Гидрохимиялық зерттеу әдістері ………………………………....... | 46 |
| 2.6 | Гидробиологиялық зерттеу әдістері………….…………………...... | 47 |
| **3** | **НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУЛАР**..................................... | 49 |
| 3.1 | Орталық Қазақстанның (Қарағанды және Ұлытау облыстары) 1940-2020 жылдары аралығындағы метеорологиялық көрсеткіштер бойынша климаттың өзгеру динамикасы….............. | 49 |
| 3.2 | Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің морфометриялық көрсеткіштері………………………………..….. | 57 |
| 3.3 | Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің су балансы……………………………………………………………... | 65 |
| 3.4 | Үлкен Сарыкөл көлінің экологиялық жағдайын зерттеу……….. | 71 |
| 3.5 | Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің жағдайына әртүрлі факторлардың бірлескен әсері…………....................…… | 77 |
|  | **ҚОРЫТЫНДЫ** ............................................................................... | 81 |
|  | **ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ** .......................... | 85 |
|  | **ҚОСЫМША А** –Қарағанды облысының көлдеріндегі далалық зерттеулер.......................................................................................... | 99 |
|  | **ҚОСЫМША Ә** –Күн сәулесі белсенділігі графигі ..................... | 102 |
|  | **ҚОСЫМША Б** – Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің гидроморфологиялық көрсеткіштері .............................. | 103 |

**НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**

Диссертациялық жұмыста келесідей мемлекеттік үлгіқалыптарға сілтемелер жасалды:

ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.74-2012. Топырақты сандық химиялық талдау.

МЕМСТ 26951-86. Нитраттарды ионометриялық әдіс бойынша анықтау.

МЕМСТ 26205-91. ОАҚКИ модификациясында Мачигин әдісімен карбонаттық топырақтағы жылжымалы фосфор мен калийді айқындау.

МЕМСТ 26490-85. ОАҚКИ әдісімен жылжымалы күкіртті анықтау.

МЕМСТ 26213-91. Органикалық заттарды анықтау әдісі.

МЕМСТ 26483-85. ОАҚКИ әдісімен тұз сығындысын дайындау және оның рН анықтау.

МЕМСТ 26424-85. Су сығындысындағы карбонатты және бикарбонатты иондарды анықтау әдісі.

# **БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР**

|  |  |
| --- | --- |
| СШБ | * Су шаруашылығы бассейні |
| ШРШ | * Шектеулі рұқсат етілген шығарындылар |
| БОҚ | * Оттегінің биохимиялық қажеттілігі |
| ОАҚКИ | * Орталық ауыл шаруашылығына агрохимиялық қызмет көрсету институты |
| ШРК | * Шекті рұқсат етілген концентрация |

# **КІРІСПЕ**

**Зерттеудің өзектілігі**. Соңғы онжылдықта Қазақстан Республикасындағы су ресурстарының мәселелері су тапшылығының, климаттың өзгеруінің, географиялық орналасуының және антропогендік әсердің салдарынан ерекше өзектілікке ие болды [1, 2]. «Қазақстан 2050» стратегиясында маңызды басымдықтардың бірі Қазақстандағы су мәселесін шешу деп танылған. Біріккен Ұлттар Ұйымы алдағы он жылда жаһандық су тапшылығын болжайды. 2030 жылға қарай әлемде су тапшылығы 40 пайызға жетуі мүмкін [3].

Қазақстан Республикасы аумағының көп бөлігінің гидрографиялық желісі нашар дамыған және су объектілірінің саны салыстырмалы түрде аз, сондықтан жер беті суларының жалпы аумағын, олардың морфологиялық көрсеткіштерінің өзгеру динамикасын есепке алу өте маңызды. Қазіргі кезге дейін гидрологтар мен экологтардың алаңдаушылығын негізінен ірі су объектілері мен өзендердегі өзгерістер тудырды. Алайда, орта және шағын көлемді көлдердің жағдайына жеткілікті көңіл бөлінбеді. Көлдер микроклиматқа, іргелес экожүйелердің әл-ауқатына үлкен әсер етеді және рекреациялық және экономикалық құндылыққа ие [4].

Қазіргі уақытта Қарағанды және Ұлытау облыстарын қамтитын Орталық Қазақстан аумағы бүкіл Қазақстан Республикасы үшін ауыл шаруашылығы мен ауыр өнеркәсіпті дамытуда стратегиялық маңызы зор [5]. Дегенмен, соңғы жылдары аймақта климаттық құбылыстарға байланысты бірқатар мәселелер туындады, атап айтқанда, су тасқыны, қалыптан тыс құрғақшылық және су ресурстарының сарқылуы [6]. Осының салдарынан егістік жерлер азайып, астық шығымдылығы төмендеді. Территориядағы су ресурстарының мәселесі, олардың табиғи экожүйелерді қолдап және биологиялық әртүрлілікті сақтаудың кепілі болып табылатындығымен де шиеленісіп отыр [7].

Қарағанды және Ұлытау облыстары 428 мың шаршы км аумақты алып жатыр және Қазақстан Республикасының аз көлді аумақтарының қатарына жатады. 100 шаршы км 0,27 шаршы км су беті келеді [8]. Бұл аумақта орташа алғанда жалпы ауданы 926 шаршы км болатын 1910-ға жуық көл бар. Олардың ішінде жалпы аумақтағы су бетінің 14% құрайтын, ауданы 1 шаршы км-ден аз 1779 көл бар [9]. Орта және шағын көлдердің су мөлшерінің молшылық циклділігі қысқа, эвтрофикацияға ұшырауға бейім және жиі құрғап кетеді. Олардың жойылғандығы көбінесе гидрологиялық реестрлерде тіркеусіз қалады [10, 11].

Аймақтың су ресурстары көптеген экологиялық факторларға және гидрологиялық процестерге тәуелді динамикалық жүйе болып табылады. Қыс маусымындағы түсетін атмосфералық жауын-шашын көлдердің негізгі қоректену көзі. Территориядағы көлдер мен өзендер судың күрт азаюына және эвтрофикацияға жиі ұшырап отырады [8, с. 19-29].

Орталық Қазақстан территориясының гидрографиялық өзен желісі сирек. Сонымен қатар, қардың еру кезеңінде ғана уақытша пайда болатын су ағындары өте көп кездеседі. Көктемгі су тасқынынан кейін аз уақытқа суға толатын көптеген көл тостағандарының болуы да тән. Ал тұрақты көлдердің су деңгейі жиі ауытқып, су беті айдыны ауданы елеулі өзгерістерге ұшырап отырады [4, р. 25-30; 12].

Жалпы алғанда, күрт континенттік климатпен, біркелкі емес атмосфералық жауын-шашын мөлшерімен және құрғақшылықпен сипатталатын бұл аймақтың географиялық-климаттық жағдайлары жер үсті суларының су режимі үшін өте қолайсыз [12, c. 10-11].

Қазақстан Республикасының Орталық аймақтары үшін ауа райының өзгеруінде екіұшты болжануда және су апатының болуы да мүмкін. Кейбір мәліметтерге сәйкес, XXI ғасырдың ортасына қарай Қазақстан аумағында жауын-шашын мөлшерінің қыста (9%-ға) және көктемде (5%-ға) өсуі, сондай-ақ жауын-шашынның қарқындылығы мен құбылмалылығының артуы күтілуде [13]. Кейбір модельдер 2030 жылға қарай жылдық жауын-шашынның 2%-ға, 2050 жылға қарай 4%-ға және 2085 жылға қарай 5%-ға артатынын болжайды, ал басқа модельдер 2085 жылға қарай жауын-шашынның орташа 11%-ға төмендеуін болжайды [14]. Кейбір сарапшылардың пікірінше, 2085 жылға қарай парниктік газдар шығарындылары көбейсе, ылғалды аймақ солтүстікке қарай 250-300 шақырымға жылжиды. Соңғы жағдайда Қазақстанның барлық солтүстік облыстары шөлейт аймаққа айналуы мүмкін [15].

Қазақстанның орталық бөлігіндегі климаттық көрсеткіштердің өзгеруі осы аймақтағы шағын көлдерге теріс әсер етуі мүмкін, өйткені бұл аймақтағы шағын көлдердің көпшілігі еріген қар мен жаңбыр суымен қоректенеді [8, c. 37].

Адамдардың экожүйеге антропогендік әсерінің күшеюі жағдайында көлдердің табиғи эволюциясы айтарлықтай өзгеріп, су объектілерінің жойылып кетуіне әкелуі мүмкін. Көлдердің эволюциясы ретті геологиялық, гидрометриялық, гидрологиялық, гидрохимиялық, гидробиологиялық өзгерістерді қамтиды және сукцессиямен салыстырғанда ауқымды процестерді қамтитын құбылыс. Орталық Қазақстанның құрғақшылық жағдайында атаулы процестер, көпшілік көлдердің суффозиялы-карсттық және дефляциялық болуымен, беткі ағыны әлсіз, тереңдігі салыстырмалы түрде таяз, сондай-ақ, суы мол және суы аз кезеңдерінің ұзақ циклдердің көптеген көлдерде тіркелуімен қиындайды.

**Гипотеза.** Қоршаған орта факторларының тұтас кешенінің әсерінен соңғы онжылдықта Орталық Қазақстанның жер үсті суларының көрсеткіштерінде елеулі өзгерістер орын алуы мүмкін. Бұл ең алдымен көлдердің санында, жалпы ауданында, су массасының жалпы көлемінде, су балансында, жалпы экологиялық жағдайында және жергілікті көлдердің су айналымының ерекшеліктерінде көрінуі ықтимал. Жер үсті суларының ағымдағы жағдайын және олардың даму тенденцияларын анықтау үшін олардың барлық ықтимал мәселелерін дер кезінде анықтау маңызды.

**Жұмыстың мақсаты** Орталық Қазақстан көлдерінің морфо-экологиялық жағдайын олардың эволюциялық дамуы тұрғысынан анықтау болды.

**Зерттеу жұмысының міндеттері:**

1. Метеорологиялық көрсеткіштер негізінде Қарағанды және Ұлытау облыстарының климатының өзгеру динамикасын зерттеу.
2. Соңғы жарты ғасырдағы Қарағанды және Ұлытау өңірлеріндегі орта және шағын көлдердің бірқатар морфометриялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жасау.
3. Қарағанды және Ұлытау облыстарының көлдерінен булану түріндегі судың табиғи шығынын бағалау және осы мәліметтерді судың жалпы ағынымен салыстыру.
4. Зерттеліп отырған аумақтағы көлдерге тән экологиялық факторларымен, гидрологиялық жағдайлармен және түрлердің алуандығы бар Қарағанды облысында орналасқан Үлкен Сарыкөл көлінің экологиялық жағдайын зерттеу.
5. Орталық Қазақстанда орналасқан көлдердегі өзгерістерге кешенді талдау жасау.

**Зерттеудің ғылыми жаңалығы:**

Алғаш рет, соңғы 80 жылда болған климаттық өзгерістерді ескере отырып Орталық Қазақстандағы шағын және орта көлемдегі көлдердің гидрологиялық сипаттамасы берілді. Зерттелінген аумақтың су балансын есептеу нәтижесінде су жинау алабына келетін су көлемінен буланып кететін су мөлшерінің асып түсетіні анықталып, қазіргі уақытта жер асты суы қоры толық қалпына келмеуде.

Сонымен қатар, көлдердің жай-күйін бағалаудың әдістемелік тәсілдері ұсынылды: 1) Жұмыста көлдерді су бетінің ауданы мен су көлемі бойынша жаңа топтастыру ұсынылады, бұл аумақтың су объектілерін шолуды жеңілдетеді және олардың гидрологиялық көрсеткіштерін талдауға мүмкіндік береді; 2) Қарағанды және Ұлытау облыстарының бүкіл аумағы бойынша орташа жылдық көрсеткіштер негізінде жалпы жылдық су балансы есептелді; 3) Көлдердегі өзгерістерді кешенді талдау үшін алғаш рет балл-салмақтық бағалау әдісі қолданылды.

Сондай-ақ, осы зерттеулерге дейін Орталық Қазақстандағы көптеген көлдердің морфометриялық көрсеткіштерін өлшеу және талдау жұмыстары ұзақ уақыт бойы жүргізілмеген.

**Зерттеу объектілері:**

Морфометриялық зерттеулер үшін Қарағанды және Ұлытау облыстарының 109 көлі, 12 өзені және оған іргелес орналасқан бассейндік аумақтар зерттелді. Зерттеліп отырған территориядағы көлдер аумақтың шеттерінде орналасқан, көлдер көбінесе жер үсті ағынымен (негізінен еріген қар суымен) және жер асты суымен қоректенеді. Көлдердің көпшілігі аумақтың ылғалды солтүстік және батыс аудандарында шоғырланған [16].

Зерттелетін аумақтағы көлдердің жалпы экологиялық жағдайы туралы мәліметтер алу үшін Қарағанды облысы Бұқар жырау ауданының оңтүстігінде, Қарағанды қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 60 км жерде орналасқан Үлкен Сарыкөл көліне толық зерттеу жүргізілді (Суықсу ауылынан 1 км оңтүстік-батысқа қарай N 49° 28' 40", E 73° 42' 17"). Көл балық аулау және мал суару мақсатында пайдаланылады.

**Зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы**

Зерттеулердің нәтижелері Орталық Қазақстанның су ресурстары туралы мәліметтерді жіктеу және типтеу, қоршаған ортаны теңгерімді басқарудың ғылыми үлгілерін жасау және аймақтағы көл жүйелерінің оңтайлы жұмыс істеуін қамтамасыз ететін ғылыми базаны қалыптастыру үшін маңызды.

Атқарылған жұмыстың жер үсті суларының экологиялық мониторингі деректерін ғылыми негіздеу және түсіндіру ретінде үлкен практикалық маңызы бар және экологтар, гидрологтар және су шаруашылығы мамандары үшін нұсқаулық ретінде пайдаланылуы мүмкін. Жұмыстың нәтижелері су ресурстарын ұтымды пайдалану мен қорғауға бағытталған шаралар мен ұсыныстарды әзірлеу үшін пайдалы болуы мүмкін.

Алынған деректер су шаруашылығы, балық шаруашылығы және рекреациялық мақсаттар үшін маңызды. Жинақталған геоақпараттық материалды облыстық экология және табиғи ресурстар басқармалары кадастрлық (немесе экологиялық) төлқұжаттарды жасау үшін пайдалана алады.

**Зерттеудің қорғауға ұсынылатын қағидалары:**

1. Қарағанды облысының 1940-2020 жылдар аралығындағы жыл сайынғы, әр он жыл сайынғы және маусымдық орташа ауа температурасы анықталды. Сонымен қатар, маусымдық және жылдық жауын-шашын режимі мен мөлшеріндегі өзгерістері зерттелді. Суық маусымға байланысты орташа жылдық ауа температурасының және орташа жылдық атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің артуы байқалды.
2. 1968 және 2020 жылдардағы Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы орта және шағын көлдердің морфометриялық көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Келесі морфометриялық көрсеткіштер зерттелді: ұзындығы, ені, орташа және максималды тереңдігі, жағалау сызығының ұзындығы, көлдің ауданы, көлдің су жинау алабы ауданы және су көлемі. 2020 жылы көлдер көпжылдық су айналымының жоғары су деңгейі циклында болды. Салыстырмалы түрде ауданы 4 км2-ге дейінгі шағын көлдердің жалпы ауданы 1968-ші жылмен салыстырғанда 2020 жылы 51,9%-ға және су көлемі 22,02%-ға ұлғайғайған. 1968-ші жылмен салыстырғанда 2020 жылы орташа және ірі көлдердің (ауданы 4-тен 20 км2-ге дейін және одан да үлкен) ауданы 42,9%-ға, ал су көлемі 15,7%-ға ұлғайғандығы анықталды.
3. Қарағанды (қазіргі Қарағанды және Ұлытау облыстары) облысының су балансында ең көп үлесті жылдық жауын-шашын, жер асты су көздері, жылы мезгілде көлдер мен өзендердің бетінен булану және вегетациялық кезеңде өсімдіктердің үлкен аумақтан судың белсенді транспирациялауы алады. Су және топырақ бетінен қарқынды булану процестеріне Қарағанды облысында жылы айлардағы жоғары ауа температурасы, желдің жоғары жылдамдығы және салыстырмалы түрде төмен ауа ылғалдылығы ықпал етеді. Топырақтан және су объектілерінің су бетінен жалпы булану мөлшері түсетін атмосфералық жауын-шашын мөлшерінен әлдеқайда асып түседі, бұл көлдердің көпшілігі жер асты суларымен қоректенетінін көрсетеді. Осылайша, қазіргі кезеңде жер асты суларының су балансына кететін су көлемі келетін су мөлшерімен толық теңгерілмеуде, бұл жақын арада аймақтағы көлдердегі су деңгейінің төмендеуіне әкеледі.
4. Зерттеліп отырған аумақтағы көлдерге тән экологиялық факторларымен, гидрологиялық жағдайлармен және түрлердің алуандығы ұқсас Қарағанды облысында орналасқан Үлкен Сарыкөл көлінің экологиялық жағдайы зерттелді. Далалық аймақтың таяз көлі саналатын Үлкен Сарыкөл өзінің суы мол кезеңін бастан кешіруде. Көлдің суы аздап тұзды, натрий-гидрокорбанатты-хлоридті типті, қышқылдығы бейтарап, аздап сілтілі, зиянды қоспасыз және балық шаруашылығы үшін қолайлы. Көл табанының шөгінділерінің тұздануы және сульфаттың белсенді тотықсыздану процестері байқалады. Үлкен Сарыкөл көлінде планктондық, бентостық және нектонды организмдердің көп түрі кездеседі. Трофикалық жағдайы бойынша мезотрофты және β-мезосапробты эвтрофикация типтегі көл.
5. Орталық Қазақстандағы көлдердің өзгерістеріне балл-салмақтық бағалау әдісі арқылы жалпылама талдау берілген. Көлдің деградациясын жеделдететін процестердің жалпы әсері деградацияны бәсеңдететін процестердің жалпы әсерінен асып түседі. Яғни, осы кезеңде, Орталық Қазақстандағы көпшілік көлдердің судың мол циклдық кезеңінде болуына қарамастан, жалпы алғанда, көлдерде эвтрофикацияны жеделдететін процестер жүруде.

**Ізденушінің жеке үлесі.** Ізденуші диссертациялық жұмысын Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің «Қоршаған ортаны қорғау саласындағы басқару және инжиниринг» кафедрасының су ресурстары зертханасында 2019 және 2022 жылдары аралығында орындады. Осы кезеңде ол Қарағанды және Ұлытау өңірлеріндегі көлдердің бірқатар морфометриялық өлшемдерін, сынамаларды алу және өңдеу жұмыстарын жеке өзі жүргізді. Диссертант көпжылдық климаттық көрсеткіштердің динамикасын талдау және температура мен атмосфералық жауын-шашынның трендін құру бойынша жұмыстарды өз бетінше жүргізді, зерттелетін аумақ бойынша су балансын есептеді, гидрографиялық желі мен қазіргі көлдердің орналасу карталарын жасады, Үлкен Сарыкөл көлінің фитопланктон, зоопланктон және зообентос түрлерінің әртүрлілігін анықтауға қатысты.

**Зерттеудің апробациясы.** Жекелеген нәтижелер ғылыми журналдарда жарияланды:

1. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің хабаршысы. Биологиялық ғылымдар сериясы – 2022. – №4 (141);
2. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университетінің хабаршысы. Биологиялық ғылымдар сериясы – 2023. – №4 (145).
3. ҚазҰУ хабаршысы. Экология сериясы – 2023. – №4 (77).
4. Polish environmental studies journal. – 2024. – Vol. 33, Issue 1. – P. 781-801.

**Зерттеу нәтижелері бойынша жарияланымдар:** Диссертацияның негізгі мазмұны басылып шыққан 4 жұмыста көрсетілген, оның ішінде 1 мақала Scopus мәліметтер базасына енетін ғылыми журналда, 3 мақала Қазақстан Республикасының Білім және ғылым саласындағы бақылау комитеті тізіміндегі республикалық ғылыми журналдарда жарияланған.

**Диссертацияның құрылымы.** Диссертациялық жұмыста нормативтік сілтемелер, белгілеулер мен қысқартулар, кіріспе, әдеби шолу, зерттеу нысаны мен әдістері, нәтижелерді талқылау, қорытынды, 218 әдебиеттер тізімі және 3 қосымша келтірілген. 105 беттен тұратын зерттеу жұмысы 19 кесте және 11 формуламен өрнектеліп, 14 суреттермен дәлелденген.

# **1 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ**

**1.1 Заманауи әдебиеттердегі көл эволюциясының мәселелері (эвтрофикация, көлдердің табиғи шығу тегі және дамуы)**

Жер үсті суларының пайда болуының, дамуының және уақыт өте келе тозуының өзіндік табиғи тарихы бар. Осыған орай, әртүрлі көлдердің эволюциясының ерекшеліктеріне арналған ғылыми еңбектермен танысу маңызды болды. Табиғи жағдайда көлдердің эволюциясы барысына әсер ететін негізгі табиғи факторлар (климат, өзен ағыны, көл бассейндерінің морфометриясы, көл алабындағы өсімдіктердің табиғаты және т.б.) антропогендік факторлар (жер жырту, ормандарды кесу, көл бассейндеріне өнеркәсіптік және қалалық қалдықтардың тасталуы, гидрографиялық желінің өзгеруі және т.б.) сияқты әсерлі емес [17, 18].

### 1.1.1 Көлдердің қазаншұңқырына, жер бедеріне және геологиялық процестеріне байланысты сипаттамасы

Көлдердің эволюциясын зерттеуде – көл жүйелерінің қазаншұңқырлары, олардың орналасуы, морфологиясы және морфометриясы ерекше рөл атқарады. Көл қазаншұңқырларының сыныптамасының теориялық мәселелерін көптеген авторлар жасаған. Солардың ішінде М.А. Первухиннің сыныптамасы өте үлкен қолданысқа ие [19]. Huttchinson 76 түрі бар 11 топ көл қазаншұңқырларының егжей-тегжейлі генетикалық сыныптамасын ұсынды [20]. Бұл салада М.Е. Городецкаяның [21], И.А. Волковтың [22], В.А.Мартыновтың [23] және В.В. Гоянның [24] еңбектері белгілі.

Кез келген көлдің ең маңызды сыныптамасының бірі болып оның қазаншұңқырының шығу тегіне қарай жіктелуі болып табылады [25]. Көлдерді, көл жүйелерін, олардың негізгі сипаттамаларын, қазіргі динамикалық процестерін және эволюциясын зерттеудегі ең маңызды мәселе – көл қазаншұңқырларының шығу тегін анықтау [26]. Әрбір көл қазаншұңқырының қалыптасуына белгілі бір процестер жиынтықтарының қатысуына байланысты, көпшілік көлдердің пайда болуы аралас болып келеді және бұл жағынан олар біртекті емес. Бұл бөліну қазаншұңқырларды қалыптастырушы эндогендік (ішкі) және экзогендік (сыртқы) рельеф түзуші процестерге негізделген [27].

Қазақстан территориясында шығу тегі бойынша алуан түрлі көлдердің саны көп екені белгілі. Олардың генетикалық жіктелуі Г.Г. Муравлевтің (1966) еңбегінде берілген. Автор көл қазаншұңқырларларының он түрін анықтаған: тектоникалық, гравитациялық, мұздық, карсттық, термокарсттық, суффозиялық, эрозиялық-аккумуляциялық, эолдық-дефляциялық, теңіздік аккумуляциялық және антропогендік. Бұл ретте, автор көл қазаншұңқырларының қалыптасуына қатысатын сипаттамалардың күрделілігін ерекше атап көрсетеді [28].

Н.П. Белецкая және бірлескен авторлар Солтүстік Қазақстандағы көлдердің генезистік ерекшеліктерін ескере отырып олардың сыныптамасын ұсынды. Олар тектоникалық көлдерді төмендегідей бөлді:

1. дамудың неотектоникалық сатысында Батыс Сібір тақтасының қабырға маңындағы құрылымдарында үзіліссіз тектоникалық қозғалыстардың нәтижесінде пайда болған ойпат-грабендер;
2. тау жыныстарының сабақтастығын бұзбай, баяу тербелмелі қозғалыстардың нәтижесінде пайда болған ойпаң-мульдалар.

Авторлар ағынды сулардың әрекеті нәтижесінде пайда болған гидрогендік көлдерді келесіге бөледі:

1. жайылмалық (меандрларлы және ескі арна көлдері, құйма арна көлдері, аралық арна көлдері, екіншілік жайылма көлдері);
2. алқаптың жайылма террассаларының үстіндегі көлдер;
3. жойылып кеткен өзен аңғарларының көлдері;
4. төбе-жоталы рельефті қазаншұңқырлардың қалыптасуы барысында пайда болған үлкен топ [29].

Сондай-ақ авторлар бұрынғы ірі су көздерінен оқшауланып сақталып қалған көлдерді келесіге бөледі:

1. суффузиялық – ең таяз және негізінен жазда құрғап кететін көлдер;
2. эолдық – таяз, құмды және құмды сазды субстраттарда қалыптасқан көлдер [29, с. 149-158].

Бір фактордың әсерінен пайда болған қазаншұңқырлар кейін басқада факторлардың әсерінен түрленуі мүмкін. Көл қазаншұңқырларының пайда болуына елеулі әсер ететін геодинамикалық процестердің ішінде көл жағалауы мен табанының тозуы және шөгінділердің шөгуін (терригендік, органогенді) атап өту керек. Бұл көл акваториясының ұлғаюымен және тереңдігінің азаюына ықпал етуі мүмкін. Дегенмен, келтірілген мысалдардан әртүрлі генетикалық топтарағы көлдердің өлшемдері мен тереңдіктерінде айтарлықтай айырмашылықтар бар [29, с. 149-258].

Бізді ең алдымен Қазақстан аумағында болуы мүмкін қазаншұңқырлардың түрлері қызықтырды. Атап айтқанда, ірі тектоникалық ойпаңдар орындарында, тектоникалық ойпаңдарда, жарылымдар мен ойыстарда қалыптасқан тектоникалық көлдер Қазақстан территориясының барлық аумақтарында кездеседі. Сөнген жанартаулардың кратерлерінде және өзендердің жанартау қалдықтарымен бөгелу нәтижесінде пайда болған жанартаулық көлдер сирек кездеседі. Мұздықтардың аккумуляциялық және деструктивті әрекетінің нәтижесінде пайда болған мұздық көлдер Республиканың таулы аймақтарында кездеседі. Сонымен қатар, жел үрлеу нәтижесінде қалыптасқан эолдық көлдерде бар [30].

Көлемі жағынан шағын, пішіні дөңгелек, таяз (2-5 м) және тұйықтығымен ерекшеленетін көлдер еліміздің солтүстік аудандарындағы орманды дала және далалық зоналар шегіндегі жазық жерлерде орналасқан. Бұл көлдер эрозиялық және суффизиялық қазаншұңқыр типті болып табылады.

Қазақстандағы көптеген ірі және кейбір шағын көлдердің қазаншұңқырларының пайда болуына негізінен тектоникалық процестер әсер етті. Баянауыл және Көкшетау аудандарындағы ұсақ төбелер арасындағы шағын көлдер тектоникалық қозғалыстар нәтижесінде пайда болған. Көбінесе көл қазаншұңқырлары қазіргі кезеңдегі көл су айдыны ауданынан бірнеше есе үлкен болып келеді. Қазаншұңқырлардың беткейлерінде ежелгі террассалардың немесе жағалау қорғандарының іздері байқалады, бұл бұрын көлдің ауданы және су деңгейі бойынша үлкен болғанын көрсетеді [31].

Көкшетау, Қарқаралы және басқа да аласа таулардағы бірнеше қазаншұңқырлардың пайда болуына тектоникалық процестер мен әртүрлі тау жыныстарының біркелкі емес үгілуі үлкен рөл атқарды. Мысалы, Көкшетау қыратының гранитті массивінде орналасқан көл қазаншұңқырларының қалыптасуы құрғақ аймақтардағы граниттердің желінуінің спецификалық ауа райы жағдайын көрсетеді. Бұл көлдердің жағалары гранитті, тасты, көбінесе қарағайлы ағаштар өседі және тік жарлы болып келеді. Бұл аумақтағы кейбір көлдер өте терең: Щучье көлі -31 м., Үлкен шабақты көлі -37 м., Кіші шабақты көлі -15,5 м. Кейбір көлдердің табаны тегіс емес, тасты аралдар кезедеседі [32].

Солтүстік Қазақстан аумағындағы көлдердің көпшілігі ежелгі өзендердің ойпаңдарында пайда болған. Торғай үстіртінде ұсақ қазаншұңқырлар мен далалық табақшалардың пайда болуы суффузиямен және шөгумен, ал кейбір жерлерде қатқан қабаттардың ежелгі термокарстымен байланысты. Мұндай типтегі көлдер қар мен жер асты суларымен қоректенеді. Әдетте бұл көлдер тізбектесіп орналасады және сопақ пішінді болады. Осылай тізбектелген көлдердің бірі ежелгі Торғай өзенінің ойпаңында орналасқан. Ол Құсмұрын көлінен басталып, Сарықопа көлін қамтиды және Торғай өзені тасыған жылдары суға толатын шағын көлдер тобымен аяқталады. Суы тұщы немесе тұзды, жағалары қамысты тоғайлармен көмілген немесе тұзды батпақтармен көмкерілген бұл тізбекті көлдер 500 км-ден астам жерге созылып жатыр. Тағы бір көлдер тізбегі Ертіс өзенінің ежелгі арнасын бойлай, Қазақстанның солтүстік облыстарынан Ресейдің Омбы облысына дейін созылып жатыр. Бұл көлдердің көлемі шағын және суы тұзды, сондықтан олардың бүкіл тізбегі «Горький» сызығы деп аталады [29, с. 149-158].

Қазақстанда атыраулық және жайылымдық көлдер көптеп кездеседі. Олар борпылдақ тау жыныстарының үстінен ағып жатқан өзен арналарының өзгермелілігі және өзен арналарының дамуы нәтижесінде пайда болған. Бір ғана Іле өзенінің атырауында осындай 9513 көл бар. Сондай-ақ, мұндай көлдер Сырдария, Шу, Қаратал және басқа да ірі өзендердің төменгі ағысында көптеп кезедеседі [33].

Негізінен шағын көлемді бірқатар көл қазаншұңқырлары борпылдақ, құмды-қиыршық тасты немесе сазды шөгінділі топырақтың шөгуінің нәтижесінде, салыстырмалы түрде жақын уақытта пайда болған. Олар әдетте далалық және орманды дала зонасының тегіс жазықты өзен аралықтарында орналасқан. Кейбір шағын көлдердің қазаншұңқыры желдің үрлеуі нәтижесінде пайда болады. Мұндай қазаншұңқырдың қалыптасуы шөлді аймақтарға тән. Голоцен заманында топырақ астына көмілген мұздың еруі нәтижесінде пайда болған көл қазаншұңқырларыда кездеседі. Мұндай қазаншұңқырлар елдің солтүстік аудандарында қалыптасқан [34].

Көптеген көлдер жер бетіндегі ұсақ бөлшектердің үрілуінен (эолдық көлдер) немесе топырақ астындағы тау жыныстарының шайылып (суффозиондық көлдер) шөгуі нәтижесінде жазықтар мен аласа таулардағы ойпандарда пайда болған. Мұндай ойпаңдарда көбінесе тасыған өзен суы және еріген қар суы жиналады. Бұл көлдердің көпшілігі тұзды, тіпті тұнба тұзды болып келеді. Әдетте, мұндай көлдер терең емес, сортаңды және жағалауында жусан өседі. Олардың көпшілігі жазда немесе күзде құрғап қалады. Эолдық көлдер Үстірт және Бетпақ-Дала аумағында, ал суффозиондық көлдер Батыс Сібір жазығында кездеседі [35].

Орталық Қазақстандағы көлдер әртүрлі құрылымдық және литологиялық ерекшеліктерімен сипатталады. Далалық және картографиялық материалдарды талдау көрсеткендей, Орталық Қазақстандағы көлдер борпылдақ шөгінді түзілімдерде де, кембрийге дейінгі және палеозой заманындағы магмалық жыныстарда да пайда болған. Бұл Орталық Қазақстандағы көлдердің қазаншұңқырларының қалыптасуы мен дамуына әртүрлі процестердің (эндогендік және экзогендік) қатысқандығын көрсетеді. Көлдердің қандай генетикалық түрге жататындығын олардың орналасқан жері, жағалауларының пішіні мен құрылымы, қазаншұңқырының тереңдігі, жер бедері және тағы басқа осы сияқты белгілермен анықтауға болады. Мысалы, түзілуі негізінен су эрозиясы процестерімен байланысты гидрогендік көлдер аккумулятивті жазықтарда жиі кездеседі. Бұл көлдер терең емес, көлемі кіші және созынқы пішінді болып келеді. Олардың жағалаулары аллювийлі-пролювийлі шөгінділерден құралған. Мұндай көлдер Нұра және Сарысу өзендерінің қазіргі және ежелгі арналарында кездеседі. Еріген заттарды шаймалау және шығару процестеріне байланысты топырақтың шөгуі нәтижесінде суффозиялы- карстық көлдер пайда болады. Бұл көлдер Нұра, Құланөтпес, Соналы және Үлкен-Құндызды өзендерінің сағаларының аккумуляциялық жазықтарындағы лесс тәрізді саздақты жабындарында кең таралған. Аталған көлдердің еңіс қабырғасы жұмсақ, қазаншұңқырының пішіні дөңгелек-сопақ болып келеді [12, с. 3-4; 36].

Орталық Қазақстанның шөлейт және шөлді аймақтарында шығу тегі бойынша дефляциялық көлдер жиі кездеседі. Мұндай көлдердің жағалары жазық, кей жерлерінде тік болып келеді. Бұл көлдердің тереңдіктері 2-3 м-ден аспайды. Сарыарқаның аласа таулы және ұсақ шоқылық жерлерінде тектоникалық текті көлдер көптеп кездеседі. Бұл аумақта орналасқан Үлкен, Пашино, Қойтас, Қарасор, Рудничное, Шыбынды, Балықты және тағы басқада көлдер жағалауларының тік еңістігімен және айтарлықтай тереңдігімен ерекшеленеді. Қазіргі заманғы көлдер жағалауларының қалыптасуына антропогендік әрекеттердің кесірінен Орталық Қазақстан көлдерінің флорасы мен фаунасына, су балансына және су сапасына теріс әсер етуде. Гидрогендік, дефляциялық және суффузиялы-карстық типтегі көлдер қоршаған ортаның қолайсыз жағдаларына жиі ұшырап отырады [37].

### 1.1.2 Орталық Қазақстан көлдерінің су айналым режимі

Көлдегі судың көлемі бір қалыпты болып қалмайды. Кез келген көлдің су балансы белгілі бір уақыт аралығында есепке алынған кіріс және шығыс бөліктерінің қатынасын көрсетеді. Кіріс бөлігіне атмосфералық жауын-шашын, жер үсті суларының ағып түсуі, көл бетіндегі атмосфералық су буының конденсациялануы және жер асты суы жатады. Шығыс бөлігіне көлден ағып шығатын су ағыны, көл бетінен булану және көл суының жер астына сіңуі (сүзілу) жатады. Көлден ағып шығатын су шығынына шаруашылық қажеттіліктерге арналған су алу және көлден өзендерге су құйылу кіреді [38, 39].

Қазақстан аумағындағы су алмасу жағдайлары бойынша көлдер ағынсыз, мезгіл-мезгіл ағып тұратын және ағынды көлдер болып бөлінеді. Қазақстандағы көлдердің көпшілігі тұйық (ағынсыз) болып табалады. Тұйық көлдердің су балансының құрамдас бөліктері (жер үсті ағыны, көл бетіне түсетін жауын-шашын, жер асты сулары, фильтрация және булану) жыл ішіндегі және ұзақ мерзімді үлкен өзгерістерге ұшырап отырады. Бұл көлдердің су деңгейі су аз жылдары тұрақсыз болып келеді. Осы себепті, кейбір су аз жылдары көлдер қыста толығымен қатып қалады, көлдердің көп бөлігі немесе толығымен құрғап кетеді. Көлдердегі су деңгейі циклдік ауытқуларға ұшырап отырады [40].

Жер бедері шағын шоқылық, климаты құрғақ, әлсіз су беті ағыны, сирек және суы аз өзен желілеріне байланысты, біз зерттеп отырған аумақтағы көлдердің көлемі шағын және тұйық болып келеді. Суық маусымда түсетін жауын-шашын, бұл аумақтағы көлдердің негізгі қоректену көзі болып табылады. Наурыздың соңы және сәуір айының басында еріген қар суының көлдерге түсуіне байланысты су деңгейі күрт көтеріледі, бұл шамамен 10-15 күнге созылады. Көктемгі су тасқынынан кейін көлдердегі су деңгейі төмендеп, көптеген көлдер толығымен құрғап кетеді [8, с. 19].

Климаты құрғақ және негізінен еріген қар суымен қоректенетін Орталық Қазақстан өзендері мен көлдерінің су деңгейі көктем айларында ғана көтерілді. Атмосфералық жауын-шашынмен түсетін су көлемі көлдердің су балансының көп бөлігін құрайды. Ал жаз айларында түсетін жауын-шашынның көлдердің су деңгейі үшін маңызы өте аз. Себебі бұл маусымда жауын-шашынмен түсетін су толығымен дерлік жердің қатты кеуіп кеткен беткі көкжиегін ылғалдандыруға және булануға жұмсалады. Тек кейбір жауын-шашын мол түскен жылдары (жазда) топырақты ылғандандырудан артып қалған су көлге түседі [41].

Жылдың жылы кезеңінде (сәуір-қазан) көл бетіне түсетін жауын-шашын баланстың маңызды оң құрамдас бөлігі болып табылады. Ағынмен келіп түсетін су деңгейімен салыстырғанда, жылдан жылға көп мөлшерде өзгермейді. Көлдерге құйылатын судың жалпы ағынында оның үлесі далалық белдеуде 30-35%, ал шөлді аймақтарда небәрі 10-15% құрайды. Көлдерге құйылатын су ағынын тұтыну кезінде жауын-шашынмен келетін судың үлесі азаяды [12, с. 48-49].

Маусымдық ауытқулардан басқа ұзақ мерзімді ауытқулар да байқалады. Көлдерде гидрологиялық станциялардың жоқтығы бұл ауытқуларды байқауға мүмкіндік бермейді. Алайда Орталық Қазақстан аумағында атмосфералық жауын-шашынның, өзен ағынының және ауа температурасының циклдік заңдылығы бар екені анықталған. Көлдердің құрғап кету уақыты жылдың ең аз жауын-шашын түсетін және өзендердегі судың аз кезеңіне сәйкес келеді. Су мол жылдар циклі 2-3 жылға созылса, ал су аз кезеңдер одан ұзағырақ болады. Әдетте, суы аз кезеңнің соңында тіпті үлкен көлдердің өзі толығымен құрғап кетеді [8, с. 29].

Су жинау алабынан келіп түсетін су көлемі, әдетте көлдерге түсетін су көлемінің жартысынан астамын құрайды. Неғұрлым жауын-шашын мол түсетін далалық аудандарда оның үлесі су балансының кіріс бөлігінің 50-60% құраса, ал шөлейт және шөлейт аймақтарда 80-87% дейін жетеді. Бір табиғи зонада орналасқан көлдерде су жинау алабының ауданына қарай олардың мөлшері өсіп отырады [12, с. 47].

Орталық Қазақстандағы көлдердің көпшілігінде (кейбір жайылмалық және аласа таулы жерлерде орналасқан көлдерді қоспағанда) су көп жылдардың өзінде жер беті ағыны болмайды. Олардың жылдық су балансының шығыс бөлігі толығымен булану есебінен болады. Орталық Қазақстанда орналасқан көлдердің басым көпшілігінің су бетінен буланудың жылдық нормасы 750-800 мм-ді құраса, ал оңтүстік пен оңтүстік-батысқа (шөлейт және шөл аймақтарында) қарай 1000-1100 мм және одан да жоғары болады [42].

Орталық Қазақстандағы тұйық көлдердің су балансының шығыс бөлігі толығымен дерлік су бетінен булану арқылы жүреді. Көлдерге жақын орналасқан елді мекендерді сумен қамтамасыз ету үшін алынатын су мөлшері көп жағдайда, булану мөлшерінің бірнеше пайызынан аспайды [37, с. 159].

1.1.3 Климаттың көлдер эволюциясына әсері

Көлдер климаттың өзгеруіне сезімтал маңызды табиғи ресурс болып табылады. Климаттың өзгеруі жаһандық көлдер экожүйелері үшін ең маңызды қауіптердің бірі. Соңғы онжылдықтарда байқалғандай, көл бетінің мұз жамылғысы, су температурасы, булану және су деңгейі сияқты табиғи құбылыстар мұндай қауіптерге бірден жауап береді [43].

Климаттың өзгеруі эвтрофикация, трансшекаралық ластану және инвазиялық түрлердің таралуы сияқты экологиялық стресс факторларын күшейту арқылы көлдерге әсерін тигізеді. Бұл әсіресе маусымдық мұз жамылғысы бар дүние жүзіндегі көлдердің жартысынан көбінде байқалады [44].

Жаһандық зерттеулер атмосфералық жауын-шашын мөлшері мен ауа температурасының өзгеруі көл суының деңгейінің ауытқуының маңызды факторлары болғанын көрсетті [45-47]. Тұйық көлдердегі су деңгейінің қысқа мерзімге өзгеруі жауын-шашын мен булануға байланысты. Ал жер асты сулары көл суы деңгейінің ұзақ мерзімге өзгеруіне және көлдегі су деңгейінің төмендеуіне әкеледі [48]. Көлдер жаһандық климаттың және аймақтық экологиялық жағдайдын өзгерістерін көрсететін бірде бір индикатор болып табылады.

Климаттың өзгеруі көлдерді қоректендіретін өзен ағынына әсер етсе , ал ол өз кезегінде содан кейінгі ұзақ мерзімді көлдердің су балансына теріс әсер етеді. Климаты құрғақ аймақтардағы ішкі көлдердің көпшілігі маусымдық еріген қар суларымен және атмосфералық жауын-шашынмен қоректенеді, сондықтан олардың су деңгейі көлге түсетін су көлеміне және булануға бағынышты [49].

Климаттың өзгеруі бүкіл әлемдегі көл бетінің су температурасын арттырды. Бұл жағдай көлдерде белгілі бір су қабатында, белгілі бір температурада және әр түрлі тереңдікте мекендейтін тірі организмдер үшін өте қауіпті [50].

Соңғы 35 жылда жаһандық жылыну, көлдердегі тірі организмдердің мекендеу ортасының температурасын орта есеппен 6,2 пайызға өзгертті. Бұл өзгерістер ең бірінші Бива, Виктория, Танганика және Байкал сияқты әлемдегі терең көлдерге қауіп төндіруде. Бұл көлдер үшін маусымдық температураның күрт өзгеруі тән емес. Себебі осы көлдердің су түбінде мекендейтін организмер температураның тар диапазонына бейімделген [51].

Ауа температурасының жоғарылауынан қардың ерте еруі, жауын-шашын мөлшерінің артуы, ауа-райының температурасының күрт төмендеуі және су тасқыны сияқты құбылыстар көлде мекендейтін барлық организмдердің көбею қабілетіне әсер етеді. Көлдерге құятын ағындардағы су деңгейінің жоғарға көтерілуі және төменге түсу уақытының өзгеруі су өсімдіктері мен жәндіктеріне қолайсыз жағдай тудырады [52].

Климаттың өзгеруі тұщы көлдердегі балықтардың мекендеу ортасының экожүйесіне әсер етуде. Тұщы су балықтарының көпшілігі судың белгілі бір температуралық диапазонында және ағыс жылдамдығында ғана өмір сүре алады [53]. Судың орташа температурасының жоғарлауы (сәйкесінше судағы еріген оттегі деңгейінің төмендеуі), құрғақшылық пен дауылдың күшеюі салдарынан өзен ағындарының өзгеруі және басқада қолайсыз факторлардың (мысалы, жаңбыр суымен ағып келетін мөлшерден тыс қоректік және ластаушы заттар) салдарынан көл экожүйесі үлкен өзгерістерге ұшырауда [54].

Суық мезгілде көлдердің мұзбен уақытылы немесе мүлдем жамылмауы себепті, су бетінен булану жылдамдығын айтарлықтай арттыруы мүмкін, ал бұл өз кезегінде су көлемі деңгейіне әсер етеді. Wang және басқалары қысқы мұз жамылғысының ұзақтығы жақын болашақта қысқарған сайын және көл беті мен атмосфера арасындағы физикалық кедергі жойылған сайын булану арқылы судың жоғалуы артады деп есептейді. Осы ғасырдың соңына қарай көл бетінен орташа жылдық булану 16%-ға, ал жер бетіндегі ауаның орташа температурасы шамамен 4%-ға артады деп күтілуде [55].

Болашақта құрғақ климатты аймақтарда көл бетінен булану арта түседі деп болжануда. Булану жылдамдығының тұрақты түрде артуы, көлдерге ағып түсетін су мөлшерінің өзгеруі немесе төмендеуі салдарынан көлдердің су көлемі азаяды, сәйкесінше әлемде тұщы су тапшылығы болады [56].

Ауа температурасының көтерілуі, жиі соғатын қатты дауылдар және маусымдық жауын-шашын нормасының өзгеруі сияқты климаттық өзгерістер көлдер мен өзендерге теріс әсер етеді. Ауа температурасы көтерілген сайын көлдердің әр түрлі қабаттарындағы температурада өзгереді. Ауа температурасының қөтерілуі әсіресе таяз көлдердерге өте жағымсыз әсер етеді. Себебі суық суда мекендейтін түрлер мұндай типтегі көлдерде тіршілік ету мүмкіндіктері азаяды [57]. Ал терең көлдерде судың жоғары температурасы суда оттегі түзетін процестерді бәсеңдетеді. Бұл жағдай өз кезегінде су организмдерінің өмір сүруін қамтамасыз ете алмайтын оттегі мөлшері аз немесе өлі су аймақтарының пайда болуына себепші. Бұл өлі аймақтар балықтың жаппай қырылуына және улы балдырлардың гүлденуіне әкеледі [58].

Климаттың өзгеруі метеорологиялық факторлар мен қоректік заттардың қолжетімділігі арасындағы өзара әрекеттесу арқылы эвтрофикацияға тікелей немесе жанама әсер етуі мүмкін. Су объектілерінің трофикалық жағдайы су температурасы, атмосфералық жауын-шашын, жел және күн радиациясы сияқты климаттың өзгеруіне сезімтал факторларға байланысты [59]. Климаттың өзгеруі құбылыстарының бірі жаһандық жылыну шағын көлдердің эвтрофикациясын ынталандырады, себебі жоғары температура балдырлардың өсуіне қолайлы жағдай туғызады [60]. Жылы климат цианобактериялардың көбеюіне ықпал етеді. Сонымен қатар, шөгінділердің қайта суспензиясы қоректік заттарды суға қайтарып, балдырлардың көбеюі нәтижесінде эвтрофикацияны тездетуі мүмкін [61].

### 1.1.4 Көлдердегі химиялық процестер. Қандай химиялық заттар көл өмірінің белгілі бір кезеңінің көрсеткіші болып табылады

Судың химиялық құрамы климаттық, геологиялық және ландшафттық факторлармен анықталатын су жинау алабында және су объектісінің өзінде болатын физикалық, химиялық және биологиялық процестердің жиынтығымен қалыптасады. Су құрамы қасиеттерінің салыстырмалы табиғи тұрақтылығы және нақты су объектісінің маусымдық циклділігі табиғи процестердің динамикалық тепе-теңдігінің арқасында ұзақ жылдар бойы сақталды. Көл суының химиялық құрамының қалыптасуындағы антропогендік фактор, соңғы жылдары табиғи геохимиялық және биологиялық процестермен бір деңгейде маңыздылыққа ие болды [62, 63].

Шетелдік ғылыми басылымдарда көптеген жұмыстар табиғи сулардың химиялық құрамының эволюциясына және олардың геохимиялық ерекшелігін анықтайтын факторларға арналған [64-66]. Осы жұмыстарды талдау нәтижесі көрсеткендей, көптеген зерттеулер негізінен су құрамындағы басты химиялық компоненттерді және басым көпшілігі жер асты суларын зерттеуге бағытталған. Бұл тенденция, әсіресе шағын және орта көлемді көлдердің (үлкен көлдерді қоспағанда – Каспий, Арал, Байкал және тағы басқа) геохимиялық ерекшеліктері мен эволюциясын зерттейтін мақалалардың санының шектеулі екендігін көрсетті. Ұқсас жер бедерінде және ықшам аумақта орналасқан шағын көлдер тізбегінің химилық құрамын зерттеуге немқұрайлы қарау негізсіз болып көрінеді. Себебі бұл көлдер тек минералдануы бойынша ғана емес, сонымен қатар суларының химиялық құрамы бойынша бір бірлерінен айырмашылығы бар.

Тұзды немесе минералды көлдер химиялық құрамы мен судың минералдану дәрежесі бойынша әртүрлі болып табылады. Құрғақ климаттық жағдайда тұздың құрамдас бөліктері булану концентрациясы нәтижесінде суда жинақталатыны белгілі. Тұзды көлдердің тұздылығы су балансының шығыс бөлігіндегі булану үлесінің ұлғаюымен артады. Көлдердің гидрохимиялық режимі маусымдық режимдермен қатар климаттық жағдайлардың циклдік ауытқуларынан туындайтын жыл аралық өзгерістермен анықталып отырады. Ылғалдылық артқан кезде рапа (тұзды ерітінді) сұйық болады, кейін құрғақ фазасына өткен кезде тұздылығы артады. Кейбір кездері құрғақ фазаға өткен кезде тұздылығы орташа көлдер 1 литрге бірнеше жүз грамм тұзы бар өте тұзды көлдерге айналады. Көлдердегі судың концентрациялануы кезінде химилық құрамында да өзгерістер болады. Мысалы корбанатты көл сульфаттыға, одан кейін хлоридті көлге айналады. Осылайша рапаның химиялық құрамының сатылап өзгеруі, тұздың суда тұнып қаныққан кезде алдымен аз еритін кальций мен магний карбонаттарына, содан кейін кальций мен натрий сульфаттарына айналуы [67, 68].

Тұзды көлдердің құрғауы кезінде биоталардың, атап айтқанда микробалдырлардың, микробтық қауымдастықтардың және артемия шаян тәрізділердің жойылуына байланысты судағы азот пен фосфордың табиғи айналым циклі бұзылады. Жауын-шашын аз түскен жылдары жел мен дауыл соққан кезде құрғап кеткен көлдердің түбіне шөккен азот, фосфор және зиянды заттар іргелес аумақтарға тасымалданады, сөйтіп адам денсаулығына қауіп төндіруі мүмкін [69].

Тұщы көлдердің суы негізінен жұмсақ немесе орташа кермектік бейтарап болса, ал тұзды және орташа тұзды көлдердің суы өте кермекті және аздап сілтілі болады [70].

О.А. Алекиннің классификациясы бойынша [71] табиғи сулар рН мәніне қарай жеті топқа бөлінеді: қатты қышқылды сулар (рН<3); қышқыл сулар (рН=3-5); аздап қышқыл сулар (рН=5-6,5); бейтарап сулар (рН=6,5-7,5); аздап сілтілі сулар (рН=7,5-8,5); сілтілі (рН=8,5-9,5); жоғары сілтілі (рН=9,5). pH мәндерінің минерализация және карбонат пен гидрокарбонат иондарының қосындысына тәуелділігі, әдетте, қарама-қарсы сипатқа ие болады. Көл суларының жалпы минералдануының жоғарылауымен рН мәндері төмендейді және керісінше сулардағы карбонатты құрамдас бөлігінің жоғарылауымен сулардың рН мәні жоғарылайды [72].

Судағы еріген оттегі мөлшері бойынша ластанған сулар төрт топқа бөлінеді:

1. стандартты-таза − ≥4,0 мг/дм3;
2. ластанудың орташа деңгейі – 3,1 – 3,9 мг/дм3;
3. ластанудың жоғары деңгейі – 1,1 – 3,0 мг/дм3;
4. ластанудың өте жоғары деңгейі - ≤1,0 мг/дм3.

Тұрмыстық және шаруашылық мақсаттағы судың иондық құрамының сапасы үшін кальций мен магний мөлшері үлкен маңызға ие. Бұл иондардың болуы судың кермектігінің мөлшерін сипаттайды. Судың кермектігі бір литр судағы кальций мен магнийдің эквиваленттік мөлшерімен өлшенеді. Табиғи сулар кермектік мөлшеріне байланысты бес топқа бөлінеді:

1. өте жұмсақ – <1,5 экв /дм3;
2. жұмсақ – 1,5 – 3,0 экв /дм3;
3. орташа кермек – 3,0 – 6,0 мг-экв/дм3;
4. кермек су – 6,0 – 9,0 мг-экв/дм3;
5. өте кермек су – >9,0 мг-экв/дм3 [73].

Хлор көпшілік көлдердің анионы болып саналды. Олардың көл суындағы мөлшері 0,2-ден 190 г/л-ге дейін ауытқиды [72, с. 11-15]. Екінші орында сульфат ионы (0,1-ден 96 г/л дейін). Карбонат иондарының мөлшері 0,05-0,7 г/л, ал бикарбонаттардың мөлшері - 0,1-3,5 г/л. Еріген компоненттерінің қосындысы 40 г/л-ден аспайтын және рН мәні > 9,0 болатын төмен минералданған көл суларында карбонаттар басым болады. Минералданудың жоғарылауымен және рН мәнінің төмендеуімен судың аниондық құрамы хлоридке ауысады. Бұл ретте, хлорид мөлшерінің артуы судағы сульфаттардың көбеюінен айтарлықтай асып түседі. Әртүрлі көлдердегі сульфаттың мөлшері 0,1-ден 65 г/л-ге дейін өзгеріп отырады. Катиондардың құрамында натрий басым, оның орташа судағы концентрациясы 60 г/л. Маңыздылығы бойынша екінші орында (натрийден кейін) 30 мг/л-ден 38,8 г/л-ге дейінгі концентрациясы бар магний. Калий мөлшері 11-ден 700 мг/л-ге дейін ауытқиды. Кальций тек жоғары минералданған көлдерде айтарлықтай үлеске ие. Сулардағы кальций мен карбонаттардың жинақталуының артта қалуы су эволюциясының бастапқы кезеңдерінде кальцит түзілуімен түсіндіріледі [66, с. 262-276]. Сульфаттардың хлоридтерге қарағанда пропорционалды емес өсуі гипстің түзілуімен және микробиологиялық процестермен байланыстырылады [74].

Күкіртсутегі және суларда еріген оттегінің салыстырмалы төмен концентрациясының (Эх<151 мВ) қатысуы жағдайында, күкіртсутектің элементтік күкіртке дейін толық емес тотығуы ықтимал. Күкірт, сульфат сияқты, күкіртті қалпына келтіретін бактериялар арқылы қалпына келтіру процесіне қатысуы мүмкін немесе пириттің (FeS2) құрамындағы ерітіндіден жойылуы мүмкін. Автордың пікірінше [75], пирит түзілу схемасы күрделірек. Себебі пирит түзілместен бұрын аралық қосылыс гидротроилит FeS·2H2O түзілу сатысынан өтеді. Кейбір көлдердің суларында гидротроилиттің түзілу мүмкіндігі термодинамикалық есептеулермен дәлелденген.

Белгілі бір минералды фазалардағы судың қанығуымен байланысты шөгу, көлдердің гидрохимиясын қалыптастырудың маңызды факторы болып табылады. Термодинамикалық есептеулер бойынша көлдердің көпшілігі карбонатты шөгінділермен сипатталады. Минералдың түзілуінің гипстік кезеңі рН 9-дан төмен минералданған көлдерге тән [72, с. 11-15].

### 1.1.5 Көлдердің дамуындағы эвтрофикацияның маңызы

#### 1.1.5.1 Көлдердің табиғи эвтрофикациясы

Су экологиясының заманауи мәселелерінің ішінде эвтрофикация мәселесі басты орын алады [76]. Эвтрофикация қазіргі кезде жер үсті су объектілерінің алдында тұрған ең күрделі экологиялық мәселелерінің бірі болып табылады [77]. Су экожүйелерінің эвтрофикациясы деп оларға су айрығынан нормадан тыс түсетін қоректік заттардың жоғарылауынан бастапқы продуценттердің (фитопланктон, су өсімдіктері, цианобактериялар) көбеюін, су объектісінің гипоксияға немесе тіпті аноксияға ұшырауын және биологиялық әртүрліліктің жоғалуына әкелетін экологиялық жағдайды айтады. Бүкіл әлемде эвтрофикация ішкі және жағалау суларының экологиялық жағдайының нашарлауының негізгі себептерінің бірі болып табылады. Эвтрофикация өнеркәсібі дамыған елдерде ХХ ғасырдың басынан байқала басталды [78].

Табиғи эвтрофикация концепциясы көлдердің эволюциясы кезінде терригендік материалдар мен қоректік заттардың су жинау алабынан көлге түсіп, бірте-бірте жиналуымен түсіндіріледі. Уақыт өте келе көлдің тереңдігі азайып, биологиялық өндірістік белсенділік артады. Кейін көлде өсімдіктер қаптап өсіп батпаққа айналса, ақырында жердегі экожүйеге айналады. Бұл процестің ұзақтығы геологиялық уақытпен есептеледі [79].

Өнімділігіне қарай көлдерді екі негізгі топқа бөлуге болады. Эвтрофты (көп қоректі) – салыстырмалы түрде таяз, қоректік заттарға бай және оттегі мөлшері аз көлдер. Керісінше, олиготрофты (аз қоректі) көлдер әдетте тереңірек, жағалаулары тік және қоректік заттарға бай болып келеді. Әдетте бұл топ көлдердің суы мөлдір және су түбіне дейін көп оттегі болуы мүмкін [80**]**. Қалыпты жағдайда көл баяу шөгіндіге және өлі органикалық заттарға толып, бірте-бірте эвтрофикацияға ұшырайды. Ақырында ол биік немесе ойпатты батпаққа, одан әрі құрғақ жерге айналады. Өте терең олиготрофты көл жағдайында бұл процесс миллиондаған жылдарға созылуы мүмкін [81].

Жалпы көлдің эвтрофикациясы құбылысын табиғи және мәдени деп екіге бөлуге болады. Эвтрофикацияның табиғи процесі геологиялық уақытта өте баяу жүреді, бірақ адамның іс-әрекетімен айтарлықтай жеделдетілуі мүмкін, әдетте оны антропогендік немесе мәдени эвтрофикация деп атайды [77, р. 155-165].

Көлдердің деградациясына олардың оқшаулануы ықпал етеді. Жинақтаушы жүйе болып табылатын тұйық көлдер тек қана су жинап қоймай, сонымен қатар атмосфера арқылы тасымалданатын қатты және еріген заттардыңда соңғы қабылдаушысы болып табылады. Су объектілерінің өмірі гидробионттардың (моллюскалар, қамыстар және т.б.) өмірлік процестеріне байланысты ластаушы заттардың тотығуы нәтижесінде пайда болатын өзін-өзі тазарту қабілетімен ұзартылады. Су объектілерінің өзін-өзі тазалау қабілеті олардың эвтрофикацияға ұшырау дәрежесіне қарай азая түседі. Эвтрофикацияның белгілі бір кезеңдерінде су объектісінің өзін-өзі тазарту қабілеті физикалық, химиялық және биологиялық ластануға төтеп бере алмай қалады [82].

Эвтрофикация су объектісі эволюциясының табиғи процессінің бір кезеңі болып табылады. Табиғи жағдайда су объектісі пайда болған сәттен бастап өзінің дамуында бірнеше кезеңдерден өтеді. Ерте кезеңдерінде ультраолиготрофтыдан олиготрофтыға дейін, кейін мезотрофты болып, ең соңында эвтрофты және гиперэвтрофтыға айналады [83]. Алайда шаруашылық әрекеттердің әсерінен бұл табиғи процесс өзіне тән белгілерге ие болып, антропогендік сипатқа ие болады. Экожүйе өнімділігінің көбею жылдамдығы мен қарқындылығы күрт артып келеді. Сонымен, егер табиғи жағдайларда көлдің эвтрофикациясы 1000 жыл немесе одан да көп уақыт аралығында болса, антропогендік әсердің нәтижесінде бұл жүз, тіпті мың есе жылдам болуы мүмкін [84].

Іргесінде халқы тығыз орналасқан ішкі сулар мен теңіз жағалауларының мәдени эвтрофикацияға ұшырауына зиянды балдырлардың гүлденуі, жаппай балықтардың қырылуы және осыған ұқсас мәселелер себепші. Ғалымдардың көпшілігі мұны негізінен қалдық ағынды суларда, мал нәжістері мен ауыл шаруашылығы алқаптарында қолданылатын синтетикалық тыңайтқыштар құрамында көп кездесетін фосфор мен азоттың көлдерге түсуімен түсіндіреді [85].

Судың эвтрофикациясын бағалау көрсеткіштері әдетте келесілерді қамтиды: N мөлшері 0,2–0,3 мг/л-ден астам, P мөлшері 0,01–0,02 мг/л-ден жоғары, оттегінің биохимиялық қажеттілігі (БОҚ) 10 мг/л жоғары, рН мәні 7–9 болатын тұщы суда бактериялардың жалпы саны 104 бірлік/мл-ден астам және хлорофилл 10 мкг/л-ден көп [86].

Азот, фосфор және басқа да бірнеше элементтер өсімдіктердің өсуі үшін өте маңызды, бірақ егер су қоймасы қажеттен көп мөлшерде азот пен фосфор алса, су экожүйесінде балдырлардың гүлденуі сияқты өзгерістер болуы мүмкін. Сондықтан эвтрофикацияны биологиялық немесе экологиялық ұғым ретінде қарастыруға болады [87]. Осыған орай көлдердің трофикалық статусын бағалау үшін фосфор, азот немесе басқа да экологиялық факторларды пайдалану тиімді емес. Сондықтан бағалау макрофиттер мен фитопланктонның бастапқы өнімділігіне негізделуі керек, бірақ оларды бағалау өте қиын. Әдетте азот пен фосфор мөлшері, судың мөлдірлілігі және хлорофилл эвтрофикацияны бағалау үшін индикатор ретінде қолданылады [88].

#### 1.1.5.2 Антропогендік әсерлер, көлдердің эволюциясы мен тозуына әсер ететін факторлардың бірі

Бүкіл әлемде ішкі көлдер климаттық және антропогендік теріс әсерлерден бұрын-соңды болмаған қысымға ұшырап, тозу мен құрғау процестерін бастан кешіруде. Бұл сияқты қоршаған ортаның нашарлауына климаттың өзгеруін жиірек айыптауда, бірақ көптеген аймақтарда адамның тікелей теріс әсерлері климаттық факторларданда асып түсуде [89-91].

Қазіргі таңда антропогендік әрекеттердің дүние жүзіндегі көлдердің экожүйесіне теріс әсер ететіні туралы бұлтартпас дәлелдер бар. Көлдерге қауіп төндіретін негізгі қауіп-қатерлерге ауыл шаруашылығының қарқынды дамуы және тыңайтқыштардың көп пайдаланылуы, елді мекендердің кеңістіктігінің кеңеюі және халық санының өсуіне байланысты көлдерді шамадан тыс пайдалану жатады. Бұл факторлар су сапасының төмендеуіне және көлдердің биологиялық әртүрлілігінің азаюына әкеледі [92, 93]. Елді мекендер мен ауылшаруашылығы үшін көптеген көлдер құрғатылып немесе олардың жағалауларының өзгертілуіне байланысты көл жағалауы биоәртүрлілігіне әсер етуде [94].

Қарқынды ауылшаруашылығының дамуы, әсіресе шектен тыс тыңайтқыштар мен пестицидтерді қолдану дүние жүзіндегі бірқатар көлдердің эвтрофикациясына және микроорганизмдердің тұрақты санының артуына әкелді [95]. Суармалы егіншілік көлдерді қоректендіретін ағындардан түсетін су көлемін азайтуда. Осылайша, көлдер оқшауланып, көлге келіп түсетін органикалық заттардың мөлшері азаюда [96, 97].

Антропогендік әсерлерге байланысты климаттың өзгеруінен әлемнің көптеген аймақтарында төтенше жағдайда жауатын жауын-шашын жиілігі артып келеді [98]. Шамадан тыс түсетін жауын-шашын көл экожүйесінің бұзылуына айтарлықтай әсер етуі мүмкін. Мысалы органикалық заттардың шамадан тыс жүктелуі, планктондық организмдердің шайылуы және гетерологиялық микробтардың тасымалдануы. Бұл көл экожүйесінің бұзылуынан микроорганизмдердің дамуын тежейді және сандық балансы өзгереді [99].

Бөгеттер арқылы ағынды бақылау және суару үшін суды пайдалану ағынның көлемін, ұзақтығын, уақытын және жылдамдығын өзгерту арқылы табиғи ағын режимдерінде елеулі өзгерістерді тудыратын көптеген су шаруашылығы қызметінің қатарына жатады. Соңғы ішкі су айдынына (көл немесе теңіз) құйылатын өзен алаптарында ағыс режимінің мұндай өзгерістері тек төменгі ағынның гидрологиялық және экологиялық жүйелеріне әсер етіп қана қоймай, соңғы су объектісінің ұзақ мерзімді су балансына да әсер етеді [100]. Ішкі теңіздің су балансындағы осындай антропогендік өзгерістердің бір жарқын мысалы Еуразиядағы Арал теңізі (көл) болып табылады. Мұнда қырық жыл бойы ~1000 км3 (теңіз көлемінің ~92%) көлеміндегі су теңізге жетпей қалған. Бұл апат теңізге құятын өзендерде бөгеттердің салынуы және өзен суының ауылшаруашылығы мақсатында шектен тыс пайдалануынан туындаған [101, 102].

Су жинау алабынан түсетін әртүрлі заттардың өзі көл экожүйесін бұзуы мүмкін. Қазіргі таңда тіпті биік таулар немесе шалғай арктикалық аймақтарда орналасқан таза көлдердің өзі әр түрлі бейорганикалық және органикалық ластаушы заттардың пассивті немесе белсенді ұзақ қашықтыққа тасымалдануымен ластануда [103]. Табиғи эвтрофикациядан басқа, антропогендік жағдайда қоректік және улы ластаушы заттардың көлдерге ағызылуы, олардың экологиялық тұрақтылығы мен басқаруына үлкен қиындық тудыруда [104].

Эвтрофикация көлдерге теріс әсер ететін антропогендік факторлардың ішінде ең әсерлісі. Мысалы, көл эвтрофикациясын жеделдететін қоректік заттардың шамадан тыс түсуі, улы заттармен ластанудан кем емес қауіпті. Эвтрофикация процесі кезінде су объектілерінің биологиялық қауымдастықтарының құрылымдық және функционалдық сипаттамалары өзгереді, планктоннан бастап балықтармен аяқталатын көл экожүйесінің трофикалық құрылымында түбегейлі өзгерістер орын алады, ірі және ұзақ өмір сүретін формалар, ұсақ және ерте жетілетін түрлемен ауысады және биологиялық әртүрлілік азаяды. Су экожүйелері қоректік және органикалық заттармен шектен тыс толыққан кезде, ең алдымен судың гүлденуін тудыратын артық қоректік заттарды биомассаға айналдыратын процестін жылдамдығын арттырады. Эвтрофикация барысында өсімдіктер мен микроорганизмдердің дамуының күшеюі, кейін олардың өлуі нәтижесінде судың сапасы нашарлайды, оның мөлдірлігі төмендейді, оттегінің жетіспеушілігі пайда болады, су табаны топырағы лайланады және улы органикалық қосылыстар жиналады [105].

Тығыз елді мекендерде орналасқан көлдер тұрмыстық және өндірістік қалдық сулармен ағызылып әкелінген түрлі ластаушы заттармен үнемі қанығып отырады. Бұл улы заттар көл табанында шөгіп жиналады [106]. Пестицидтер, нитраттар мен аммоний азоттары, калий, фосфор және тағыда басқа осы сияқты ластаушы заттардың үлкен мөлшері ауылшаруашылығымен айналысатын аудандардан, оның ішінде мал шаруашылығы кешендері орналасқан аумақтардан жаңбыр суымен үнемі шайылып отырады. Содан кейін олар тазартусыз көлдерге түседі. Сондықтан, бұл аудандарда орналасқан көл суларының қоректік, органикалық және басқа да ластаушы заттардың концентрациясы жоғары болады [107].

Өндірістік қалдықтар мен тұрмыстық ағынды сулар, көлдерге қоректік заттардың шамадан тыс жүктелуінің негізгі қалалық көздері болып табылады және елді мекендерден көлдерге ағызылатын фосфордың жалпы көлемінің 50% құрайды. Көлдердің эвтрофикацияға ұшырауына себепші заттардың бірі фосфор негізінен фосфатқа бай тыңайтқыштарға негізделген ауыл шаруашылығы өндірістерінен түседі [108]. Химиялық тыңайтқыштарды және құрамында фосфоры бар көңді ұдайы пайдалану топырақта фосфордың біртіндеп жиналуына және кейін шайылып көлдерге құйылуына себепші болады. Көптеген зерттеулер халық саны ұдайы өсіп жатырған дамушы елдерде тыңайтқыштарға деген сұраныс пен пайдаланудың одан әрі арта түсетінін болжайды. Бұл дүние жүзінде тұщы судың негізгі көздерінің болып табылатын көлдердің эвтрофикацияға ұшырау тенденциясын одан әрі күшейе түсетінін көрсетеді [109].

Балдырлардың гүлденуі көл экожүйесіндегі оттегіні азайтады және осылайша осы экожүйедегі өсімдіктер мен жануарлардың өліміне әкеледі. Балдырлардың гүлденуі – су экожүйесінде балдырлар популяциясының тез өсуі және көбеюі. Тұщы су балдырлары қоректік заттардың, әсіресе фосфордың артық болуының нәтижесінен гүлденеді. Артық қоректік заттар ауылшаруашылық немесе рекреациялық жерлерге қолданылатын тыңайтқыштардан келуі мүмкін. Кейін бұл қоректік заттар көлдердің су жинау алаптарына түсуі ықтимал [110].

Фосфордың су жүйесіне түскен жоғары концентрация балдырлар мен су өсімдіктерінің қарқынды өсуіне әкеледі. Қоректік заттардың үздіксіз түсіп балдырлардың гүлденуіне қолайлы жағдай жасау арқылы көл экожүйесіне ұзақ мерзімді теріс әсер етуі мүмкін. Балдырлар қоректік заттардың көп мөлшерде болған кезде өте тез өседі, бірақ балдырлар қысқа өмір сүреді және нәтижесінде өлі балдырлардың концентрациясы көбейіп шіри бастайды. Шіру процесі суда еріген оттегін тұтынады, нәтижесінде гипоксия (оттегінің төмен мөлшері) пайда болады. Көлде мекендейтін жануарлар мен өсімдіктер суда жеткілікті мөлшерде еріген оттегі мөлшерінің болмауына байланысты жаппай өле бастайды. Сонымен қатар, балдырлардың ұзақ мерзімді гүлденуі суға күн сәулесінің түсуіне тосқауыл қойып су өсімдіктерін өсуіне теріс әсер етеді [110, р. 155-163].

Көлдің эвтрофикациясының негізгі себепшісі азот фосфорға қарағанда әлемде көбірек пайдаланылады [111]. Азот су ортасын сақтау және өсімдіктердің өсуі үшін өте маңызды. Сонымен қатар, көптеген су және жер экожүйесіндегі негізгі шектеуші қоректік зат болып табылады [112].

Су экожүйесіне азоттың шектен тыс түсуі өсімдіктердің шамадан тыс өсуіне ықпал етіп, эвтрофикацияға әкелуі мүмкін. Яғни бұл су қоректік заттармен байығанының көрсеткіші. Су жүйелеріндегі қоректік заттардың қанығуының ең көп тараған әсері балдырлар мен су өсімдіктерінің сананың артуы болып табылады [113]. Көптеген зерттеулер эвтрофикацияның кейбір зиянды балдырлардың, әсіресе цианобактериялардың гүлденуінің таралуына ықпал ететін маңызды факторлардың бірі болғанын көрсетті. Кейбір цианобактериялар су бетінде токсиндер бөлетін массивті өсінділер түзеді. Бұл токсиндер оттегінің азаюына, қоректік байланыстың өзгеруіне және су сапасының нашарлауына әкеледі. Цианобактериялардың гүлденуінің салдары ауыз су мен суармалы су көздеріне үлкен қауіп төндіруі мүмкін [114, 115].

### 1.1.6 Көлдердегі әртүрлі тірі организмдердің биоәртүрлілігі және көлдің эволюциясы

Көлдердің эволюциясы су экожүйесіндегі биоәртүрліліктің дамуы мен динамикасымен тығыз байланысты. Түрлердің көптігі мен құрамын абиотикалық факторлар анықтайды. Сонымен бірге тірі организмдердің әрекеті гидрохимиялық режимді өзгертіп, табан шөгінділерін түзеді, бұл өз кезегінде сукцессиялық өзгерістерді тудырады. В. Вернадский тірі ағзалардың рөлі туралы «тірі организмдер жер қыртысының геологиялық, минералогиялық және геохимиялық процестерін тікелей және жанама түрде анықтайды» деп жазды [116].

Көлдерде микроорганизмдер, басқа экожүйелердегі сияқты, көптеген биогеохимиялық процестердің негізі болып табылады. Олар өздерінің метаболикалық белсенділігі арқылы экожүйенің жұмысын бақылап отырады [117]. Микроорганизмдер, соның ішінде бактериялар, вирустар, балдырлар, қарапайымдар және ұсақ көп жасушалы организмдер көл экожүйесінде кең таралған және биогеохимиялық процестерде маңызды рөл атқарады, себебі олар қоректік байланыстың негізін құрайды [118].

Планктондардың қауымдастығы көптеген көзқарастар бойынша ең көне және ең маңызды болып табылады. Планктондық тіршілік формаларының жасы шамамен 2-3 млрд. Планктондық организмдер планетамызды бірінші болып оттегімен қамтамасыз ете бастады. Ал қазір оттегінің 40%-ға жуығын су өсімдіктері, ең алдымен планктондар өндіреді [119].

Планктондардың құрамына фитопланктон, бактериопланктон және зоопланктон кіреді. Бұлар негізінен кішкентай организмдер, олардың өлшемдері көбінесе балдырлар үшін он микрометрден және зоопланктондар үшін бірнеше сантиметрден аспайды. Дегенмен, планктонды организмдердің көпшілігінің өлшемдері шағын. Мысалы, ең ірі тұщы су дафниясының өлшемі 5 мм-ден аспайды [120].

Планктондар балық шаруашылығы мен судағы қоректік байланыстың негізін құрағандықтан олардың экологиялық және экономикалық маңызы зор. Планктон балықтар, теңіз құстары, пингвиндер, итбалықтар және акулалар сияқты жоғары трофикалық деңгейлерді қорекпен қамтамасыз етіп қана қоймайды, сонымен қатар оттегі өндіреді, қоректік заттар айналымына қатысады, суға түскен көптеген ластаушы заттарды қайта өңдейді және көмірқышқыл газын атмосферамыздан жоюға көмектеседі [121].

Көлдегі фитопланктонның мөлшері мен түріне қарап судың жалпы жағдайын және қандай басқару шаралары қажет екендігі туралы ақпарат алуға болады. Фитопланктонның жоғары биомассасы көбінесе қоректік заттардың шамадан тыс түсуінің көрсеткіші (эвтрофикация) болып табылады. Суда кездесетін планктон түрлері де маңызды, өйткені фитопланктонның кейбір түрлері улы және адам үшін зиянды болуы мүмкін [120, p. 10-12].

Тұщы су объектілерінде көк-жасыл (цианобактериялар), жасыл, диатомды және динофитті балдырлар басым кездеседі. Фитопланктонның мол дамуы (судың «гүлденуі» деп аталатын) судың түсі мен мөлдірлігін өзгертеді. Тұщы су объектілерінде көк-жасыл балдырлардың гүлденуі жиі байқалады. Олар бөлетін улы заттар судың сапасын төмендетеді, бұл кейде жануарлар мен адамдардың улануына әкеледі [122].

Тұщы көлдерде балдырлардың дамуына байланысты судың боялуы жиі және қарқынды түрде жүреді. Балдырлардың жаппай дамуы су объектілерінің «гүлдену» құбылысын тудырады. Фитопланктонның түріне байланысты су әртүрлі түстерге боялады: *Eudorina, Pandorina*, *Volvox* жасыл балдырларынан – жасыл түске; *Asterionella, Tabellaria*, *Fragilaria* диатомдылардан – сарғыш-қоңыр түске; *Dinobryon* талшықтылардан – жасылдау түске, *Euglena* – жасыл түске, *Synura* – қоңыр түске, *Trachelomonas* – в сарғыш қоңыр түске; *Ceratium* динофиттілерден – сары-қоңыр түске.

Фитопланктонның, бактериопланктонның және зоопланктонның дамуы бір-біріне байланысты көптеген шарттарға тәуелді. Олардың негізгілеріне (әртүрлі топтар үшін әртүрлі дәрежеде) қоректік субстраттың болуы, сонымен қатар өсу және көбею жағдайларының болуы жатады. Бұл шарттар әртүрлі су объектісінде олардың типіне, сондай-ақ климаттық және ауа райы жағдайларына байланысты өзгеріп отырады. Планктондық қауымдастықтардағы әртүрлі организмдердің популяциясының дамуын анықтайтын негізгі факторлар әртүрлі болып табылады. Мысалы, фитопланктондар үшін бұл жарық, қоректік заттар және температура; бактериялар үшін – органикалық субстрат және температура; зоопланктондар үшін – температура, тағамдық субстрат, фито және бактериопланктон; жыртқыш формалар үшін – жыртқыштарға жем болатын организмдердің жеткілікті санының болуы саналады. Оттегі режимі кейбір көлдерде зоопланктонның белгілі бір даму кезеңдерінде негізгі шектеуші фактор болып табылады. Сонымен қатар, олардың өмірлік белсенділігін анықтайтын қоршаған орта факторлары бір қауымдастықтың ішіндегі түрлерге (тіпті туыс түрлер арасында) әр түрлі әсер етуі мүмкін. Мысалы, негізінен жылуды жақсы көретін көк-жасыл (цианобактериялар) балдырларының арасында төмен температура жағдайында дами алатын осцилляториялардың (*р.Oscillаtoria*)көптеген түрлері бар. Зымырықтар, аша мұрт және ескекаяқты шаян тәрізділер сияқты қарапайымдылардың арасында да қоршаған орта жағдайына әртүрлі әсер ететін түрлер кездеседі. Су объектісінде тірі ағзалардың өмір сүру шарттары неғұрлым алуан түрлі болған сайын, оның планктондық қауымдастығы солғұрлым түрлі болады [123, 124].

Планктондардың алуан түрлілігі көлдердің трофикалық жағдайымен тығыз байланысты. Оттегіге бай, су алмасуының төмендігімен және қоректік заттартармен нашар қамтамасыз етілуімен сипатталатын олиготрофты көлдерде диатомды балдырлардың *Fragilana Lyngb* тұқымдасы түрлері басым кездеседі. Мезотрофты көлдерде, әсіресе диатомды балдырлардың көп түрлері тіршілік етеді. Табиғи ылғалдылық жағдайында 1 см3 шөгіндіде 1 ден 4 миллионға дейін балдыр қалдықтары үлгілері кездеседі. Қалдық үлгілердің арасында балдырлардың басым топтарының жиі өзгеруімен байқалады. Солардың ішінде *Cyclotella Kutz. Breb., Aulacosira Thw.* және көл табанында тіршілік ететін *Navicula Bory, Pinnulana Ehr., Fragilaria Lyngb, Amphora Ehr., Girosigma Hass.* диатомды балдырлар тұқымдастары, алтын балдырлардың кремнийлі цисталары және суға батып өсетін өсімдіктердің ұлпалары ең жиі кездеседі [125].

Планктонның ең көп түрлері эвтрофиялық көлдерде кездеседі. Бұл көл түрлерінде қоректік заттардың, соның ішінде фосфор мен азоттың көп болуына байланысты. Планктодардың негізгі тобын диатомдылар, оның ішінде планктонды балдырлар құрайды. Оларға *Aulacosira Thw., Cyclostephanos Round., Astenonella Hassal., Synedra Ehr.* және жабысып өсетіндер – *Fragilana Lyngb., Cymbella Ag., Nitzschia Hass., Gomphonema Ehr*. планктонды балдырлары жатады. Диатомдылармен қатар *Pediastrum duplex, Tetraedron minimum*. Сияқты басқада балдырлар тобы түрлері (көк-жасыл, протококк, жіп тәрізді) кездеседі. Жазғы судың гүлденуінде *Aphanizomenon sp., Microcystis sp*. түрлері ең көп кездеседі. Дистрофтық көлдерде бентосты және планктонды организмдер аз тіршілік етеді. Бұл тип көлдерде басқа типтерге қарағанда ең аз саны кездеседі. 1 см3 шөгіндіде олардың саны 1 миллион данадан сирек асады. Дистрофтық көлдерде көбінесе Lyngbia sp. тұқымдасының протокок және бентикалық көк-жасыл балдырлары басым кездеседі [125, с. 78-83].

Перифитондар – шығу тегіне қарамастан су табанынан жоғары көтеріліп тұратын әртүрлі су асты субстраттарына (тау жыныстары, макрофиттер) жабысып тіршілік ететін организмдер қауымы. Оларға үш негізгі функционалды топтың өкілдері кіреді: автотрофты организмдер – продуценттер (балдырлар), гетеротрофты организмдер – консументтер (қарапайымдар, зымырықтар, құрттар және тағы басқалары) және ыдыратушылар организмдер (зооглиандер, жіп тәрізді, таяқша тәрізді, кокоидты және бактериялар мен саңырауқұлақтардың басқа да түрлері). Перифитон су экожүйесінің құрамдас бөлігі ретінде олармен бірге әртүрлі табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен әртүрлі өзгерістерге ұшырап отырады [126, 127].

Перифитонға әртүрлі систематикалық топтардағы балдырлар кіреді. Бастапқы қабықшаны құрайтын микрожабысқақ түрлердің арасында диатомды және цианобактериялардың кейбір түрлері кең таралған [128].

Жасанды және табиғи әртүрлі қатты субстраттарда қаумалап өсетін перифитонды микрофиттерге балдырлар мен цианобактериялар жатады. Бұл организмдер су табанында тіршілік етпейді, сондықтан бентикалық формалармен салыстырғанда олар әртүрлі жарық, температура және трофикалық режимде өмір сүреді. Олар арнайы органдардың көмегімен (аяқ табанымен, шырышты терімен) немесе талломның шырышты беті арқылы субстратқа бекіп тұрады. Перифиттік қауымдастықтардың биоәртүрлілігін зерттеу қазіргі уақытта биология, биотехнология мен биогеография ғылымдарының негізгі зерттеу басымдықтарының бірі болып табылады. Олардың биоәртүрлілігін талдау қоршаған ортаның сапасын бақылаудың тиімді әдісі бола алады [129].

Перифитон балдырлар басқа жағалау қауымдастықтарымен бірге қоректік және ластаушы заттарды жинақтауға қабілетті. Сонымен қатар, перифитонды балдырлар мен цианобактериялар басқа су ағзалары үшін органикалық заттардың продуценттері және олардың қорегі қызметін атқарады. Бұдан басқа перифитондар су объектілерінің табиғи биосүзгісі болып табылады [129, с. 102-106]. Әдетте, перифитондардың әртүрлілігі, олардың мекендейтін экожүйесінің қолайлы жағдайына сәйкес келеді. Сондықтан жер беті су объектілерінің су сапасының биологиялық көрсеткіштерін анықтау кезінде перифитті организмдерді зерттеуге басымдық беріледі [130].

Жағалау су өсімдіктері макрофиттер – көлдердің тіршілігі үшін үлкен маңызға ие. Макрофиттер – бұл көзбен көруге болатындай ірі өлшемді өсімдіктер мен суда өмір сүретін фотосинтездеуші организмдердің алуан түрлі тобы. Оларға жоғары сатыдағы өсімдіктер де, көп жасушалы ірі балдырлар да жатады. Құрамына *Chlorophyta* (жасыл балдырлар), *Xanthophyta* (сары-жасыл балдырлар) және *Rhodophyta* (қызыл балдырлар) макробалдырлары, сондай-ақ «көк-жасыл балдырлар» (цианобактериялар), *Bryophyta* (мүктер мен бауы мүктер), *Pterido* (папоротниктер) және вегетативті бөліктері белсенді түрде үнемі немесе мезгіл-мезгіл (жылына кемінде бірнеше апта) өсетін, судың астындада, су бетінде қалқып өсетін сперматофиттер (тұқымды өсімдіктер) кіреді [131].

Мезотрофты көлдер, олиготрофты көлдерге қарағанда жағалауларында алуан түрлі макрофит өсімдіктері қаптап өседі. Кейбір мезотрофты көлдердің акваториясының 10% дейінгі жағалау аймағын алып жатады. Әдетте, су бетінде қалқып және суға батып өсетін макрофиттер эвтрофты көлдерің табанын түгелдей дерлік алып жатады. Бірақ бұған қарамастан бұл көлдердің суы мөлдір және жасыл-сары түсті болады. Бұл макрофиттердің судағы барлық қоректік заттарды сіңіруімен байланысты. Олиготрофты және дистрофты көлдерде макрофиттер аз кездеседі [132].

Макрофиттер су объектісінің бастапқы өнімдерін қалыптастыруға үлкен үлес қосатын экожүйенің құрамдас бөлігі болып табылады. Энергия ағынының едәуір бөлігін су макрофиттері құрайды. Сонымен қатар, олар фитофагты гидробионттардың трофикалық негізі болып табылады. Макрофиттердің беті перифитондардың бекініп тіршілік ететін субстраты болып табылады. «Макрофит-перифитон» биокешені су объектілеріндегі энергия мен қоректік заттар ағынына үлкен үлес қосады [133].

Макрофит өсімдіктерден құралған белдеулер су объектісіне ластаушы заттардың түсуіне кедергі жасайды және көптеген омыртқасыздар мен балықтардың тіршілік ету ортасы болып табылады. Су астында өсетін макрофиттер су асты кеңістігін әртүрлі құрамы мен экологиялық ерекшеліктері бар аймақтарға бөлуді қамтамасыз етеді. Бұл макрофиттердің барлық функцияларды су экожүйесінің тұрақтылығы мен биоәртүрлілігін арттыруға көмектеседі. Олар тіршілік ету ортасын қалыптастыратын күшті фактор болып табылады [134].

Макрофиттер химиялық элементтердің құрамын өзгерту және гидрохимиялық тепе-теңдікті сақтау процестерінде маңызды рөл атқарады. Көптеген су өсімдіктері азот пен фосфор аккумуляторы қызметін атқарады. Макрофиттер су табанындағы шөгінділердегі қоректік заттардың судың беткі қабаттарына көтерілуіне үлкен үлес қосады. Макрофиттердің су объектісіндегі оттегі айналымынада қатысады. Оттегіні қоршаған ортаға белсенді түрде шығара алатын өсімдіктерді оттегі генераторлары деп атайды. Оларға мүйізжапырақ пен элодея су өсімдіктері жатады. Сонымен қатар, суға әртүрлі фитонцидтер мен биологиялық белсенді заттарды бөлетін макрофиттердің көптеген түрлері бар, олар судың сапасына және жалпы өсімдік қауымының өсуіне әсер етеді [135, 136].

Нектондар – балықтар, қосмекенділер, ірі жүзетін жәндіктер және тағы басқада суда еркін қозғалып жүзе алатын организмдер тобы. Әдетте, нектондардың көп түрі жағалау аймағында мекендейді. Нектондық организмдер арасында әсіресе, сүңгуір қоңыздардың дернәсілдері мен ересек формалары және әртүрлі ересек жартылай қатты қанаттылар жағалау аймағында жиі мекендейді. Көлдерде нектонды организмдердің ішінде балықтар көп кездеседі. Олар су экожүйесінде ұсақ планктондардан бастап үлкен балықтармен қоректенетін жыртқыштардың рөлін атқарады [137].

Олигатрофты көлдердің ихтиофаунасына палия, көл албырты, форель, кейбір ақ сақа және т.б. судағы оттегінің жоғары болуын қажет ететін балықтар кіреді. Мезотрофты көлдердің балық популяциясының құрамы бай және 50-ден астам түр мекендеуі мүмкін. Олардың ішіне көкшұбар балық, ақжелкен, ақ қайран, алабұға, шортан, нәлім, таутан, мөңке және тағы басқада әлемде жиі тараған балық түрлері жатады. Эвтрофты көлдерде оттегі жетіспеушілігіне байланысты балық популяциясының құрамы 2-ден 20 түрге дейін болуы мүмкін. Оттегінің тапшылығына байланысты дистрофты көлдерде осындай жағдайларға бейімделген оңғақ, ротан, шырмабалық және мөңке балықтары мекендейді [138].

Бентостар В.И. Жадинның (1950) пікірінше су объектісінің табынындағы шөгіндінің бетінде (эпибентос) немесе арасында (эндобентос) тіршілік ететін ағзалар тобын атайды. Бентостардың құрамы мен көптігі судың тереңдігі мен қозғалғыштығы, су деңгейінің ауытқуы, топырақтың құрамы және су өсімдіктерінің жамылғысы сияқты факторларға байланысты [139].

Көл табанын мекендейтін бентосты микроорганизмдерге өсімдіктер (фитобентос) мен жануарлар (зообентос) жатады. Өлшемдері бойынша микро-, мезо- және макробентостарға бөлінеді. Мезотрофты көлдердің бентосты фаунасы әртүрлі. Көлдердің қалың өскен өсімдік жамылғысы арасында, құмды жағалауларда және көлдердің терең аймағының балшықтарында омыртқасыздардың 300-ден астам түрі мекендейді. Эвтрофты көлдерде бентосты организмдердің популяциясы зоопланктодармен салыстырғанда аз кездеседі. Бірақ кейбір кездері олардың биомассасы 50-ден 100 г/м2 немесе одан да көп болуы мүмкін. Дистрофты көлдерде бентостардың биомассасы 0,5 г/м2 аспайды [138, с. 109-122; 140].

Бентос су және жағалау аймақтарының экожүйесінде маңызды рөл атқарады. Ол экожүйенің тепе-теңдігі мен тұрақтылығына ықпал ететін бірнеше негізгі функцияларды атқарады. Бентос көптеген басқа организмдер, соның ішінде балықтар, моллюскілер, шаян тәрізділер мен құстар үшін негізгі қорек көзі болып табылады. Ол қоректік тізбекте жүретін энергия мен қоректік заттарды қамтамасыз етеді. Осының арқасында бентос, экожүйедегі басқа организмдердің өмірі мен әртүрлілігін қамтамасыз етеді [141].

Кейбір бентосты организмдер мидиялар мен теңіз жұлдыздары суды тазартуда маңызды рөл атқарады. Олар суды сүзу арқылы, одан органикалық және бейорганикалық ластаушы заттарды жояды. Бұл судың сапасын сақтауға және су экожүйесінің ластануына жол бермейді [142].

Бентосты организмдер су объектісінің түбіне шөгетін органикалық заттарды ыдырату қызметін де атқарады. Детритофагтар мен детритивтер сияқты бентосты организмдер өсімдіктер мен жануарлардың қалдықтарымен қоректену арқылы оларды ыдыратып, қоректік заттарды экожүйеге қайтарады. Бұл экожүйедегі қоректену циклдері мен биологиялық әртүрлілікті сақтауға көмектеседі. Жалпы, бентос экожүйенің тепе-теңдігі мен тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады. Олар басқа су организмдерін қорекпен қамтамасыз етеді, суды тазартады, органикалық заттарды ыдыратады және су табанын нығайтады [143, 144].

Бентос қауымдастықтарының таралуына, өсуі және құрылымына су объектілерінің морфометриялық, гидрохимиялық және газ режимінің ерекшеліктері үлкен әсер етеді. Ең маңызды факторларға тереңдік, судағы кальций сульфатының мөлшері, рН мәні және күкіртсутектің болуы жатады. Жазғы уақытта жоғары минералданған көлдерде күкіртсутектің мөлшерінің көбеюінен 2,5−3,0 м-ден жоғары тереңдіктерде бентосты организмдер толығымен жойылады [145].

Бентосты организмдер сыртқы қоршаған ортадан келетін әртүрлі қауіп қатерге жиі ұшырайды. Судың мұнай өнімдері, пестицидтер, ауыр металдар және басқа да өндірістік қалдықтары сияқты әртүрлі химиялық заттармен ластануы бентосты организмдер үшін ең қауіп төндіретін негізгі факторлар болып табылады. Бұл ластаушы заттар бентосты организмдердің тіндерінде жиналып, олардың улануы мен өліміне әкелуі мүмкін [146]. Жаһандық жылынудан туындаған климаттың өзгеруі бентостық организмдер үшін де кері әсерін тигізуде. Су температурасының жоғарылауы су табаны мекендеушілірінің құрамы мен құрылымының өзгеруіне, сондай-ақ кейбір түрлердің жойылуына әкелуі мүмкін [147, 148].

1.1.7 Қазақстандағы көлдерге жалпы сипаттама

Қазақстан Республикасының Ұлттық атласы бойынша елімізде 48 мыңнан астам көл бар. Олардың 43 мыңнан астамының су беті айдыны 0,5 км²-ден кіші (әрқайсысы орташа есеппен 50 гектардан кіші) көлдер. Ауданы 100 км2-ден асатын (әрқайсысы 10 мың гектардан үлкен) 21 көл бар. Мұндай ірі көлдер қатарына Балқаш, Алакөл жүйесі, Теңіз, Көкшетау жүйесі, Бұқтырма су қоймасы аумағына кіретін Жайсан, Баянауыл жүйесі (Сабынды, Жақсыбай, Торайғыр) және басқа да ірі көлдер кіреді. Аталған 21 ірі көлдің жалпы ауданы 26 866 км2 (60%) құраса, ал шағын көлдердің ауданы жалпы Қазақстан аумағындағы барлық көлдедің аумағының шамамен 6,2% құрайды. Осылайша, еліміздің аумағы шағын көлдермен көмкерілген, олардың ауданы шағын болғанымен, халық өмірінде ауыз сумен қамтамасыз етуде, сондай-ақ мал мен жабайы жануарларды суару үшін маңызды мәнге ие [9, p. 47-50; 149].

Республиканың барлық аумағында көлдер біркелкі таралмаған. Мәселен, Солтүстік Қазақстанда жалпы ауданы 15,6 мың км2 болатын 21,5 мың көл бар, оның ішінде 11 мыңнан астамы тұщы көлдер қатарына кіреді. Орталық және Оңтүстік Қазақстанда жалпы ауданы 4,6 мың км2 болатын 17,5 мың көл бар. Солтүстік Қазақстанда 100 км2 жерге шамамен 3 км2, ал Орталық және Оңтүстік Қазақстанда сәйкесінше 0,23 және 0,53 км2 көл айдыны келеді. Батыс Қазақстан аумағында жалпы ауданы 2,9 мың км2 болатын 7158 көл бар (100 км2-ге 0,4 км2 көл акваториясы келеді). Шығыс Қазақстанда жалпы ауданы 5,6 мың км2 болатын (100 км2-ге 2,02 км2 көл акваториясы келеді) 1968 көл бар. Келтірілген сандарда Балқаш пен Алакөл көлдері, Каспий және Арал теңіздерінің аумағы ескерілмеген. Қазақстандағы ең ірі көлдердер қатарына Каспий және Арал теңіздері, Орталық Қазақстандағы Балқаш пен Теңіз көлдері, Жоңғар қақпасындағы Алакөл мен Сасықкөл, Шығыс Қазақстандағы Зайсан және Марқакөл көлдері кіреді. Көпшілік көлдер еліміздің солтүстік аудандарындағы орманды далалық зонасында орналасқан. Олардың ең ірілері қатарына Қорғалжын, Шалқартеңіз, Үлкен Шабақты, Шучье және Сілетітеңіз көлдері кіреді [40, с. 3-156].

Қазақстан Республикасының аумағында олиготрофты көлдерден эвтрофты («көп қоректі») көлдерге дейін әртүрлі өнімділіктегі көлдерді кездестіруге болады. Әдетте терең, жағалаулары тік, қоректік заттарға бай емес, осуы мөлдір және ең су түбіне дейін оттегі көп болатын олигатрофты («аз қоректі») көлдер аз кездеседі. Еліміздің солтүстік және орталық аудандарында мезотрофты көлдер жиі таралған [150].

Қазақстан аумағында белгілі бір микроэлементтер жиынтығына байланысты көлдердің геохимиялық типтері әртүрлі. Геохимиялық типтеріне байланысты келесі түрлерге бөлінеді:

* сульфатты-хлоридті;
* хлоридті-сульфатты;
* содалы- сульфатты [151].

Көлдердің 87%-дан астамы (Балқаш, Алакөл, Қамыслыбас, Теңіз және бірқатар шағын көлдер) сульфатты-хлоридті класқа жатады. Қалғандары карбонатты және хлоридті тип көлдер арасында бірдей дерлік бөлінген.

Қазақстан аумағындағы көлдер судының минералдануы 0,075-335 г/л және одан да жоғары болып келеді. Тұздар концентрациясының және олардың құрамының мұндай елеулі ауытқуы көлдердің су режимінің шектен тыс тұрақсыздығымен байланысты [40, с. 5-63].

Қазақстан аумағында топырақ-климаттық жағдайына және қоректену ерекшеліктеріне байланысты, химиялық құрамы мен минералдануы әртүрлі көлдер қалыптасқан. Жоғары минералдану сульфатты және хлоридті көлдерге тән, ал көлдердің минералдануы 81 мг/л (Марқакөл көлі) мен 548 000 мг/л (Меңкесер көлі) аралығында өзгеруі мүмкін. Тұщы көлдер негізінен Солтүстік Қазақстан, Қостанай, Ақтөбе облыстарында және Орталық Қазақстан аумағында таралған. Еліміздегі тұзды көлдердің басым көпшілігі тұйық болып табылады [73, с. 77-84].

Қазақстан аумағындағы сегіз су шаруашылығы бассейніндегі көлдердің рН көрсеткіштері бойынша бірнеше типке бөлінеді. Балқаш-Алакөл көлдері, Үшкөл және Қошқаркөл сілтілі көлдерін қоспағанда негізінен сулары аздап сілтілі болып табылады. Арал-Сырдария СШБ-не жататын Арыс және Қалдыкөл көлдерінің суы бейтарап, ал Қамыстыбас және Жалаңашкөл көлдері аздап сілтілі көл типіне жатады. Шу-Талас және Жайық-Каспий алаптары көлдерінің сулары аздап сілтілі ортаға жатады. Нұра-Сарысу СШБ көлдері бейтарап ортадан сілтілі ортаға дейін өзгеріп отырады. Қолда бар деректер бойынша Ертіс СШБ-не жататын көлдердің белсенді ортасы бейтараптан сәл сілтіліге дейін өзгеріп отырады. Есіл алабындағы көлдердің 14% бейтарап, 45% аздап сілтілі және 41% сілтілі ортасы бар. Тобыл-Торғай СШБ көлдері суы орташа аздап сілтілі ортамен сипатталады [73, с. 77-84].

2018 жылғы зерттеуге сәйкес [73, с. 77-84], мониторинг жүргізілген көлдердің оттегі деңгейі бойынша стандартты таза класспен бағаланған. Ауданы 10 км2-ден асатын барлық қарастырылып отырған көлдердегі оттегі режимі стандартты таза екендігі анықталған. Тек Есіл СШБ-гі Қалыбек көлі бұл көрсеткіш бойынша ластанудың өте жоғары деңгейі ретінде бағаланған.

Арал-Сырдария және Жайық-Каспий СШБ-гі ауданы 10 км2-ден асатын көлдердің суы өте кермек, Балқаш-Алакөл СШБ көлдеріндегі сулар жұмсақтан кермекке дейін өзгереді, Шу-Талас СШБ көлдерінің сулары кемекті және өте кермекті, Нұра-Сарысу СШБ көлдері орташа кермектен өте кемекке дейін, Есіл және Тобыл-Торғай СШБ-нің көлдерінің суы жұмсақтан өте кермекке дейін, Ертіс СШБ-нің көлдерінің суы орташа кермекті екендігі анықталған [73, с. 77-84].

Осылайша, көлдер мен көлдер экожүйелеріндегі табиғи және антропогендік өзгерістер туралы жарияланған мақалалар, бұл процестерді тудыратын көптеген факторлардың бар екендігін көрсетті. Олардың негізгілеріне көлдердің қазаншұқырының типі, орналасуы, су объектісінің қоректену ерекшеліктері, климаттың өзгеруі, көлдердің гидрологиялық және гидрохимиялық режимдері, тірі организмдердің биогеохимиялық белсенділігі жатады. Антропогендік факторларға өндірістік қалдықтар мен тұрмыстық ағынды сулар, қарқынды ауылшаруашылығының дамуы және гидротехникалық құрылыстар жатады. Көлдердің сукцессиялық өзгеруінің ерекшелігі олардың орналасқан географиялық-климаттық белдеуіне және шығу түріне байланысты пайда болуы. Ал техногендік араласу кезінде көлдердегі өзгерістер өте тез және тіпті болжанбайтын бағытта болуы мүмкін. Қазіргі таңда көлдерге мониторингтік бағалау барысындағы ең үлкен мәселе, ол іс жүзінде бірлесіп әсер ететін экологиялық, географиялық және техногендік факторларды біріктіріп бағалайтын бірыңғай алгоритмнің жоқтығы. Осындай бағалау негізінде көлдердің тағдыры туралы ең сенімді сараптамалық қорытындыны беруге болар еді.

# **2 ЗЕРТТЕУ НЫСАНДАРЫ МЕН ӘДІСТЕРІ**

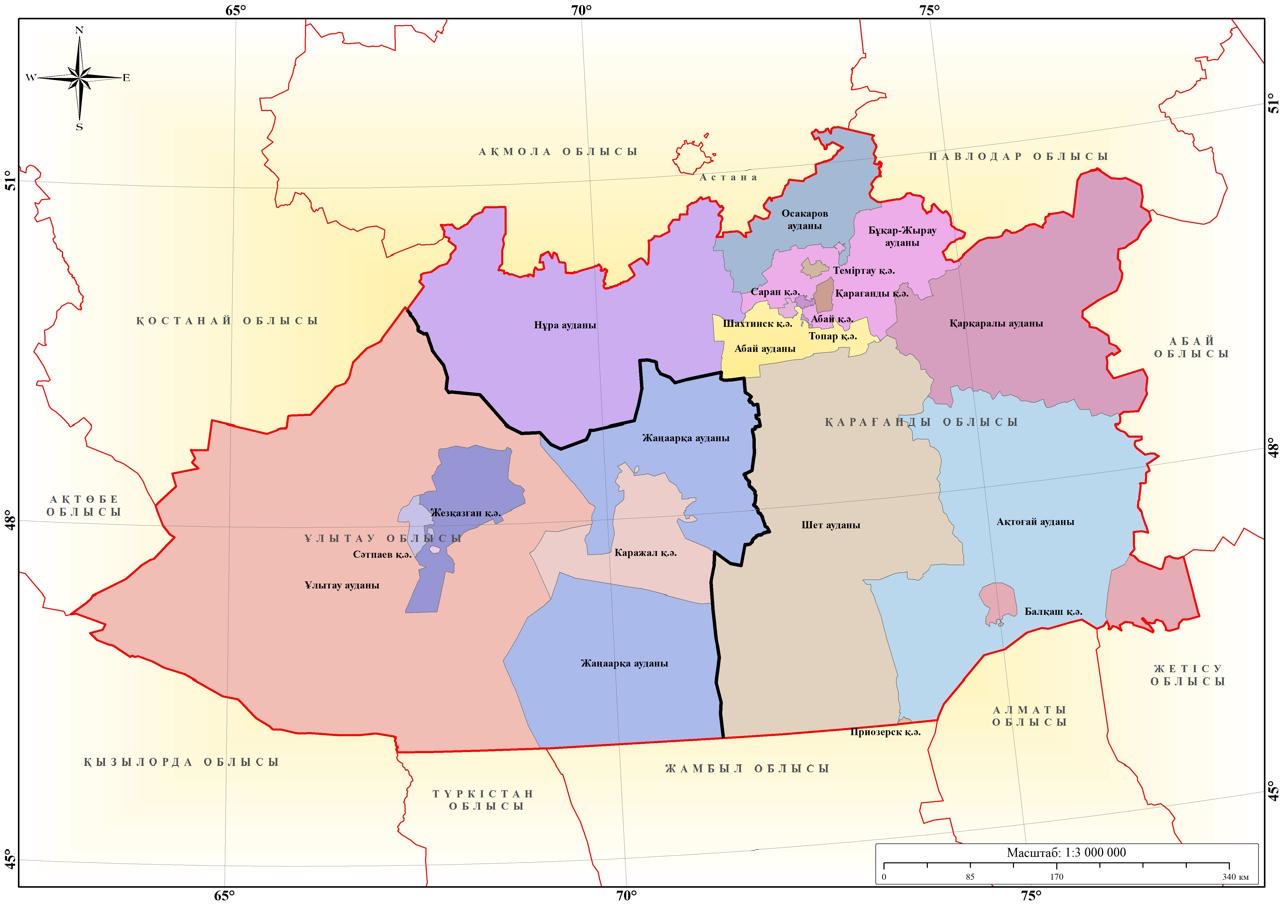
## 2.1 Зерттеу нысаны

Зерттеу объектілері Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдер болып табылады. Бұл екі облыс 2022 жылдың 8-ші маусымына дейін біртұтас Қарағанды облысының қарамағында болды (1-сурет). Қарағанды облысы республикамыздың ортасында және континенттік Батыс Сібір далалық өңірінде орналасқан. Облыс солтүстігінде Ақмола, солтүстік-шығысында – Павлодар, шығысында – Абай, оңтүстік-шығыста – Жетісу және Алматы, оңтүстігінде – Жамбыл, оңтүстік-батыста және батыста – Ұлытау, солтүстік-батысында – Қостанай облыстарымен шектеседі. Жер аумағы 239,1 мың км2, халықтың тығыздығы 1 км2-ге 4,7 адамнан келеді. Ауданы солтүстіктен оңтүстікке қарай 1300 км, шығыстан батысқа қарай 700 км [152, 153].

Қарағанды облысы – Қазақстандағы жетекші орын алатын қуатты индустриялық орталығы және ірі өнеркәсіптік аймағы. Тау-кен өнеркәсібі облыс экономикасында жетекші орын алады. Тамақ, фармацевтика және химия өнеркәсібі, жеңіл өнеркәсіп, құрылыс материалдары өнеркәсіптері дамыған [154]. Қарағанды облысының географиялық орналасуы және климаттық жағдайы астық, картоп және көкөніс өсіруге, мал шаруашылығын дамытуға оңтайлы. Бұл себепті облыс ауыл шаруашылығы өнімдерін өндіру мен өңдеуде Қазақстанның жетекші аймақтарының бірі болып табылады [155, 156].

Ұлытау облысы – Қазақстанның орталық бөлігінде және 2022 жылдың 8 маусымда құрылған облыс. Облыстың әкімшілік орталығы – Жезқазған қаласы [157]. Солтүстігінде Қостанай, солтүстік-шығысында және шығысында – Қарағанды, оңтүстік-шығысында – Жамбыл, оңтүстігінде – Түркістан және Қызылорда, батысында – Ақтөбе облыстарымен шектеседі. Облыстың ауданы 188,9 мың км2 және Республикамыздағы халық саны және орналасу тығыздығы бойынша ең төмен аймақ болып табылады [158].

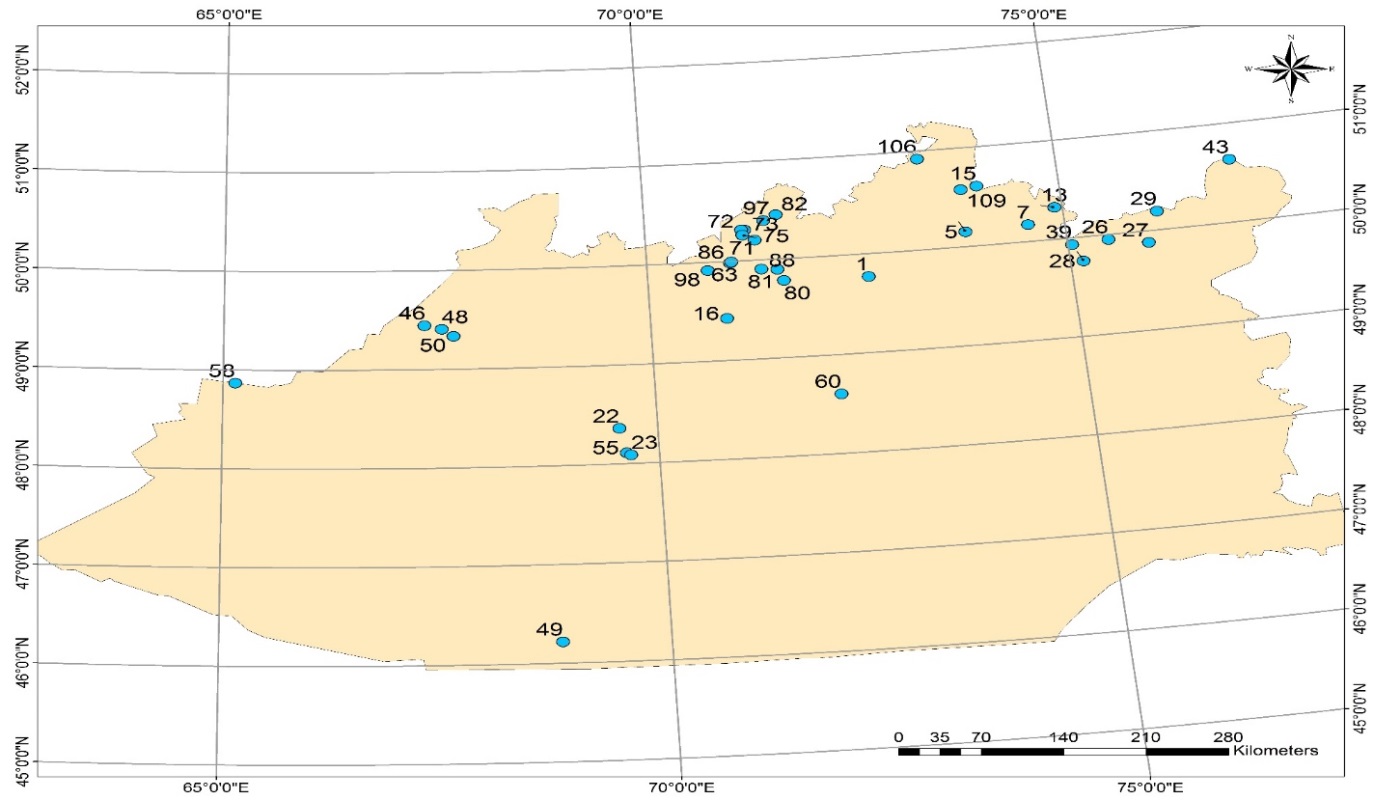
Орталық Қазақстанның климаты (Қарағанды және Ұлытау облыстары) күрт континенттік және өте құрғақ. Климаттың негізгі факторы болып табылатын күн сәулесінің ұзақтығы жылына 2300-2500 сағатты құрайды және оның максималды ұзақ уақыты шілде айында. Ең суық қаңтар айының орташа температурасы аумақтың солтүстік аудандарында -18°C құраса, ал өңтүстік бөлігінде -14°C-қа дейін жетеді. Облыс аумағы жыл бойына жоғары атмосфералық ауа қысымының астында болады. Қыста сібір антициклонының ықпалында болса, ал жаз айларында бұл антициклон толығымен жойылып, шығыс Азор антициклоны ықпалында болады. Сондықтан жыл бойына барлық жерде ауа райы ашық, қысы суық және жазы ыстық өтеді [159].



Сурет 1 – Қарағанды және Ұлытау облыстарының картасы

Аймақта ауа массаларының үш негізгі түрі бар: арктикалық, полярлық, тропиктік. Орталық Қазақстан аумағына түсетін арктикалық ауа массалары температураның 30-40°С дейін төмендеуіне әкеледі. Жылдың жылы кезінде бұл аймаққа Тұран мен Иранның тропикалық ауасы әсер етеді. Бұл кезең жоғары ауа температурасымен, жауын-шашынның аздығымен және салыстырмалы түрде құрғақ ауамен сипатталады [13, с. 56-77]. Желдің орташа жылдық жылдамдығы 4-5 м/с, ал орташа айлық ең жоғары жылдамдығы наурыз айында (6,8 м/с), ең төмнгісі желтоқсан (6,1 м/с) айында болады [12, с. 14].

Орталық Қазақстан Республиканың басқа солтүстік аймақтарына қарағанда көлдерге бай емес және көлдер аумақ бойынша тең таралмаған (2-сурет). Көл нөмірлері 2-кестедегі сандарға сәйкес келеді. Көлдердің 68%-дан астамы аймақтың солтүстік аудандарында шоғырланған. Көлдердің саны климаттың құрғақтығының жоғарылауымен және топырақтың инфильтрациялық қабілетінің өсуімен табиғи түрде азаяды. Сондай-ақ, шығыс және орталық таулы аудандарындағы жер бедерінің ағынды суларды жинау қабілеттілігінің төмендігіне және құрғақ ауа райына байланысты көлдер аз шоғырланған. Тек Қарқаралы тауларында бірнеше терең табиғи көлдер бар [9, p. 177-178; 160].



Көлдің белгілері: 1 – Сасықкөл; 5 – Сопақсор; 7 – Ащыкөл; 13 – Рудничное; 15 – Батпақкөл; 16 – Шошқакөл; 22 – Қабыршақты; 23 – Биесойған; 26 – Қарасор; 27 – Балықтыкөл; 28 – Қатынкөл; 29 – Саумалкөл; 39 – Саумалкөл; 43 – Сарықасқа; 46 – Барақкөл; 48 – Ащыкөл; 49 – Қарақойын; 50 – Бұршақтыкөл; 55 – Байсүйген; 58 – Обала; 60 – Көктенкөл; 63 – Ізенді; 71 – Қарауқамыс; 72 – Ащысор; 73 – Қаратай; 75 – Құмкөл; 80 – Құтансор; 81 – Татырсор; 82 – Шөптікөл; 86 – Алаботалы; 88 – Тассуат; 97 – Сор; 98 – Өстемір; 106 – Қаракөл; 109 – Шыбынды

Сурет 2 – Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің (ауданы 5 км2 үлкен) таралуы

Көлемі бойынша кіші көлдер өзендердің, бұлақтар мен арналардың бойында топтасқан, ал ірі көлдер аумақтағы жер бедерінің төмен жерлерінде орналасқан. Шағын көлдердің едәуір бөлігі (75%) аумақтың солтүстік аймақтарында Нұра, Құланұтпес, Қон өзендерінің бассейндерінде және Қарасор көлінің ағынсыз алабында орналасқан. Олардың кейбіреулері ірі өзендердің, негізінен Нұра өзенінің жайылмаларында орналасқан (3-сурет) [37, с. 29].

Орталық Қазақстан территориясына орташа алғанда 100 км2 жерге 0,27 км2 су айнасы келеді. Бөлгенін солтүстігіндегі көлдерге ең бай Нұра ауданының өзінде су айнасы 100 км2 жерге 1,3 км2 құрайды [161].

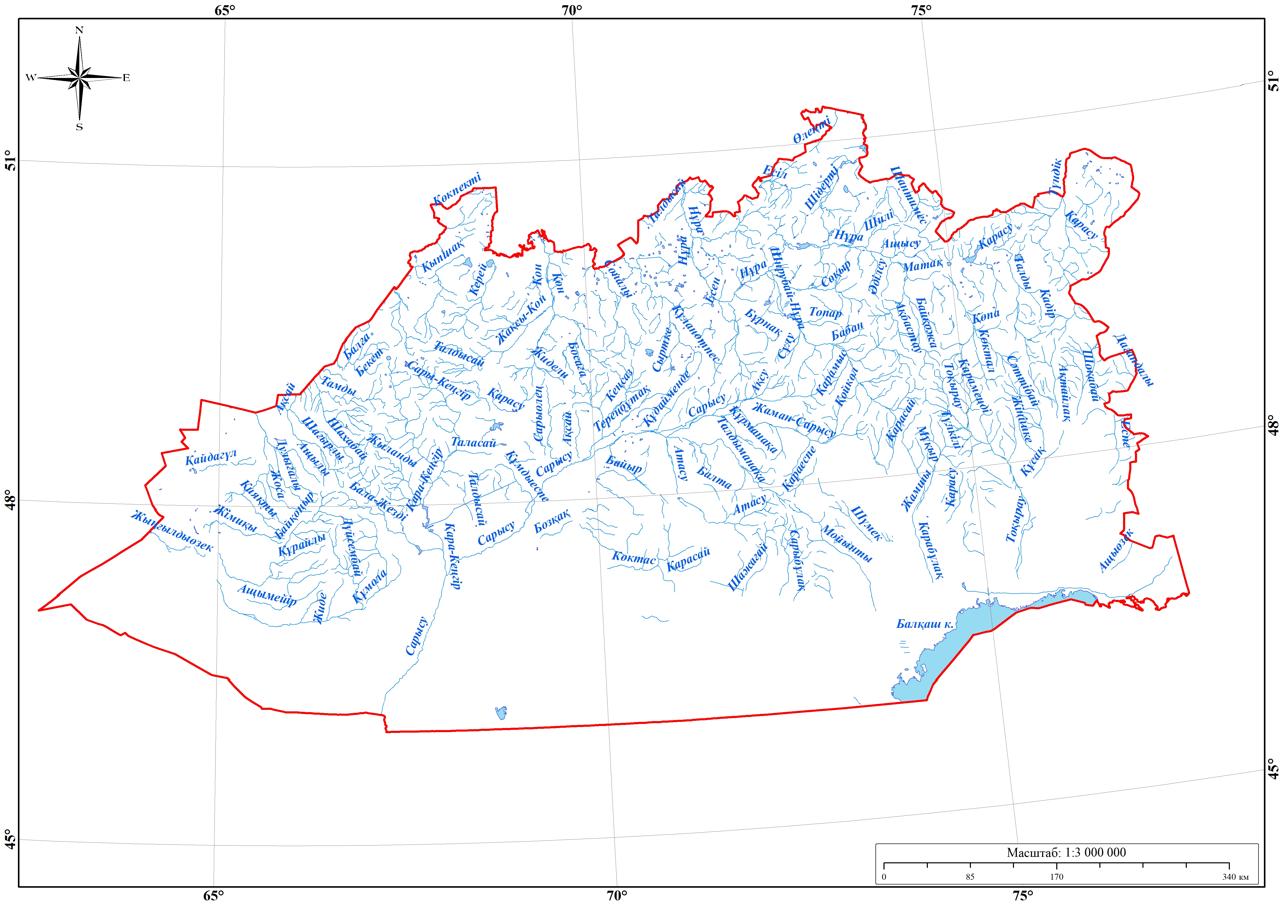
Жалпы алғанда, Орталық Қазақстан аумағында сазды топырақтар кең таралған және көлдердің айтарлықтай лайлануы байқалады, сондықтан көлдің су массасы мен оның түбінің топырағы арасындағы су алмасу әдетте қиын. Мұнда фильтрация және жер асты суларының келуі, әдетте булану мәнінің 5-20%-нан аспайды [156, р. 1-6].

Зерттелген көлдер әртүрлі құрылымдық және литологиялық жағдайларда орналасқан: олар мезозой-кайнозойдың борпылдақ шөгінді түзілімдерінде де, кембрийге дейінгі және палеозойдың қатты магмалық жыныстарында да орналасқан. Рельеф шағын шоқылық ойпаңдармен, өзен аңғарларымен, құрғақ су арналарымен, жер асты суларының жер бетіне шығатын ойпаңдарымен, ағынсыз ойпаңдармен және көл алаптарымен күрделенген. Аумақтың сипатты белгілері болып – қатты бөлшектенген және бедері ретсіз қатты тау жыныстары, жартасты қадалар мен шөгінділерден құралған. Сонау өткен ғасырдың 60-70 жылдарында, бұл аумақтағы көлдердің шығу тегі бойынша сутекті, суффузиялы-карсттық, эолдық және тектоникалық қазаншұңқырлардан шыққандығы анықталды [33, с. 98-110; 162, 163].

Орталық Қазақстан көлдерінің сулары химиялық құрамы бойынша хлоридті, гидрокарбонатты және сульфатты түрлерге жатады [164].

Тұщы және шартты тұщы көлдердің жалпы саны (жаз мезгілінде иондар қосындысымен қосқанда 2,5-3 г/л-ге дейін) 32%, аздап ащы (9-10 г/л-ге дейін) – 22% және өте ащы (25 г/л-ге дейін) – 13%, қалған 32%-ы О.А. Алекин квалификациясы бойынша тұзды тобына (25 г/л жоғары) жатады. Гидрометеорологиялық жағдайлар өзгерген кезде кейбір көлдер бір топтан екінші топқа ауысады [165].

Көлдердің тереңдігі бірнеше сантиметрден (құрғап қалатын көлдер) 3-4 м-ге дейін және санаулы көлдердің тереңдігі оданда терең болып келеді. Бұл ретте тұщы және аздап тұщы көлдер көп жағдайда тұзды (минералды) көлдерге қарағанда тереңірек. Себебі, бұл аймақта сортаңды топырақтар басым және көлдер кішірек болған сайын тұздың концентрациясы солғұрлым жоғары болады. Орталық Қазақстан аумағында тұзды көлдер (Қарасор, Қарақойын және т.б.) көбірек кездеседі. Тұщы су көлдері негізінен солтүстікте, Нұра өзенінің алабында және Қарқаралы тауларында орналасқан [37, с. 30].



Сурет 3 – Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы өзен алаптарының гидрографиялық желісі

Барлық көлдерде көктемгі қар еріген сумен толуы наурыздың аяғында басталып, 10-15 күнге дейін созылады. Көктемгі cу деңгейінің көтерілу биіктігі жылдан жылға өзгеріп отырады және 2 м-ден асуы мүмкін. Көлдердегі судың ең төменгі деңгейі қазан айында болады. Су деңгейінің ауытқуының жылдық амплитудасы орташа есеппен 0,6-0,8 м- ді құрайды [166].

Орталық Қазақстанның көлдері, сирек жағдайларды есептемегенде, тұйық және ағынсыз. Нұра, Құланөтпес өзендерінің алаптарындағы кейбір жайылма көлдер мен Қарқаралы тауларындағы көлдер (Пашино, Үлкенкөл, Ащыкөл) ғана ағынды болып табылады [37, с. 30].

Зерттелетін аумақтағы көлдердің экологиялық жағдайы туралы мәліметтер алу үшін Қарағанды облысы Бұқар жырау ауданының өңтүстігінде, Қарағанды қаласынан оңтүстік-батысқа қарай 60 км жерде орналасқан Үлкен Сарыкөл көліне экологиялық зерттеу 09.08.2022-12.10.2022 аралығында жүргізілді. (Суықсу ауылынан 1 км оңтүстік-батысқа қарай N 49° 28' 40", E 73° 42' 17") (4-сурет). Көл балық аулау және мал суару мақсатында пайдаланылады.



Сурет 4 – Үлкен Сарыкөл көлі

**2.2 Орташа жылдық температура мен орташа жылдық және маусымдық жауын-шашынның тенденцияларын құрастыру**

Бұл зерттеуде Қарағанды облысы бойынша негізгі метеорологиялық көрсеткіштер «Климат и погода» веб-сайтынан алынды [167]. Сайт халықаралық SYNOP және METAR есептеріндегі нақты деректерді пайдаланады. Бұл ауа райы мен климат туралы ақпаратты қамтитын онлайн анықтамалық.

«Климат и погода» - бұл Ресейдің, АҚШ-тың және әлемнің 600 қаласы үшін ауа райы болжамдарын, климаттық мониторинг және әлемнің 600 қаласы үшін климаттық деректерін, ағымдағы барлық халықаралық айырбастау станцияларының ауа-райы есептерін, нақты ауа райы туралы ақпараттарды, ауа райы жазбаларын, қауіпті және экстремалды ауа райы оқиғалары туралы ақпараттарды, мақалалар мен фотосуреттерді үнемі жариялап отыратын жаһандық ауқымдағы ауа райы мен климаттың ең толық және жедел мониторингін беретін желі.

«Новости погоды» бөлімінде ақпарат агенттіктері хабарлайтын табиғи апаттар мен әртүрлі ауа райы құбылыстары туралы хабарларды, сондай-ақ жаһандық климаттың өзгеруі туралы жаңалықтарды, күнделікті және ай сайынғы ауа райы жазбалары табылады.

«Прогноз погоды» бөлімінде Ресейдің, АҚШ-тың және әлемнің әртүрлі қалаларындағы ауа райы туралы бес күндік алдын ала ақпарат беріледі. Болжам бірнеше жаһандық атмосфералық үлгілердің деректері негізінде автоматты түрде жасалады.

«Климатический монитор» бөлімінде әлемнің әртүрлі қалаларындағы ауа температурасы мен жауын-шашынның өзгеруі туралы және ағымдағы мәндерді климаттық нормамен салыстырмасы, сондай-ақ әр жылдары тіркелген экстремалды мәндер берілген.

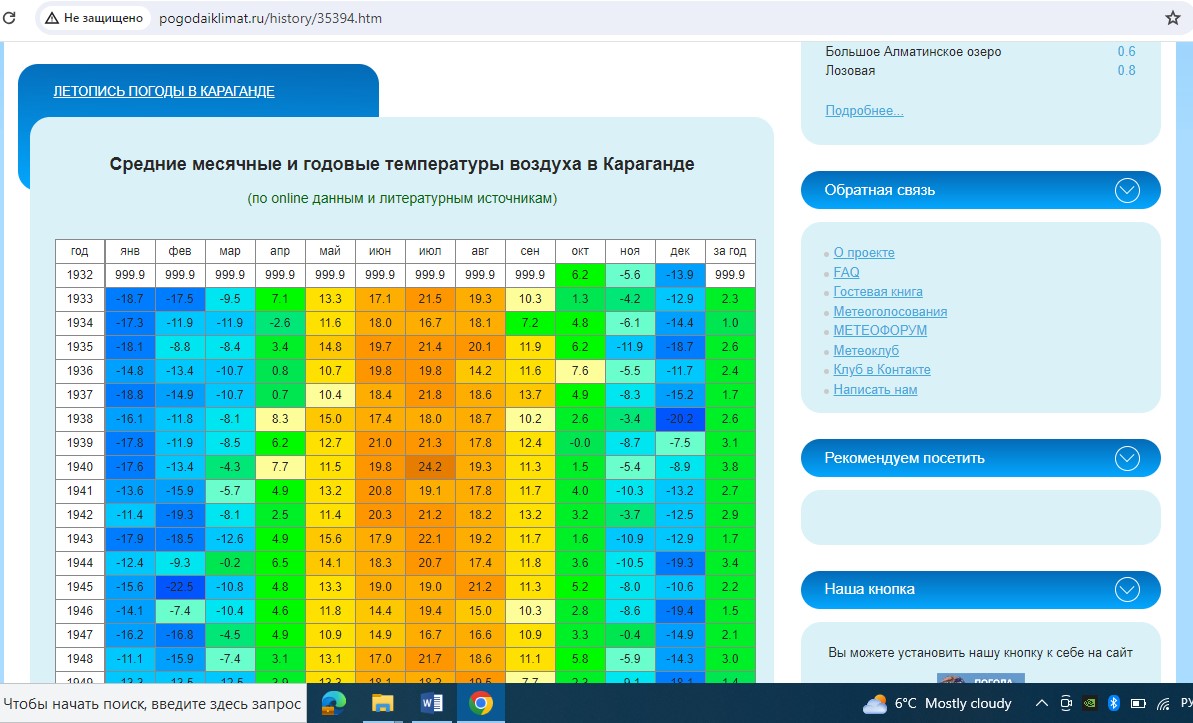
«Климат мира» бөлімінде күнделікті ауа температурасы мен жауын-шашын, метеорологиялық элементтердің экстремалды мәндері, жел, ауа ылғалдылығы, қар жамылғысы, бұлттылық, жауын-шашын және басқа да атмосфералық құбылыстар туралы статистикалық мәліметтерді қоса алғанда, дүние жүзіндегі қалалар үшін климаттық деректер бар.

«Архивы погоды» бөлімінде халықаралық биржадан кодталған SYNOP есептері және Америка Құрама Штаттарынан METAR есептері түрінде алынған нақты ауа райы деректері бар. Соңғы бірнеше айдағы деректер мұрағаты қол жетімді. Сондай-ақ, сайт нақты ауа райы карталарының және басқа ақпараттардың мұрағатын жинақтайды.

«Погода в мире» бөлімінде Ресей, АҚШ және басқа елдердегі соңғы бақылау кезеңі мен тәулік бойынша тіркелген экстремалды ауа райы ақпараттары бар. Сонымен қатар, бұл бөлімде ағымдағы жылғы жаңартылған тәуліктік және айлық ауа температурасы мен жауын-шашын рекордтары, қауіпті метеорологиялық құбылыстар туралы ақпарат беріледі.

Бұл сайтта 1933 жылдардан бастап қазіргі кезге дейінгі Қарағанды облысы бойынша температура (5-сурет), жауын-шашын және ылғалдылық туралы мәліметтер берілген (6-сурет). Аталған жұмыста 1940-2020 жылдар аралығындағы орташа жылдық ауа температурасы және жауын-шашын мөлшері сызықтық тренд әдісін қолдану арқылы зерттелді.

Зерттеуде сызықтық тренд әдісі қолданылды. Бұл өлшеу деректерінің жиынтығын ескере отырып, ең жакын мәнді сызықтық функция арқылы табуға арналған математикалық әдіс. Сызықтық тренд талдауы қадағаланатын атрибуттың тренд мәнін, сондай-ақ тренд күші мен бағыты сияқты күй деректерін есептеу үшін ең аз квадраттар регрессиясын пайдаланады. Ең аз квадраттардың регрессиясы функция мәндері мен сәйкес деректер мәндері арасындағы айырмашылықтардың квадраттарының қосындысын азайтады. Осылайша, бұл әдіс оның өткен мәндеріне негізделіп таңдалған атрибут уақытының өзгеруінің сызықтық жуықтауын жасайды [168].



Сурет 5 – «Погода и климат» сайтында 1933 жылдан қазіргі уақытқа дейінгі Қарағанды қаласының орташа айлық және жылдық ауа температурасы



Сурет 6 – «Погода и климат» сайтында 1933 жылдан қазіргі уақытқа дейінгі Қарағанды қаласының орташа айлық және жылдық жауын-шашын мөлшері

Сызықтық тренд әдісі жалпы ауа температурасының оң немесе теріс бағытта өзгергендігін дәл анықтайды және бұл әдісті болжамдар үшін де қолдануға болады [168, с. 96-102]. Температура мен жауын-шашынның жылдық орташа тенденциясын құрастырған кезде орташа арифметикалық және орташа арифметикалық қателікті есептеу әдістері қолданылды.

## 2.3 Көлдердің морфометриялық көрсеткіштерін зерттеу әдістері

Біз Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің саны, олардың максималды және орташа тереңдігі, су деңгейі сияқты гидрометриялық көрсеткіштерін көзбен растау мақсатында экспедициялық зерттеулер жүргіздік (Қосымша А).

Өңірдегі көлдер негізінен таяз болатынын ескере отырып, қол лотын пайдалана отырып су бетінен өлшеу 10-15 м (кішігірім көлдер үшін) және 100 м (ауданы 5 км2 үлен көлдер үшін) аралықта қайық көмегімен жүргізілді [169, 170].

Көлдердің және су жиналу алабының ауданын есептеу үшін біз Еуропалық ғарыш агенттігіне тиесілі SNAP бағдарламалық жасақтамасымен өңделген және Copernicus Open Access Hub мамандандырылған интернет-порталында негізгі өңдеуден кейін қолжетімді Sentinel-2 сериялы спутниктерінің деректерін қолдандық. Су бетінің ауданын есептеу SNAP v7.0 бағдарламалық құралының көмегімен жүзеге асырылды. Осы мақсатта көрінетін спектрдің жасыл диапазонынан (Sentinel-2 үшін B3 ретінде белгіленген) және орта толқынды ИК диапазонынан (Инфрақызыл диапазон) (Орта инфрақызыл - MIF, Sentinel-2 үшін B12 ретінде белгіленген) деректерді пайдалана отырып, MNDWI индексі пайдаланылды. Модификацияланған және нормаланған айырмашылық су индексін (MNDWI) 2006 жылы Hanqiu Xu сипаттаған [171].

Индекс төмендегі (1) формула арқылы есептеледі:

MNDWI = (Green – MIR) / (Green + MIR) (1)

мұнда Green және MIR – сәйкесінше жасыл диапазонның және ортаңғы толқынды инфрақызыл диапазонның растрлық пиксельдік мәндері (шағылысу).

Индекс мәндері минус 1-ден плюс 1-ге дейін болуы мүмкін. Мұнда ең үлкен ықтималдықпен минус 1 жерге, ал плюс 1 су бетіне сәйкес келеді. Әрі қарай, MNDWI индекс мәндері бар растр негізінде су объектілері анықталды. Детекторлау шекті индекс мәнінен асу критериі бойынша растрлық бинаризацияны қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Көлдердің орташа тереңдігі мен ауданы негізінде көлдердегі су көлемі есептелді. Сонымен қатар, салыстыру мақсатында Орталық Қазақстандағы көлдерді зерттеу бойынша өткен ғасырдағы мұрағат материалдар мен әдеби дереккөздерді пайдаландық [8, c. 20-28; 12, c. 27-33; 34, c. 54-70].

## 2.4 Қарағанды және Ұлытау облыстары аумағының су балансын анықтау

Су балансының негізгі құрамдастарын анықтау үшін көл ауданы (км2) және жалпы су жинау алабы (км2) сияқты көл көрсеткіштерін өлшедік. Көлдердің және су жиналу аумақтарының ауданын есептеу үшін біз Еуропалық ғарыш агенттігіне тиесілі SNAP бағдарламалық жасақтамасымен өңделген және Copernicus Open Access Hub мамандандырылған интернет-порталында негізгі өңдеуден кейін қолжетімді Sentinel-2 сериялы спутниктерінің деректерін қолдандық [171, р. 3025-3032].

Су балансының жалпы формуласы қолайлы жағдайларда бір-біріне тең кіріс және шығыс көрсеткіштерді қамтиды:

Кіріс көрсеткіштері - атмосфералық жауын-шашын, жер асты суларының ағып келуі, жер беті суларының ағып келуі;

Шығыс көрсеткіштері – су бетінен булану, қар жамылғысынан булану, транспирация, топырақтан булану және өзен суының аумақтан ағып шығуы.

Бұл жұмыста Орталық Қазақстандағы барлық көлдердің жалпы су балансын бағалау міндеті қойылғандықтан, баланстың құрамдас бөліктерін есептеу үшін біз көлдердің ауданы мен су жинау алабы ауданының жалпы мәндерін қолдандық.

Су бетінен буланатын судың мөлшері негізінен сыртқы ауаның температурасына, оның ылғалдылығына, желдің орташа жылдамдығына байланысты төмендегі (2) формуламен анықталады [172]:

Нбул = 11,6 (Е 1 – e0 ) · В · t (2)

мұнда Нбул. – бір айдағы су бетінен булану қабаты мм;

11,6 – айда меншікті сору атмосферасын ескере отырып коэффициент мм/мб;

E1 – су бетінің берілген температурасындағы су буының максималды икемділігі 1-кесте мб (миллибар) бойынша анықталады;

e0 – ауадағы су буының парциалды қысымы (2) формула бойынша анықталады) мб;

В – жел күшін есепке алатын коэффициент, В=1+0.134Vв;

Vв – желдің орташа жылдамдығы м/с (айына);

t – айлармен өлшенетін болжалды булану уақыты.

Ауадағы су буының парциалды қысымы төмендегі (3) формуламен анықталады:

E0 = *μ* Е1/ 100 (3)

мұнда μ – ауаның салыстырмалы ылғалдылығы %.

E1 мәні анықтама [172] бойынша есептелген және 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Миллибардағы берілген су бетінің температурасындағы су буының максималды қысымы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Т0  С | Е1, мб | Т0  С | Е1, мб |
| 6 | 8,731 | 16 | 18,194 |
| 7 | 10,026 | 17 | 19,390 |
| 8 | 10,735 | 18 | 20,654 |
| 9 | 11,488 | 19 | 21,989 |
| 10 | 12,287 | 20 | 23,400 |
| 11 | 13,135 | 21 | 24,889 |
| 12 | 14,034 | 22 | 26,460 |
| 13 | 14,987 | 23 | 28,117 |
| 14 | 15,996 | 24 | 29,864 |
| 15 | 17,064 | 25 | 31,706 |

Ылғалданған өсімдік жамылғысының жалпы булануы [173] төмендегі (4) формула бойынша есептелді:

Е0 = 45,8 К ∑ Р (Ō +17,8) (4)

мұнда Е0 – вегетациялық кезеңде суармалы егістіктерден жалпы булану;

К – өсімдіктердің әрбір түрі үшін тәжірибелік жолмен анықталатын коэффициент;

Р – берілген айдағы күндізгі сағат ұзақтығының оның жылдық мөлшеріне қатынасы;

Ō – орташа айлық ауа температурасы.

Суармалы дақылдар үшін авторлар белгілеген К коэффициентінің мәндері [173, с. 85].

Қар жамылғысының бетінен тәуліктік булану П.П. Кузьмин [173, с. 50] (5) формулалары бойынша есептелді.

Е = (0,24–0,04 u10) (e\*2 – e2) (5)

мұнда u10, e\*2 және e2 сәйкесінше жел жылдамдығының, ауа температурасы мен су буының қысымына негізделген су буының максималды қысымының орташа тәуліктік мәндері.

(e\*2 –e2) =Δe (6)

Формуладағы 10 және 2 индекстері қар бетінен жоғары өлшем биіктігін метрмен көрсетеді. Қардан буланудың айлық мөлшері осы формулалар арқылы шамамен 30% салыстырмалы стандартты қателікпен анықталады.

Топырақ жамылғысының булануының есептік көрсеткіштері [174].

Топырақтың булануы қар жамылғысыз айлар бойынша келесі (7) формула бойынша есептелді:

Е = Е0 (w1 + w2) / (2w0) (7)

мұнда Е және Е0 – сәйкесінше, миллиметрде айдағы булану және булану қабілеттілігі (берілген метеорологиялық жағдайларда жеткілікті ылғалды қабаттың максималды булану мүмкіндігі);

w1 және w2 – есепті айдың басындағы және аяғындағы топырақтың метрлік қабатындағы өнімді ылғалдың қоры, мм;

w0 – E булану E0 булануға тең болатын топырақтың метрлік қабатындағы өнімді ылғалдың критикалық берілуі;

(w1 + w2)/2 – топырақтың метрлік қабатындағы өнімді ылғалдың орташа айлық қоры, мм.

Айдың аяғындағы өнімді ылғалдың қоры w2 төмендегі (8) формулалар арқылы есептеледі:

w2 = с/а кезінде (w1 + w2 )/2 < w0 (8)

мұнда a=1 + Е0 /(2 w0);

b = 1 – Е0 /(2 w0);

с = w1 b + x0 – y0.

x0 және y0 – жауын-шашынның және ағынның айлық нормасының мәндері, мм.

Ағынды қабатының айлық нормалары Ум көрсетілген әдіспен анықталған жағдайда, жыл ішінде олар Уг құрайды, орташа жылдық ағыннан Ук ерекшеленеді, Воскресенский К.П. картасынан алынған, төмендегі (9) формула бойынша түзетіледі.

у = (ум / уг) · ук (9)

мұнда у – формулаларда қолданылатын түзетілген айлық ағын қабаты.

Ауа ылғалдылығының тапшылығы туралы деректер бар болған жағдайда, жылдың суық мезгілінің айларындағы булануды да (10) формула арқылы бағалауға болады.

Е0 = 0,37 n d2 (10)

мұнд n – айдағы күндер саны;

d2 – ауаның орташа ылғалдылығының айлық тапшылығы, мбар.

## 2.5 Гидрохимиялық зерттеу әдістері

Су мөлдірлігі модификацияланған Секки әдісі арқылы анықталды [175].

Оттегі мен көмірқышқыл газының мөлшері Винклер бойынша йодометриялық әдіспен анықталды. Көлдің суы мен түбіндегі лай шөгінділерінің химиялық құрамы атомдық абсорбциялық спектрометрдің (ҚР СТ ИСО 8288-2005) көмегімен атомдық абсорбциялық талдау арқылы зертханалық жағдайда зерттелді. Анализдерді жасау үшін МЕМСТ 26951-86, МЕМСТ 26205-91, МЕМСТ 26490-85, МЕМСТ 26213-91, МЕМСТ 26483-85, МЕМСТ 26424-85, МЕМСТ 12536-2014, ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.74-2012 (KZ.07.00.03091-2015) нормативтік құжаттары пайдаланылды [176-179].

## 2.6 Гидробиологиялық зерттеу әдістері

Көлден фитопланктон, зоопланктон және зообентос үлгілері алынды [180]. Планктонды организмдер түрлерінің әртүрлілігі, жалпы саны және биомассасы анықталды. Балық популяциясының құрамы зерттеліп, су объектісінің балықтар үшін қоректік құндылығы бағаланды.

Планктондық ағзаларды зерттеуге арналған үлгілер тор арқылы 100 литр суды сүзу арқылы Апштейн торын пайдаланып жиналды. Үлгілер 40% формалин ерітіндісімен бекітіліп, қоюландырылды. Фитопланктондарды концентрациялау тұндыру әдісімен жүргізілді [181]. Түрлерді идентификациялау Olympus CX-31 микроскобының көмегімен анықтаушыларды қолдану арқылы жүзеге асырылды. Жасушалардың саны Горяев санау камерасында саналды, ал биомасса жекелеген популяциялардың биомассасын қосу арқылы есептелді. Макрофиттердің түрлерін анықтау көзбен көру арқылы зерттеу барысында сол жерде жүргізілді.

Ихтиофаунаны зерттеу бекітілген балық аулау торларын қолдану арқылы жүзеге асырылды. Балықтар торларының өлшемдері 10, 26, 40 және 60 мм болатын ұзындығы 10 метрлік стандартты бір қабырғалы аулар арқылы ауланды. Әртүрлі тор көлеміндегі аулар екі-екіден бір-біріне паралель және перпендикуляр құрылды. Аулар бір күндік мерзімге орнатылды (182).

Зертханалық жағдайда МБС-10 және МСХ-300 микроскоптары арқылы планктонды ағзалар анықталып, санағы жүргізілді. Олардың түр құрамын анықтау кезінде детерминанттар пайдаланылды [182-184]. Богоров камерасында сынаманың белгілі бір бөлігінде зоопланктонды ағзалар саналды, содан кейін ірі және сирек кездесетін дараларды анықтау мақсатында оның көлемінің жартысы немесе қалған бөлігі толық қаралды. Зоопланктон түрлерінің жеке салмағын есептеген кезде салмақтың сызықтық тәуелділік теңдеулері қолданылды [180, с. 3-360; 181, с. 3-155]. Одан әрі барлық анықталған түрлердің саны және салмақ көрсеткіштері негізгі организмдер топтары және тұтастай қауымдастық бойынша есептелді. Зоопланктондардың саны мен салмағы 1 м3 су қабатында есептелген.

Бентостық үлгілер ұстағыштығы 1,0 м2 болатын қырғышты қолданып алынды және әр түрлі тор өлшемдері бар електерде жуылды. Бентосты ағзалардың 90% этанолға орналастырылды. Санын анықтау үшін ағзалар Петри табақшасына салынды, есептеу процесінде анықталған пішіндер жүйелі топтарға бөлініп, алдын ала кептіруден кейін аналитикалық таразыда бөтелкелерде өлшенді. Санын мен биомассасын анықтау әдістемелік нұсқаулар бойынша жүргізілді [180, с. 3-160; 181, с. 3-105]. Таксономиялық бірліктерді анықтау жалпы қабылданған анықтауыштар бойынша жүргізілді [185-191]. Су объектісінің қоректік құрамы С.П. Китаев бойынша анықталған [192].

Фитопланктон негізінде судың сапасын бағалау үшін Пантле және Букка әдісі.

Судың сапасы Пантле және Букка индикаторлық организмдер қолдану арқылы төмендегі (11) формула арқылы анықталды:

(11)

мұнда s – әрбір түрдің индикаторлық маңыздылығы (сапробты организмдер тізімдерінен анықталады;

h – алты сатылы жиілік шкаласынан табылған және түрлердің салыстырмалы санын анықтайтын шама). Сапробтілік индексі 0,01 дәлдікпен есептелді.

Сапробтілік индексінің градациялары және судың ластануы белгіленген үлгі бойынша анықталды:

* <1 - ксенозапробты аймақ «өте таза»;
* 1.0-1.5 - олигосапробты аймақ, «таза»;
* 1.51-2.5 – β-мезосапробты аймақ «орташа ластанған»;
* 2.51-3.5 – α-мезосапробты аймақ «ластанған»;
* 3.51-4.0- полисапробты аймақ, «лас»;
* >4 – гиперсапробты аймақ «өте лас».

# **3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУЛАР**

## 3.1 Орталық Қазақстанның (Қарағанды және Ұлытау облыстары) 1940-2020 жылдары аралығындағы метеорологиялық көрсеткіштер бойынша климаттың өзгеру динамикасы

Бұл жұмыста Қарағанды облысының (қазіргі Қарағанды және Ұлытау облыстары) 1940-2020 жылдар аралығындағы және әр он жыл сайынғы орташа ауа температурасының динамикасы зерттелді. Сонымен қатар маусымдық (қыс, көктем, жаз, күз) орташа ауа температурасының режимі де зерттелді. Облыстың ауа температурасы мен қатар маусымдық және жылдық атмосфералық жауын-шашын режимі мен мөлшеріндегі өзгерістері анықталды. Соңғы 81 жыл ішіндегі ауа температурасы мен жауын-шашынның циклділігін анықтауға ерекше назар аударылды.

Жалпы Қарағанды облысы аумағының орташа жылдық ауа температурасының динамикасын анықтау мақсатында, 1940-2020 жылдары аралығындағы орташа ауа температурасы талданды [193]. Зерттеу сызықтық тренд әдісімен жасалды. Бұл әдіспен талдау нәтижесінде жыл сайынғы орташа ауа температурасының өскенін немесе төмендегенін анықтауға болады (7-сурет). 1940-шы жылдардан 2020-шы жылдар аралығындағы орташа жылдық ауа температурасын талдау нәтижесінде орташа жылдық ауа температурасының өскені анықталды. Сызықтық тренд негізінде 81 жыл ішінде (1940-2020) ауаның орташа жылдық ауа температурасының жоғарылау шамасы 1,1°C құрады (7-сурет). Зерттеліп отырған аралықта (1940-2020) орташа жылдық ауа температурасы 2,2°C болды.

Зерттелген уақыт аралығы үшін температура динамикасындағы тұрақты циклдер табылған жоқ. Орташа жылдық ауа температурасының ең жоғарғы шарықтау мәндері 3,8°C-тан 5,2°C-ға дейін болды. Жалпы алғанда, орташа жылдық ауа температурасының ең жоғарғы мәні 1940 ж. (3,8°C), 1963 ж. (4,7°C), 1983 ж. (5,2°C), 1997 ж. (5,1°C), 2002 ж. (4,9°C), 2004-2005 жж. (4,5°C), 2008 ж. (4,6°C), 2013 ж. (5°C), 2017 ж. (4,6°C) және 2020 (4,8°C). Бұл шарықтаулар арасындағы аралықтар біртіндеп азая түседі, атап айтқанда: 23 жыл, 20 жыл, 14 жыл, 5 жыл, 4 жыл, 3 жыл және 2 жыл. Соңғы 20 жылда орташа ауа температурасының шарықтауының ең жоғарғы мәндері біркелкі бола түскен.

Орташа жылдық ауа температурасының ең төменгі шарықтау мәндеріде жоғарлаған, бірақ төменгі температура шарықтауларының арасындағы аралықтар азая түскен (3-4 жылдан 8-22 жылға дейін). «Климат и погода» сайтында 1940 жылға дейін ақпарат жоқ, бірақ белгілі 14 жыл ішінде 1943 жылдан бастап (1,7°C), 1946 ж. (1,5 °C), 1949 ж. (1,4°C), 1952 ж. (1,6°C) 1954 жылға дейін (0,8°C) ауа температурасының жиі төмендеуі байқалған. 1960-шы жылдан бастап (1,1°C) төменгі орташа жылдық температураның шарықтау аралықтары аз кездеседі: 1969 ж. (1,1°C), 1976 ж. (1,9 C), 1984 ж. (2°C), 1993 ж. (2°C), 1996 ж. (2°C), 2018 ж. (2,3°C).

Сурет 7 – 1940-2020 жылдар аралығындағы орташа ауа температурасының динамикасы

1980-ші жылдан кейін орташа ауа температурасы 2°C-тан төмен түспеген. Осылайша, ең төменгі орташа жылдық температураның шарықтау мәні 1954 ж. (0,8°C), ал төменгі шарықтаудың ең жоғарғы мәні 2018 ж. (2,3°C) болып тіркелген.

Қарағанды облысында жалпы орташа жылдық ауа температурасы 1940 жылы 2,2°C-тан 2020 жылы 3,3°C-қа дейін тұрақты өсу тенденциясын көрсетті. Яғни 81 жыл ішінде орташа температура 1,1°C-қа жоғарлаған, бұл қысқа уақыт ішінде өте көп өсім деп айтуға болады.

8-суретте 2000-2020 жылдар аралығындағы орташа ауа температурасының ауытқуы көрсетілген. Бұдан біз 2000 жылдардан кейін ауа температурасының жоғарлау тенденциясының сақталып қана қоймай, бүкіл зерттеліп отырған кезеңдерге қарағанда едәуір артқандығын байқауға болады. Сонымен қатар, белгілі бір тұрақтылыққа ие болып және үлкен ауытқулар болмағанын көруге болады.

Сурет 8 – 2000-2020 жылдар аралығындағы орташа ауа температурасының ауытқуы

Зерттеу барысында орташа ауа температурасының көтерілу тенденциясын нақты анықтау мақсатында, 81 жыл аралығында әр 10 жыл сайынғы орташа жылдық ауа температурасы талданды (9-сурет). Талдау нәтижесінде әр 20 жыл сайын орташа ауа температурасының шамамен 0,3°C көтеріліп отырғандығын анық байқауға болады. Зерттеліп отырған кезеңнің (1940-2020) алғашқы екі онжылдығында (1940-1949 жж. 2,5°C, 1950-1959 жж. 2,3°C) орташа жылдық ауа температурасы 3°C төмен болса, кейнгі жылдары 3°C жоғары болған. ХХ ғасырдың 50-ші жылдары және соңғы 10 жылдықта орташа ауа температурасының аздап төмендегенін байқауға болады. Бірақ жалпы тенденция ауа температурасының артып келе жатқандығын көрсетті.

Сурет 9 – 1940-2020 жылдар аралығындағы әр 10 жыл бойынша орташа ауа температурасының ауытқуы

Орташа жылдық ауа температурасының ауытқуы жалпы жыл мезгілдеріндегі жылу режимін толық көрсете алмайды. Жыл мезгілдеріндегі орташа ауа температурасы түрлі антициклондарға байланысты құбылмалы болып келеді. Мәселен, қыс мезгілі аз бұлтты және ашық аязды өтсе, көктем және күз айлары ауыспалы жылы немесе салқын ауа райы сақталып, жауын-шашынды өтуі мүмкін [194].

Қарағанды облысы аумағының бір бөлігі оңтүстікке, ал екінші бөлігі солтүстікке қарай созылып жатуы температуралық режимнің біркелкі болмауына әсерін тигізеді [195]. Осыған байланысты, ауа температурасының нормадан ауытқуының ең объективті көрінісі маусымдық талдаумен анықталады.

Ауа температурасының орташа маусымдық өзгеру динамикасын талдау олардың жыл бойына әркелкілігін көрсетті (10-сурет). Осылайша, қыс мезгіліндегі орташа ауа температурасы 10-суреттен көріп отырғанымыздай өзінің өзгергіштігімен сипатталды. Мәселен, қыс маусымындағы орташа ауа температурасы 3,1°C-қа жоғарлаған. Бірақта, соңғы 81 жыл ішінде қыс маусымының орташа ауа температурасы жоғарылағанымен, оның өзгеруі біркелкі емес. Мысалы, ХХ ғасырдың 50-ші жылдары орташа ауа температурасы -14,2°C құраса, 90 жылдары -9,8°C көрсетті. Алайда, соңғы жылдары (2012–2020) қыстың орташа температурасы -11,5°C болып айтарлықтай төмендеу байқалды. Бұл көрсеткіштерге сүйене отырып, орташа ауа температурасының айтарлықтай ауытқығанын айта аламыз. Мысалға 2012 жылы қыс маусымының орташа температурасы -19,6°C, 2016 жылы -9,6°C, 2018 жылы -14,9°C, 2020 жылы -10,2°C-ты көрсетті.

Осылайша, соңғы 81 жылда қыс мезгілінің ауа температурасы біртіндеп жоғарылап келе жатқанын байқауға болады, ал ең суық қыстың шарықтау жиілігі 2 жылдан 28 жылға дейін азайған: 1943 ж. (-16,3°C), 1945 ж. (-16,2°C), 1947 ж. (-16°C), 1954 ж. (-17,3°C), 1969 ж. (-19,4°C), 1974 ж. (17,9°C) 1984 ж. (-18,1°C) 2012 ж. (-19,6°C). Демек, бұл суық қыс маусымдарының арасындағы келесі аралықтарға сәйкес келеді: 2 жыл, 2 жыл, 7 жыл, 15 жыл, 5 жыл, 10 жыл, 28 жыл.

Графикте көріп отырғанымыздай (10-сурет) көктем маусымында орташа ауа температурасында үлкен ауытқулар болған. Жалпы бұл мезгілде ауа температурасындағы ауытқулар қалыпты болып табылады. Салыстырмалы түрде жылы көктем айлары өте салқын ауа райымен алмасып отырған. Зерттеліп отырған кезеңде 0°C төмен ауа температурасы 2 рет (1954 ж. – 0,9°C, 1960 ж. -1,2°C) тіркелген. 2000 жылдардан бастап орташа ауа температурасы 3°C төмен түспеген. Жалпы алғанда, сексен бір жыл ішіндегі көктем маусымдарының орташа ауа температурасы 1,1°C-қа жоғарлаған.

Күз мезгіліндегі орташа ауа температурасының өзгеру динамикасын графикке сүйене отырып көктем маусымымен бірдей деп тұжырымдауға болады. Зерттеліп отырған кезең аралығында орташа ауа температурасы 3,2°C болса, соңғы жиырма жылда (2001-2020) 3,9°C құрады. Ал салыстырмалы түрде 1940-1960 жылдар аралығында орташа ауа температурасы 2,2°C болған. Бұл жалпы күз маусымында да ауа температурасының көтерілу тенденциясының көрсеткіші деп тұжырымдауға негіз береді. Қыс маусымымен салыстырғанда маусымдық орташа ауа температурасы айтарлықтай өзгермеген. Зерттеліп отырған кезенде орташа ауа температурасы 0,9°C жоғарлаған.

Көктем мен күздің температуралық тенденциялары сәйкес келеді. Сонымен бірге, екі мезгілде де ауа температурасының көтерілуі мен төмендеуінің траекториясы ұқсас екендігін байқауға болады, яғни күзде және көктемде бір жылдың жоғарғы және төменгі шарықтау мәндері қайталанады. Жоғары және төмен температура шарықтаулары арасындағы аралықтар жалпы жылдық орташа температурасымен сәйкес келеді.

Басқа жыл мезгілдеріне қарағанда жаз айларының орташа маусымдық температурасының жыл сайынғы таралуы біркелкі болды, бұл жазғы ауа-райының салыстырмалы тұрақтылығын көрсетеді. Бұл үрдіс 10-суретте вертикалды түзу сызық арқылы айқын көрсетілген. Жалпы зерттеліп отырған аралықта жаз маусымының орташа ауа температурасы 19°C болды. Ең үлкен ауа температурасындағы ауытқулар ХХ ғасырдың 1940-1970 жж. аралығында тіркелген. Нақтылап айтқанда 1946-1972 жж. 16,3°C және 1947 ж. 16,1°C түсіп, орташа ауа температурасы нормасынан 3°C төмендеген. Ал жалпы зерттеліп отырған аралықта жаз мезгіліндегі орташа ауа температурасының нормадан асуы шамамен 0,3°С құрады.

Жалпы, жазғы температураның динамикасы зерттелген кезең ішінде температураның жоғарлауын көрсетпейді, яғни жаз ыстық бола түспеді деп айтуға болады. Бірақ, жаз маусымының температурасының жоғарылаған жылдардың жиілігі орташа жылдық температураның жоғарыда сипатталған тенденциясы бойынша өзгерген, атап айтқанда: 1940 жылдан 2020 жылға дейін ыстық жаз арасындағы аралықтар 1940 жылдан 1990 жылға дейін 5-15 жыл, 2000 жылдан кейін 2-3 жылға дейін қысқарған.

Сурет 10 – Ауа температурасының орташа маусымдық өзгеру динамикасы

1940-2020 жылдар аралығындағы орташа жауын-шашын мөлшерінің соңғы жылдары артқаны анықталды (11-сурет). Сызықтық тренд жауын-шашынның орташа мөлшері 275 мм-ден 420 мм-ге дейін, яғни 145 мм-ге артқанын көрсетті. Жауын-шашынның тұрақты циклі байқалмады. Зерттеліп отырған жылдар аралығында орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 342 мм құрады. Ал соңғы жиырма жыл аралығында орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 414 мм болып, орташа көрсеткіштен 72 мм жоғарлаған. Айрықша ең аз 123 мм (1951) және ең жоғарғы 548 мм (1958) орташа жылдық жауын-шашын мөлшері ХХ ғасырдың 50-ші жылдары тіркелді [193, р. 77-87].

Сурет 11 – 1940-2020 жылдар аралығындағы жауын-шашынның жылдық мөлшерінің динамикасы

Салқын маусымда жауын-шашын мөлшерінің артқандығын 12-суреттен айқын көруге болады. Сызықтық тренд салқын маусымда жауын-шашынның мөлшері 95 мм-ден 195 мм-ге дейін, яғни 100 мм-ге артқанын көрсетті. Сексен бір жыл аралығында салқын маусымдағы орташа жауын-шашын мөлшері 145 мм құрады. Ал соңғы жиырма жылда орташа жауын-шашынның мөлшері 186 мм-ге дейн жоғарлап, орташа жауын-шашын мөлшерінен 41 мм артқан. Салқын маусымдағы жауын-шашын мөлшерінің жылы маусымға қарағанда айқын артуы қыс айларындағы орташа ауа температурасының артуымен деп топшылауға болады. Осылайша, суық айлардағы жауын-шашын үрдісі жылы айлардағы жауын-шашынға қарағанда күрт өскендігін көрсетті.

Сызықтық тренд негізінде жылы (сәуір, мамыр, маусым, шілде, тамыз, қыркүйек) және салқын (қазан, қараша, желтоқсан, қаңтар, ақпан, наурыз) маусымдық жауын-шашын мөлшерін қарастырғанда кейбір айырмашылықтар анықталды (12-сурет). Сызықтық тренд жылы маусымда жауын-шашынның мөлшері 175 мм-ден 220 мм-ге дейін, яғни 45 мм-ге артқанын көрсетті. Жалпы зерттеліп отырған кезеңде жылы маусымда жауын-шашын мөлшерінің орташа көрсеткіші 202 мм болды.

Сурет 12 – Жылы және суық маусымдардағы атмосфералық жауын-шашынның динамикасы

## 3.2 Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің морфометриялық көрсеткіштері

Біз 1938, 1968 және 1973 жылдардағы қолда бар ғылыми дереккөздерді пайдалана отырып, Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің саны мен морфометриялық көрсеткіштері туралы мәліметтер жинадық және біздің жинаған деректерімізбен салыстырдық [196]. Алынған нәтижелерлер 2-кестеде жинақталған.

Кесте 2 – Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің морфометриялық көрсеткіштері

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Атауы | Зерттелген жыл | Көлдердің ауданы, км2 | Ұзындығы, км | Максималды ені, км | Орташа тереңдік (максималды тереңдік),  м | Су көлемі млн.м 3 | Жағалау сызығының ұзындығы, км | Көлдің су жинайтын алабы, км2 | Координаталары |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Сасықкөл | 1968 | 16,16 | 8 | 3,9 | 1,8 (5,5) | 25 | 23,8 | 208 | 49°37'54.6"N 72°28'50.6"E |
| 2020 | 22,3 | 8,3 | 5,0 | 2,0 (5,5) | 31 | 27,3 |
| Сопақсор | 1968 | 4,7 | 3,7 | 2,0 | (0,5) | 1,02 | 11 | 111 | 49°38'26.9"N 71°42'54.2"E |
| 2020 | 4,5 | 3,4 | 1,8 | 0,3 (0,5) | 0,8 | 8,9 |
| Шұбар | 1968 | 2,0 | 4,5 | 0,5 | (0,5) | Қ | 12,9 | 51 | 49°35'22.7"N 71°45'21.2"E |
| 2020 | 2,2 | 4,3 | 0,7 | 0,2 (0,4) | 0,4 | 13,2 |
| Көк-Домбақ | 1968 | 3,42 | 4,0 | 1,3 | (0,1) | Қ | 8,9 | 82 | 47°00'28.9"N 74°24'40.4"E |
| 2020 | 3,3 | 3,57 | 1,52 | 0,1 (0,2) | 0,3 | 8,54 |
| Ботақара | 1968 | 7,3 | 4,2 | 2,5 | 2,0 (5,0 ) | 15,0 | 10,8 | 495 | 50°06'18.4"N 73°43'35.0"E |
| 2020 | 21,1 | 7,6 | 4,1 | 2,0 (5,0 ) | 42,2 | 25,9 |
| Қайындыкөл | 1968 | 2,0 | 1,8 | 1,4 | 0,8 (1,3) | 1,6 | 4,9 | 40 | 50°15'05.5"N 74°45'30.1"E |
| 2020 | 2,1 | 2,1 | 1,4 | 1,0 (1,3) | 2,1 | 5,9 |
| Ащыкөл | 1968 | 4,5 | 2,8 | 2,2 | 1,7 (3,5) | 7,5 | 10,0 | 98 | 50°01'55.9"N 74°33'05.5"E |
| 2020 | 5,0 | 3,1 | 2,1 | 2,0 (4,0) | 10,0 | 9,0 |
| Үлкен Сарыкөл | 1968 | 1,1 | 1,5 | 1 | 2,0 (3,6) | 2,2 | 4,0 | 12 | 49°28'41.6"N 73°41'51.8"E |
| 2020 | 1,2 | 1,7 | 1,2 | 2,0 (3,6) | 2,4 | 5,4 |
| Мантен | 1968 | 2,3 | 2,4 | 1,5 | (0,15) | Қ | 6,9 | 34 | 50°10'51.5"N 73°30'39.8"E |
| 2020 | 2,4 | 2,3 | 1,53 | 0,1 (0,2) | 0,2 | 8,29 |
| Қорғанкөл | 1968 | 2,9 | 2,3 | 1,8 | 2,0 (3,0) | 5,0 | 6,8 | 69 | 50°18'42.3"N 73°46'44.3"E |
| 2020 | 4,3 | 3,1 | 2,3 | 2,0 (3,0) | 8,6 | 9,8 |
| Құмдыкөл | 1968 | 2,16 | 1,9 | 1,3 | (2,2) | 5,0 | 5,2 | 51 | 50°27'54.0"N 73°58'29.6"E |
| 2020 | 2,1 | 2,07 | 1,4 | 2,2 (3,5) | 4,6 | 5,5 |
| Арықтыкөл | 1968 | 1,6 | 1,7 | 1,4 | 2,0 (4,5) | 3,2 | 4,8 | 80 | 50°06'34.8"N 72°26'37.9"E |
| 2020 | 1,96 | 1,8 | 1,4 | 2,0 (4,5) | 3,9 | 5,2 |
| Рудничное | 1968 | 6,56 | 4,2 | 2,0 | 4,3 (8,5) | 35,8 | 15,0 | 30 | 50°13'38.1"N 74°52'15.1"E |
| 2020 | 7,4 | 4,39 | 2,0 | 4,3 (8,5) | 31,8 | 18,7 |
| Шалқаркөл | 1968 | 3,09 | 2,1 | 1,9 | 1,4 (3,5) | 4,4 | 10,5 | 33 | 50°14'21.1"N 74°54'13.7"E |
| 2020 | 2,7 | 2,4 | 1,9 | 1,4 (3,5) | 3,78 | 7,07 |
| 2-кестенің жалғасы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Батпақкөл | 1968 | 7,0 | 3,6 | 2,5 | 1,2 (2,2) | 8,0 | 9,4 | 84 | 50°36'20.3"N 74°01'18.5"E |
| 2020 | 6,3 | 3,6 | 2,3 | 1,0 (2,2) | 6,3 | 9,7 |
| Шошқакөл | 1968 | 32,0 | 8,5 | 6,7 | (1,0) | Қ | 28,3 | 360 | 49°16'57.2"N 70°49'29.5"E |
| 2020 | 26,7 | 6,7 | 5,9 | 0,2 (1,0) | 5,3 | 27,2 |
| Соркөл | 1968 | 2,1 | 3,5 | 1,2 | (1,2) | 0,92 | 8,4 | 230 | 48°33'34.7"N 70°16'47.9"E |
| 2020 | 1,9 | 2,09 | 1,2 | 0,4 (1,0) | 0,76 | 5,4 |
| Ботағанкөл | 1968 | 2,0 | 1,7 | 1,6 | (0,7) | 0,7 | 7,5 | 92 | 48°30'14.0"N 70°37'22.8"E |
| 2020 | 1,3 | 1,7 | 1,34 | 0,35 (0,7) | 0,45 | 8,9 |
| Шағырлыкөл | 1968 | 1,3 | 1,9 | 1,1 | (0,35) | Қ | 4,9 | 38 | 48°28'55.0"N 70°31'21.5"E |
| 2020 | 1,01 | 1,08 | 0,9 | 0,1 (0,3) | Қ | 4,6 |
| Жынғырлыкөл | 1968 | 1,65 | 3,4 | 0,7 | - | Қ | 9,4 | 49 | 48°18'38.7"N 70°16'13.1"E |
| 2020 | 1,44 | 3,3 | 0,8 | 0,1 (0,5) | 0,05 | 9,34 |
| Бозкөл | 1968 | 1,9 | 2,7 | 1,1 | - | Қ | 7,7 | 323 | 48°10'23.6"N 70°01'20.1"E |
| 2020 | 1,95 | 2,6 | 1,09 | - | Қ | 7,56 |
| Қабыршақты | 1968 | 5,8 | 4,0 | 2,0 | 0,9 (1,3) | 5,0 | 14,3 | 916 | 48°20'08.8"N 69°31'15.4"E |
| 2020 | 5,8 | 3,8 | 2,02 | 0,8 (1,3) | 4,62 | 12,9 |
| Биесойған | 1968 | 6,5 | 4,3 | 2,4 | (0,1) | Қ | 11 | 70 | 48°05'01.3"N 69°31'56.3"E |
| 2020 | 6,6 | 4,36 | 2,4 | 0,05 (0,1) | 0,33 | 11,4 |
| Құмкөл | 1968 | 2,9 | 2,4 | 1,7 | (0,5) | Қ | 13,7 | 203 | 48°42'32.9"N 70°36'32.3"E |
| 2020 | 1,6 | 1,7 | 1,1 | 0,1 (0,5) | 0,16 | 9,3 |
| Сасықкөл | 1968 | 4,0 | 2,7 | 2,0 | - | - | 8,3 | 75 | 49°00'33.1"N 71°27'17.0"E |
| 2020 | 4,0 | 2,6 | 2,1 | 0,2 (0,6) | 0,8 | 8,1 |
| Қарасор | 1968 | 155 | 43,5 | 7,3 | 1,1 (2,5) | 160,0 | 103,0 | 8750 | 49°52'30.1"N 75°21'48.8"E |
| 2020 | 147 | 39,2 | 8,2 | 1,1 (5,0) | 161,0 | 107,0 |
| Балықтыкөл | 1968 | 26,5 | 6,8 | 6,0 | 2,6 (3,8) | 69,0 | 25,5 | 565 | 49°47'36.3"N 75°56'07.2"E |
| 2020 | 28,7 | 6,3 | 6,1 | 2,6 (3,8) | 74,6 | 25,4 |
| Қатынкөл | 1968 | 9,5 | 5,5 | 2,3 | (3,2) | 17,0 | 16,3 | 364 | 49°44'08.9"N 75°09'00.8"E |
| 2020 | 16,2 | 7,2 | 2,3 | 2,0 (5,5) | 32,4 | 28,1 |
| Саумалкөл | 1968 | 6,5 | 3,6 | 2,7 | (2,7) | 9,0 | 13,3 | 107 | 50°02'56.3"N 75°59'46.2"E |
| 2020 | 6,6 | 3,3 | 2,9 | 1,3 (2,7) | 8,6 | 16,9 |
| Тұзкөл | 1968 | 3,0 | 4,0 | 1,1 | (0,15) | Қ | 9,2 | 39 | 49°46'24.8"N 75°39'24.2"E |
| 2020 | 2,95 | 3,8 | 1,36 | 0,1 (0,4) | 0,29 | 10,0 |
| Ащыкөл | 1968 | 1,45 | 1,7 | 1,5 | (1,2) | 1,0 | 4,8 | 10 | 49°29'34.6"N 75°13'05.0"E |
| 2020 | 1,25 | 1,3 | 1,06 | 0,6 (1,1) | 0,75 | 4,3 |
| Жартас | 1968 | 1,4 | 1,9 | 1,0 | (2,8) | 2,1 | 4,5 | 61 | 49°30'07.7"N 75°14'40.7"E |
| 2020 | 1,3 | 1,8 | 1,1 | 1,5 (2,8) | 1,65 | 6,5 |
| Шенгел | 1968 | 1,1 | 1,4 | 1,0 | (0,3) | Қ | 4,8 | 33 | 49°31'41.5"N 75°09'07.7"E |
| 2020 | 1,12 | 1,7 | 1,02 | 1,1 (2,8) | 1,2 | 5,0 |
| Қаракөл | 1968 | 3,0 | 4,0 | 1,4 | (0,05) | Қ | 10,3 | 178 | 49°43'20.4"N 76°18'11.3"E |
| 2020 | 2,17 | 1,96 | 1,53 | 0,1 (0,5) | 0,21 | 5,7 |
| Байтаркөл | 1968 | 1,15 | 2,3 | 0,8 | (1,0) | 0,5 | 5,5 | 43 | 49°36'08.3"N 75°13'08.9"E |
| 2020 | 1,76 | 2,4 | 1,4 | 2,0 (3,5) | 3,52 | 7,3 |
| Қойтас | 1968 | 1,2 | 1,4 | 1,0 | (1,1) | 0,8 | 3,7 | 10 | 49°35'25.6"N 75°08'19.6"E |
| 2020 | 1,7 | 1,67 | 1,2 | 0,8 (1,3) | 1,36 | 5,5 |
| Үлкен көл | 1968 | 2,23 | 2,3 | 1,5 | 3,0 (4,6) | 6,8 | 6,3 | 24 | 49°22'57.8"N 75°30'46.4"E |
| 2020 | 1,9 | 1,8 | 1,5 | 3,0 (4,6) | 5,7 | 6,0 |
| Ақкөл | 1968 | 1,0 | 1,8 | 0,6 | (0,4) | Қ | 4,5 | 15 | 49°46'40.1"N 75°17'07.7"E |
| 2020 | 1,01 | 1,7 | 0,7 | 0,3 (0,6) | 0,3 | 4,7 |
| 2-кестенің жалғасы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Саумалкөл | 1968 | 13,2 | 5,2 | 4,0 | (1,75) | 13,3 | 16,8 | 307 | 49°48'47.6"N 74°59'24.0"E |
| 2020 | 13,4 | 5,2 | 3,9 | 1,0 (2,7) | 13,4 | 16,6 |
| Доғалан Қарасоры | 1968 | 1,9 | 2,7 | 0,9 | (0,05) | Қ | 8,2 | 56 | 49°34'01.3"N 76°53'40.1"E |
| 2020 | 2,03 | 3,3 | 0,9 | 0,1 (0,15) | 0,2 | 8,2 |
| Сарыкөл | 1968 | 1,5 | 3,1 | 0,8 | (0,07) | Қ | 8,0 | 31 | 49°34'17.1"N 76°51'03.4"E |
| 2020 | 1,2 | 2,34 | 0,7 | 0,08 (1,0) | 0,09 | 8,3 |
| Қарасор | 1968 | 3,0 | 3,1 | 1,8 | (0,05) | Қ | 7,5 | 149 | 50°00'11.7"N 76°59'54.6"E |
| 2020 | 4,0 | 2,86 | 2,15 | 0,5 (1,2) | 2,0 | 8,42 |
| Сарықасқа | 1968 | 7,2 | 5,2 | 2,3 | 0,5 | - | 17,2 | 66 | 50°29'53.6"N 77°00'29.1"E |
| 2020 | 7,8 | 5,8 | 2,6 | 0,07 (0,5) | 0,54 | 17,2 |
| Көкөзек | 1968 | 1,68 | 2,0 | 1,3 | - | - | 7,9 | 49 | 50°40'00.1"N 77°02'50.6"E |
| 2020 | 1,8 | 2,1 | 1,4 | 0,3 (1,0) | 0,54 | 8,3 |
| Балтабек | 1968 | 3,2 | 3,3 | 1,5 | - | - | 8,7 | 62 | 50°37'09.2"N 77°04'02.4"E |
| 2020 | 3,0 | 3,33 | 1,55 | 0,2 (0,9) | 0,6 | 9,0 |
| Барақкөл | 1968 | 12,0 | 4,3 | 3,5 | 2,0 (2,9) | 24,0 | 12,5 | 82 | 49°18'52.0"N 67°16'29.7"E |
| 2020 | 11,8 | 4,2 | 3,5 | 2,0 (2,9) | 23,6 | 13,6 |
| Қоскөл | 1968 | 5,0 | 2,8 | 2,2 | 1,2 (2,3) | 7,0 | 8,0 | 56 | 49°31'01.7"N 67°03'29.8"E |
| 2020 | 4,72 | 2,8 | 2,1 | 1,2 (2,3) | 5,6 | 8,12 |
| Ащыкөл | 1968 | 16,0 | 6,2 | 4,2 | 0,8 (1,4) | 12,0 | 19,6 | 117 | 49°15'56.1"N 67°31'11.9"E |
| 2020 | 16,0 | 6,6 | 4,0 | 0,8 (1,4) | 12,0 | 18,3 |
| Қарақойын | 1968 | 75,3 | 16,3 | 8,3 | - | - | 65 | 612 | 46°07'36.8"N 68°39'52.3"E |
| 2020 | 77,1 | 12,4 | 8,5 | 0,1 (0,3) | 7,71 | 70,5 |
| Бұршақтыкөл | 1968 | 5,9 | 4,0 | 1,8 | (2,0) | 3,0 | 9,3 | 76 | 49°12'49.0"N 67°37'26.3"E |
| 2020 | 6,3 | 4,0 | 1,86 | 0,5 (2,0) | 3,15 | 10,9 |
| Кішкенекөл | 1968 | 1,5 | 1,5 | 1,0 | (0,3) | Қ | 4,9 | 39 | 49°17'20.2"N 67°39'40.8"E |
| 2020 | 2,1 | 1,9 | 1,2 | 0,2 (0,3) | 0,42 | 7,0 |
| Томармыскөл | 1968 | 2,5 | 2,4 | 1,3 | (0,5) | Қ | 6,0 | 36 | 49°17'54.5"N 67°43'45.0"E |
| 2020 | 2,3 | 1,97 | 1,5 | 0,2 (0,5) | 0,46 | 5,9 |
| Басбайтал | 1968 | 3,0 | 2,5 | 1,6 | - | - | 6,5 | 50 | 49°03'19.2"N 67°17'34.0"E |
| 2020 | 2,9 | 2,3 | 1,7 | 0,1 (0,4) | 0,1 | 6,4 |
| Қамыстыкөл | 1968 | 10,1 | 4,7 | 3,1 | (0,6) | 0,9 | 12,5 | 303 | 49°34'09.4"N 67°04'08.8"E |
| 2020 | 4,8 | 3,0 | 1,85 | 0,09 (0,6) | 0,4 | 8,4 |
| Байсүйген | 1968 | 6,5 | 4,3 | 2,4 | (0,1) | Қ | 11,0 | 70 | 48°05'09.1"N 69°31'39.9"E |
| 2020 | 6,4 | 4,2 | 2,3 | 0,05 (0,1) | Қ | 11,1 |
| Ігілік | 1968 | 1,64 | 2,0 | 1,0 | - | - | 5,0 | 58 | 47°45'56.3"N 65°00'39.3"E |
| 2020 | 1,17 | 1,65 | 0,7 | - | Қ | 4,3 |
| Қоға | 1968 | 1,22 | 2,2 | 0,7 | - | - | 4,8 | 47 | 48°45'47.7"N 65°11'44.0"E |
| 2020 | 2,0 | 2,8 | 0,9 | - | Қ | 6,5 |
| Обала | 1968 | 4,75 | 3,8 | 1,9 | - | - | 9,3 | 93 | 48°52'58.8"N 65°07'39.0"E |
| 2020 | 5,9 | 3,9 | 2,1 | - | Қ | 10,1 |
| Шошқалы | 1968 | 1,8 | 1,7 | 1,6 | - | - | 5,2 | 47 | 47°52'30.9"N 64°37'51.2"E |
| 2020 | 0,6 | 1,7 | 0,7 | 0,05 (0,1) | 0.03 | 5.6 |
| Көктенкөл | 1968 | 13,2 | 4,4 | 3,7 | 1,1 (2,5) | 13 | 16,2 | 2584 | 48°31'30.4"N 72°06'13.8"E |
| 2020 | 12,4 | 4,7 | 4,0 | 1,1 (4,0) | 13,6 | 14,1 |
| Алакөл | 1968 | 5,4 | 4,5 | 1,7 | (1,4) | 2,4 | 12,0 | 125 | 49°47'55.4"N 70°29'18.7"E |
| 2020 | 4,7 | 4,1 | 1,6 | 0,5 (1,4) | 2,3 | 10,8 |
| Сасықкөл | 1968 | 2,0 | 2,4 | 1,2 | (1,8) | 1,2 | 8,5 | 42 | 49°59'07.0"N 70°22'40.9"E |
| 2020 | 2,14 | 2,3 | 0,9 | 0,5 (1,5) | 1,07 | 7,0 |
| 2-кестенің жалғасы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Ізенді | 1968 | 5,5 | 4,6 | 1,8 | (0,7) | 1,9 | 11 | 127 | 49°51'51.7"N 70°58'13.3"E |
| 2020 | 5,8 | 4,1 | 2,2 | 0,3 (0,7) | 1,7 | 10,4 |
| Қаратомар | 1968 | 5,0 | 3,0 | 2,6 | (1,0) | 2,95 | 9,0 | 41 | 49°55'29.3"N 70°57'13.4"E |
| 2020 | 4,6 | 3,1 | 1,7 | 0,6 (1,0) | 2,76 | 8,5 |
| Тұзкөл | 1968 | 3,6 | 2,6 | 1,8 | (0,5) | Қ | 9 | 35 | 49°56'53.9"N 70°48'48.6"E |
| 2020 | 3,8 | 2,6 | 1,5 | 0,1 (0,5) | 0,38 | 10,6 |
| Алабас | 1968 | 2,0 | 2,1 | 1,4 | (0,3) | Қ | 5,9 | 43 | 49°59'13.1"N 70°50'28.1"E |
| 2020 | 2,03 | 2,0 | 1,4 | 0,1 (0,4) | 0,2 | 6,2 |
| Сейтқазы | 1968 | 1,3 | 1,7 | 1,2 | (0,15) | Қ | 4,6 | 40 | 50°02'12.0"N 70°49'20.9"E |
| 2020 | 1,6 | 1,7 | 1,27 | 0,1 (0,3) | 0,16 | 5,2 |
| Жайқопа | 1968 | 1,12 | 1,6 | 0,9 | - | Қ | 4,4 | 28 | 50°07'54.9"N 70°53'31.3"E |
| 2020 | 1,25 | 1,54 | 1,3 | 0,1 (0,2) | 0,12 | 5,5 |
| Арықты | 1968 | 1,51 | 1,8 | 1,3 | 0,9 (2,2) | 1,4 | 4,5 | 58 | 50°08'20.8"N 70°56'54.2"E |
| 2020 | 1,5 | 1,4 | 1,3 | 0,9 (2,2) | 1,35 | 6,3 |
| Арықты | 1968 | 1,65 | 2,0 | 1,5 | (2,0) | 1,4 | 6,6 | 41 | 50°20'31.6"N 71°21'48.0"E |
| 2020 | 1,8 | 1,7 | 1,2 | 0,9 (2,6) | 1,6 | 5,9 |
| Қарауқамыс | 1968 | 6,2 | 4,5 | 2,5 | (2,0) | 6,5 | 12,8 | 94 | 50°08'44.9"N 71°01'51.8"E |
| 2020 | 8,4 | 4,9 | 2,7 | 1,1 (3,0) | 9,2 | 17,05 |
| Ащысор | 1968 | 7,2 | 4,4 | 2,0 | (0,6) | 2,2 | 11,0 | 157 | 50°11'46.2"N 71°05'26.0"E |
| 2020 | 6,9 | 4,3 | 1,8 | 0,3 (0,6) | 2,07 | 11,2 |
| Қаратай | 1968 | 6,5 | 3,8 | 1,8 | (1,2) | 2,7 | 10,5 | 89 | 50°12'39.9"N 71°11'02.4"E |
| 2020 | 6,7 | 3,9 | 2,3 | 0,4 (1,0) | 2,68 | 11,2 |
| Таскөл | 1968 | 1,55 | 1,6 | 1,2 | (0,3) | Қ | 5,6 | 19 | 50°10'42.6"N 71°16'07.3"E |
| 2020 | 1,7 | 1,65 | 1,3 | 0,3 (0,9) | 0,5 | 5,8 |
| Құмкөл | 1968 | 9,1 | 4,9 | 2,8 | 1,7 (3,0) | 16 | 12,3 | 107 | 50°08'25.6"N 71°15'19.8"E |
| 2020 | 9,6 | 4,4 | 2,9 | 1,5 (3,6) | 14,4 | 13,1 |
| Жаманкөл | 1968 | 1,3 | 1,5 | 1,2 | (2,0) | 1,3 | 4,3 | 31 | 50°05'43.6"N 71°25'23.0"E |
| 2020 | 1,6 | 1,6 | 1,2 | 1,0 (2,0) | 1,6 | 4,8 |
| Байтаркөл | 1968 | 3,0 | 2,8 | 1,8 | (1,3) | 2,1 | 6,5 | 66 | 49°27'31.5"N 71°17'41.4"E |
| 2020 | 2,2 | 1,9 | 1,5 | 0,5 (1,0) | 1,1 | 5,6 |
| Сарыала | 1968 | 2,9 | 2,5 | 1,9 | 1,0 (2,5) | 2,8 | 7,0 | 33 | 50°03'22.1"N 71°46'08.0"E |
| 2020 | 3,7 | 2,7 | 1,8 | 0,9 (2,7) | 3,3 | 9,3 |
| Күренала | 1968 | 2,2 | 2,3 | 1,1 | 1,0 (2,5) | 2,2 | 6,2 | 29 | 50°00'39.7"N 71°42'38.1"E |
| 2020 | 3,7 | 3,09 | 1,7 | 1,0 (2,5) | 3,7 | 8,2 |
| Құтансор | 1968 | 16,0 | 5,7 | 3,0 | (0,4) | Қ | 33,8 | 134 | 49°45'10.9"N 71°27'55.8"E |
| 2020 | 11,3 | 3,9 | 2,6 | 0,05 (0,4) | 0,6 | 27,8 |
| Татырсор | 1968 | 4,0 | 3,2 | 1,5 | (1,3) | 2,5 | 9,3 | 71 | 49°46'46.5"N 71°28'26.4"E |
| 2020 | 5,3 | 3,32 | 1,8 | 0,5 (1,3) | 2,65 | 12,0 |
| Шөптікөл | 1968 | 6,4 | 3,4 | 2,7 | - | Қ | 9,3 | 175 | 50°22'29.4"N 71°34'05.1"E |
| 2020 | 6,1 | 3,4 | 2,7 | - | Қ | 9,7 |
| Қобыкөл | 1968 | 1,15 | 2,3 | 0,8 | (2,0) | Қ | 5,6 | 31 | 49°50'46.7"N 71°53'40.0"E |
| 2020 | 1,0 | 2,06 | 0,8 | 0,2 (1,1) | 0,2 | 5,6 |
| Тапалкөл | 1968 | 3,3 | 2,5 | 1,6 | (1,2) | 1,5 | 7,3 | 49 | 49°47'36.8"N 70°39'33.7"E |
| 2020 | 3,1 | 2,35 | 1,6 | 0,4 (1,2) | 1,2 | 7,5 |
| Балықты | 1968 | 3,2 | 3,2 | 1,6 | 1,0 (2,3) | 3,5 | 10,3 | 214 | 49°26'01.5"N 71°39'12.7"E |
| 2020 | 2,65 | 2,11 | 1,5 | 1,0 (2,3) | 2,6 | 7,24 |
| Алаботалы | 1968 | 2,5 | 3,3 | 1,2 | - | Қ | 7,8 | 28 | 49°56'17.9"N 70°53'38.0"E |
| 2020 | 5,3 | 4,36 | 1,6 | 1,2 (2,8) | 6,3 | 11,0 |
| 2-кестенің жалғасы | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Байсал | 1968 | 2,4 | 3,1 | 1,2 | - | Қ | 8,8 | 62 | 49°51'22.1"N 71°08'51.5"E |
| 2020 | 3,8 | 3,4 | 2,1 | 1,4 (3,2) | 5,3 | 9,6 |
| Тассуат | 1968 | 16,5 | 7,6 | 2,6 | (1,7) | 8,0 | 37,3 | 67 | 49°50'26.7"N 71°18'19.1"E |
| 2020 | 18,6 | 7,9 | 3,3 | 0,4 (2,3) | 7,5 | 29,6 |
| Балықшы | 1968 | 1,66 | 1,7 | 1,6 | (0,7) | 0,7 | 5,0 | 48 | 50°05'46.8"N 71°40'34.3"E |
| 2020 | 2,1 | 1,71 | 1,53 | 0,4 (0,6) | 0,84 | 6,1 |
| Жарлыкөл | 1968 | 2,0 | 2,7 | 1,6 | 1,2 (3,2) | 2,3 | 7,3 | 50 | 50°02'30.5"N 70°29'20.4"E |
| 2020 | 1,9 | 1,8 | 1,56 | 1,7 (3,5) | 3,2 | 6,4 |
| Сарыбұлақ | 1968 | 2,0 | 2,2 | 1,4 | (0,4) | Қ | 6,0 | 28 | 49°43'02.4"N 71°36'26.3"E |
| 2020 | 2,1 | 2,2 | 1,4 | 0,05 (0,4) | 0,1 | 6,2 |
| Саумалкөл | 1968 | 2,58 | 2,4 | 1,7 | (1,7) | 1,9 | 8,0 | 56 | 50°28'10.3"N 71°38'07.8"E |
| 2020 | 3,1 | 2,5 | 1,7 | 0,8 (1,7) | 2,4 | 8,4 |
| Байтуған | 1968 | 1,1 | 1,6 | 0,8 | (0,35) | Қ | 3,9 | 34 | 50°21'12.5"N 71°26'32.3"E |
| 2020 | 1,2 | 1,6 | 0,9 | 0,15(0,35) | 0,18 | 4,2 |
| Сұлуқамыс | 1968 | 2,7 | 2,9 | 1,2 | (0,15) | Қ | 6,9 | 17 | 49°51'53.9"N 71°21'38.7"E |
| 2020 | 2,8 | 2,8 | 1,27 | 0,1(0,15) | Қ | 6,93 |
| Досантомар | 1968 | 2,4 | 2,5 | 1,3 | - | Қ | 6,8 | 29 | 50°01'14.8"N 71°09'30.2"E |
| 2020 | 2,0 | 2,3 | 1,2 | 0,06 (0,3) | 0,12 | 6,8 |
| Айсакөл | 1968 | 1,08 | 2,7 | 0,6 | - | Қ | 6,7 | 25 | 50°16'42.6"N 71°39'02.7"E |
| 2020 | 1,2 | 2,7 | 0,6 | 0,02 (0,4) | 0,02 | 6,9 |
| Сор | 1968 | 5,15 | 3,0 | 2,4 | (0,6) | 1,3 | 8,7 | 81 | 50°14'58.5"N 71°19'39.0"E |
| 2020 | 5,7 | 3,26 | 2,5 | 0,3 (1,05) | 1,7 | 9,3 |
| Өстемір | 1968 | 8,8 | 5,8 | 2,4 | - | Қ | 20,5 | 127 | 49°52'18.5"N 70°41'11.9"E |
| 2020 | 8,1 | 5,9 | 2,2 | 0,05 (0,5) | 0,4 | 19,6 |
| Көрпеш | 1968 | 1,2 | 1,6 | 1,1 | (2,5) | 1,2 | 4,3 | 67 | 50°30'57.3"N 71°31'31.0"E |
| 2020 | 1,3 | 1,6 | 1,1 | 1,0 (2,5) | 1,3 | 4,6 |
| Ағаштыкөл | 1968 | 2,75 | 2,8 | 1,4 | 1,7 (2,7) | 4,3 | 7,3 | 96 | 50°09'14.6"N 72°01'21.9"E |
| 2020 | 1,88 | 2,3 | 1,2 | 1,5 (2,7) | 2,82 | 6,0 |
| Жаманкөл | 1968 | 3,0 | 2,6 | 1,6 | 1,8 (4,5) | 5,3 | 6,5 | 65 | 49°56'51.7"N 72°01'39.3"E |
| 2020 | 4,09 | 3,08 | 1,85 | 1,7 (4,5) | 6,9 | 8,55 |
| Маржанкөл | 1968 | 2,87 | 2,2 | 1,5 | 1,2 (2,2) | 2,8 | 6,5 | 64 | 50°07'06.5"N 71°53'31.4"E |
| 2020 | 2,65 | 2,1 | 1,4 | 0,9 (2,2) | 2,4 | 6,1 |
| Талдыкөл | 1968 | 2,9 | 2,8 | 1,5 | (1,5) | 2,0 | 7,0 | 37 | 50°22'56.2"N 72°07'51.2"E |
| 2020 | 3,46 | 3,07 | 1,58 | 0,6 (1,0) | 2,07 | 7,7 |
| Талдыкөл | 1968 | 2,1 | 2,2 | 1,5 | (1,0) | Қ | 5,7 | 43 | 50°53'12.1"N 73°01'02.4"E |
| 2020 | 2,5 | 2,4 | 1,52 | - | Қ | 6,58 |
| Тоқсумақ | 1968 | 6,2 | 3,2 | 2,8 | 2,0 (2,8) | 12 | 10,7 | 68 | 50°39'37.9"N 72°30'13.1"E |
| 2020 | 4,6 | 2,9 | 2,1 | 2,0 (2,8) | 9,2 | 8,3 |
| Қаракөл | 1968 | 7,15 | 4 | 2,3 | 2,0 (3,0) | 15 | 12,5 | 160 | 50°48'42.9"N 73°17'23.4"E |
| 2020 | 8,49 | 4,8 | 2,47 | 2,0 (3,0) | 16,9 | 13,2 |
| Шөптікөл | 1968 | 1,96 | 2,0 | 1,3 | (0,1) | Қ | 4,0 | 48 | 50°42'00.2"N 73°20'55.6"E |
| 2020 | 3,8 | 2,8 | 2,04 | 0,03 (0,3) | 0,1 | 8,2 |
| Қошқарлы | 1968 | 1,0 | 1,6 | 1,2 | (0,5) | Қ | 4,3 | 22 | 50°26'18.3"N 72°37'12.3"E |
| 2020 | 1,0 | 1,66 | 1,2 | 0,03 (0,5) | 0,03 | 4,9 |
| Шыбынды | 1968 | 36,0 | 8,7 | 5,4 | (0,15) | Қ | 22,6 | 617 | 50°34'04.1"N 73°40'56.4"E |
| 2020 | 30,1 | 8,5 | 5,2 | 0,2 (0,5) | 6,0 | 21,2 |
| Ескерту – Қ – зерттеу кезінде құрғап кеткен көлдер | | | | | | | | | |

Жалпы, біз зерттеген 109 көлдің ауданы бойынша 34-і (31,2%) 1-ден 2 км2-ге, 32-і (29,3%) 2,0-ден 4,0 км2-ге, 15-і (13,5%) 4,0-ден 6,0 км2, 21-і (19,2%) 6,0-дан 18,6 км2-ге және 7-нің көлемі (6,4%) 20 км2-ден астам көлдерді құрады.

Егер біз ауданы 1 км2-ден аз көптеген шағын көлдерді есепке алмасақ, онда зерттеу нәтижесінде біз барлығы 109 көлді сипаттадық және олар туралы ақпарат 1968 жылдан бері сақталған. Бұрынғы кезеңдерде мұндай жүйелі жұмыстар жүргізілмеген.

Зерттелген 109 көлдің 63-ші (58%) құрғамайтын көлдер және 46-сы (42%) кейбір жылдары құрғап кететін көлдер қатарына жатады. Зерттелген аймақтағы құрғамайтын көлдер жыл бойы су массасын сақтайды, ал құрғап кететін көлдерде жаздың соңына қарай орташа және ұсақ шалшықтар пайда болғанша су деңгейі күрт төмендейді. 1968 жылы құрғап кететін көлдердің 46-ның 38-і құрғап кетсе, ал 2020 жылы 46 көлдің 8-і ғана құрғаған [196, р. 28-39].

Көлдердің су жинау алабы аумақтары өте ұсақ көлдер үшін бірнеше шаршы километрден, ал ірі көлдер үшін бірнеше мың шаршы шақырымға дейін өзгереді. Зерттеліп отырған аумақтың солтүстігіндегі Нұра өзені алабындағы көл беті айдыны 1 км2 болатын көлдердің су жинау алабының аумағы орташа алғанда 80 км2 құраса, ал өңтүстігіндегі Сарысу өзені алабында 320 км2 құрайды. Қарасор көлінің су жинау алабы шамамен 8750 км2 [37, с. 30].

Көлдердің көпшілігінің, сонымен қатар үлкен көлдердің орташа тереңдігі 1-1,5 м. Көлдердің максималды тереңдігі орта есеппен 4,3-тен 8,5 м-ге дейін өзгеріп отырады [8, с. 34].

Көлдердің су айдыны аудандары мен су көлемін талдауға ыңғайлы болу үшін, барлық зерттелген көлдер ауданы бойынша 5 топқа бөлінді. Көлдердің тереңдігінің өзгеруі ескерілмеді, себебі көлдердің басым көпшілігінің шығу тегі ұқсас, азды-көпті біркелкі топографияда орналасқан, сондықтан көптеген көлдердің тереңдігі мен ауданына тәуелділігі ұқсас мәндерге ие. Бірақ судың жалпы көлемі бөлек есептелінді. Су көлемі көлдің орташа тереңдігі мен ауданына байланысты анықталады. Нәтижесінде 2020 жылға арналған көлдердің су көлемі және ауданы бойынша диаграмма құрастырылды (13-сурет). Сол мезетте, 1968 жылғы сол көлдер бойынша диаграмма құрастырылды, онда көлдердің аудандары әртүрлі көрсеткіштерге ие болды (14-сурет).

Бірінші топқа ауданы 2 км2-ге дейінгі 34 көл жатады, бұл су объектілерінің жалпы санының 31,2% құрайды. Бұл көлдердің жалпы ауданы 1968 жылы 24,64 км2 болса, 2020 жылы олардың жалпы ауданы 43,97 км2  құрады. Алайда, 1968 жылы бұл топтағы кейбір көлдердің құрғап кетуіне байланысты судың жалпы көлемі 30,12 млн м3 болса, 2020 жылы 36,06 млн м3 құрады. Яғни, 2020 жылы бұл топтағы көлдердің су көлемі 19,7 пайызға артқан.

Екінші топта ауданы 2-ден 4 км2-ға дейінгі 32 көл (барлық көлдердің 29,3%) құрады. Қазіргі уақытта бұл топта 1968 жылмен салыстырғанда су көлемі үлесінің 11,52 млн.м3 салыстырмалы өсуі байқалады, яғни 31,7 млн. м3-тан 43,22 млн.м3-қа дейін өскен. Бұл көлдердің жалпы ауданы сәйкесінше 1968 жылы 37,06 км2-ден 2020 жылы 84,58 км2-ге дейін өсті. Осылайша, аудан көлемі 43 пайызға, су көлемі бойынша 26,7 пайызға артқан.

Үшінші топқа ауданы 4-6 км2-гі көлдер тобы кірді. Бұл көлдер тобында судың жалпы ауданы мен көлемі бойынша ұқсас өзгерістер орын алды, атап айтқанда: 1968 жылы 62,25 км2 және 54,77 млн. м3 болса, ал 2020 жылы 64,61 км2 және 63,53 млн. м3 құрады. Бұл 2020 жылдың 1968 жылға қарағанда көлдер ауданның 3,65%-ға, су көлемінің 13,8%-ға ұлғаюын көрсетеді.

Сурет 13 – 2020 жылғы әр түрлі топтағы көлдердегі су көлемі.

Сурет 14 – 1968 жылғы әр түрлі топтағы көлдердегі су көлемі.

Ауданы 6 км2-ден 20 км2-ге дейінгі көлдер 4-ші топқа (19,2%) кірді. Бұл көлдер тобы (1968 жылы жалпы көлдердің ауданы 142,51 км2 және 2020 жылы 188,89 км2) ең көп су көлемі бар топ ретінде ерекшеленеді, яғни 1968 жылы 185,5 млн м3 және 2020 жылы 199,47 млн.м3 құрады. Пайыздық өсім ауданы бойынша 24,5% және су көлемі бойынша 7%.

Ең үлкен Қарасор көлін қоспағанда, 5 топтағы көлдер (ауданы 20 км2 астам) ерекше назар аудартады. Бұл көлдер тобының (барлық су объектілерінің 5,5%) жалпы су беті айдыны 1968 жылы 49,96 км2-ден 2020 жылы 206 км2-ге дейін өскен. Сонымен қатар су көлемінің 1968 жылы 109 млн. м3-тен 2020 жылы 166,81 млн. м3-ке дейін айтарлықтай өсуі байқалды. Яғни, көлдер ауданы 75,7%-ға ұлғайған кезде жалпы су көлемі 34,6%-ға артты.

Қарасор көлі Қарағанды облысындағы ең ірі су айдыны ретінде бөлек қарастырылуы керек. 1968 жылы көлдің ауданы 155 км2 болып, жарты ғасырдан астам уақыт ішінде 147 км2-ге дейін көлемі кішірейген. Сәйкесінше, көлдегі су көлемі 160 млн.м3-тан 151 млн.м3-ке дейін азайған. Қарасор көлі 14 өзеннің суымен қоректенеді және жалпы аймақтағы су мөлшерінің жоғарылауы аясында бұл көлдегі судың азаюының негізгі себебі осы өзендердің жазда құрғап кетуі болуы мүмкін.

Осылайша, салыстырмалы түрде ауданы 4 км2-ге дейінгі шағын көлдердің жалпы ауданы 61,7 км2-ден 128,55 км2-ге дейін, ал су көлемі бойынша 61,82 млн.м3-тан 79,28 млн.м3-қа дейін өсті. Пайыздық мәнде бұл ауданның 51,9%-ға және су көлемінің 22,02%-ға ұлғайғанын көрсетеді.

Орта және үлкен көлдерде (ауданы 4-тен 20 км2-ге дейін және одан да үлкен) ауданыда, су көлемі де айтарлықтай ұлғайған: 2020 жылы 446,27 км2 (ауданы) және 429,81 млн. м3 (су көлемі), 1968 жылмен салыстырғанда 254,72 км2 (ауданы) және 362,5 млн.м3 (көлемі). Бұл пайызбен есептегенде ауданның 42,9%-ға және су көлемнің 15,7%-ға ұлғаюы.

Диаграммадан (13-сурет) көрініп тұрғандай, әртүрлі аумақтардағы көлдеріндегі су көлемінің ұлғаюы біркелкі емес. Бұл терең көлдердегі судың аз булануымен байланысты болуы мүмкін. Су көлемінің ұлғаюының ең баяу қарқыны 4-ші топтағы көлдерде – 7%-ға, ал ең жоғары қарқынмен 5-ші топтағы көлдерде – 34%-ға су көлемінің ұлғаюы байқалды.

Айта кету керек, 4-топтағы көлдер негізінен оңтүстік аймақтарға қарағанда гидрографиялық желісі тығыз және жауын-шашыны әрқашан молырақ түсетін солтүстік аудандарда орналасқан [159, р. 1-5].

5-топтағы көлдердің ауданы да, тереңдігі де үлкен, бұл су айдынының аз булануына ықпал етеді және соңғы жылдары бұл аймақтарда жауын-шашын көбірек түсе бастаған. Сонымен қатар, жауын-шашынның мөлшері Орталық Қазақстандағы осы типтегі көлдер үшін судың жиналуының негізгі маусымдарының бірі болып табылатын қыс айларында ұлғайған [167; 197].

Жылдан-жылға су жинау алабынан көлдерге құйылатын ағынында ең үлкен өзгергіштік байқалды. Кейбір суы мол жылдары ол нормадан бірнеше есе асып түсіп, көлдердің тез толтырылуына ықпал етеді.

Жалпы алғанда, 1968 жылдан 2020 жылға дейін Орталық Қазақстандағы зерттелген барлық көлдерің ауданы (Қарасор көлін есептемегенде) 316,12 км2-ден 588,05 км2-ге дейін үлкейген, яғни 46,1%-ға өскенін көрсетті. Көлдердегі судың жалпы көлемі сәйкесінше 1968 жылы 411,09 млн м3 болса, 2020 жылы 509,09 млн м3 құрады, яғни 19,2%-ға өсті.

Құрғақ өткен жылдарда көлдерге жер үстінен түсетін су ағыны орташа ағынды жылдарға қарағанда 5-10 есе төмен болуы мүмкін. Алайда, Филонец пен Омарованың айтуы бойынша 1968 жылдың алдыңғы 1967 жылы көлдерде су көлемі аз болған [8, с. 29]. Сондай-ақ, 1968 жылы атмосфералық жауын-шашынның жалпы мөлшері небәрі 265 мм болған. 2020 жылы жалпы жауын-шашын мөлшері 483 мм болса, оның алдынғы 2012 жылдан бастап жауын-шашынның орташа мөлшері 453 мм деңгейінен түспеген. Бұл 2020 жылы көлдерде судың мол болуына ықпал еткені сөзсіз [167].

Көлдердің құрғау қарқынының, аудандары мен су көлемінің артуы су циклділігінің дәлелі болуы мүмкін. Сонымен қатар, аймақтағы жауын-шашын режимінің өзгеруі себепші болуы мүмкін. «Климат и погода» ресми сайтының мәліметінше Қарағанды және Ұлытау облыстарында, соңғы онжылдықта қыстың жылынуына байланысты аймақтың климаты айтарлықтай жылынып, жылдық орташа жауын-шашын мөлшерінің артуы байқалады. Ауаның орташа жылдық температурасының оң динамикасының ең жоғары деңгейге жетті және соңғы 20 жылда өзгергермеген. Жалпы, 81 жыл ішінде орташа жылдық атмосфералық жауын-шашын мөлшері 145 мм-ге өсті. Бұл ретте, суық айлар маусымында жауын-шашын мөлшері 100 мм-ге күрт өссе, ал жылы айлар маусымында сәйкесінше өсім 45 мм-ді көрсетті [167, 198, 199].

Орталық Қазақстанның көлдеріндегі су мөлшерінің ұзақ мерзімді циклдеріне күн белсенділігінің циклдері әсер ету ықтималдығы жоғары. Себебі, 1968 жылы көлдердегі су деңгейінің аз болуы және күн сәулесі белсенділігінің жоғары болуымен [200], ал 2020 жылы көлдердегі су деңгейінің жоғары болуы және күн сәулесі белсенділігінің төмен болуымен [201] сәйкес келгенін анықтадық (Қосымша Ә).

**3.3 Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің су балансы**

Өлшеу барысында біз Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдер бойынша гидроморфологиялық мәліметтер алдық, атап айтқанда: көлдердің ауданы, көлдердің су жинайтын алабы (Қосымша Б), сонымен қатар жыл бойына ай сайынғы жауын-шашын мөлшері мен ауа температурасы туралы ақпараттарды жинадық [202].

Су балансының құрамдас бөліктерін есептеу үшін жалпы су жинау алабы ауданы Rп (келетін территориясынан) анықталды, ол барлығы 22841 км2 құрады.

Зерттелетін көлдердің су айдынынң жалпы ауданы 770 км2 құрайды. 2021 жылғы «Қазгидромет» РМК «Тәуліктік гидрологиялық бюллетень» [203] бойынша атмосфералық жауын-шашын P жылына 255 мм (м2 үшін есептелген) құрады. Біз бұл көрсеткішті солтүстік аумақтарда жауын-шашынның 300 мм-ге дейін, ал оңтүстікте 210 мм болғанын ескере отырып, орташа есептедік.

Жауын-шашынға байланысты судың жалпы ағыны, жалпы көл ауданы мен жыл бойы жауын-шашынның биіктігіне көбейтіндісінің қосындысы болып табылады:

Жалпы ауданы (су және су жинау алабы ауданы):

22841 км2+770 км2=23611 км2

онда км2 есептегенде - жылына 255 ·106 мм (км2)

Барлығы: 23611 км2·255 ·106 мм/ км2= 6020805·106 мм

Егер 1 шаршы метрге түсетін 1 мм жауын-шашынды 1 кг су деп алатын болсақ, онда бүкіл территория бойынша жауын-шашынға байланысты су ағыны 6020805·106 кг-ға тең болады.

Өзен ағынынан келетін су ағыны Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдер үшін негізгі қорек көзі болып табылмайды. Алайда, салыстырмалы түрде үлкен Қарасор, Саумалкөл, Ботақара, Көктенкөл, Барақкөл көлдеріне өзендер құяды, олардың жалпы су шығыны 5,464 м³/с (3-кесте), бұл жылдық су ағының 172312704·103 кг құрайды.

Кесте 3 – Көлдерге құятын өзендердің су ағыны шығыны

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Көл | Өзен | Ұзындығы, км | Алабы, км2 | Су шығыны, м³/с |
| Қарасор | [Талды](https://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A2%D0%B0%D0%BB%D0%B4%D1%8B_(%D0%B2%D0%BF%D0%B0%D0%B4%D0%B0%D0%B5%D1%82_%D0%B2_%D0%9A%D0%B0%D1%80%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%80)&action=edit&redlink=1) | 71 | 1730 | 1 |
| Қарқаралы | 63 | 676 | 0,033 |
| Саумалкөл | Жарлы | 156 | 5660 | 0,32 |
| Ботақара | Құлса | 28 | 324 | 0,001 |
| Көктенкөл | Жаман-сарысу | 155 | 9200 | 0,6 |
| Барақкөл | Кара-Кенгір | 295 | 18 400 | 3,51 |
| Барлығы: | | 768 | 35990 | 5,464 |

Көлдерге құймай, аумақтан шығып кететін өзендерге Шерубайнұра, Қара-Кеңгір, Сарысу, Соқыр, Сары-Кенгір, Көкпекті және Сәтбаев каналы жатады. Осы өзендердің деректері 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4 – Қарағанды және Ұлытау облыстарының аумағынан шығатын өзендердің су ағыны шығыны

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Өзен | Ұзындығы, км | Алабы, км2 | Су шығыны, м³/с |
| Сарысу | 800 | 81600 | 7,3 |
| Көкпекті | 21,6 | 530 | 0,1 |
| Соқыр | 157 | 4350 | 1,4 |
| Кара-Кеңгір | 295 | 18400 | 3,51 |
| Шерубайнұра | 281 | 15400 | 2,9 |
| Сатпаева атындағы канал | 459 | 11660 | 1,8 |
| Сары-Кенгір | 143 | 3880 | 0,7 |
| Барлығы: | 2156,6 |  | 17,71 |

Орташа су көлемі жоғары болған кезде, бұл өзендер үшін барлық су шығыны 17,71 м³/с құрайды. Бұл жылдық 558502560·103 кг су шығынына сәйкес келеді.

Жер үсті суларының булануын есептеу үшін әр айдағы ауа температурасының мәндері табылды, сәйкесінше айлық булану мөлшері есептелді (5-кесте). Осы мақсатта есептеулер үшін көлдерді мұз баспайтын сәуірден қазан айына дейінгі 6 ай алынды. Желдің орташа жылдамдығы (В) 17 км/сағ деп қабылданса, ауаның орташа салыстырмалы ылғалдылығы (μ) 53% деп алынды.

Кесте 5 – Жер үсті суларынан булану

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Айлар | Ауа темпера  турасы t | Тәуліктік  булану Е, мм  Е1, м2 | e0 = μЕ1/ 100 | Нбул = 11,6 (Е1– E0 ) · В · t | Көлдердің ай сайынғы булануы 770км, (кг) | Өзендердің ай сайынғы булануы  8,7738 км2, (кг) |
| Сәуір | 6,7 | 10,026 | 5,31378 | 55,39 | 42650300000 | 485980782 |
| Мамыр | 17,1 | 19,390 | 10,2767 | 107,13 | 82490100000 | 939937194 |
| Маусым | 17,6 | 20,654 | 10,94662 | 114,11 | 87864700000 | 1001178318 |
| Шілде | 21,4 | 24,889 | 13,19117 | 137,51 | 105882700000 | 1206485238 |
| Тамыз | 19,8 | 23,400 | 12,402 | 129,28 | 99545600000 | 1134276864 |
| Қыркүйек | 10,9 | 13,135 | 6,96155 | 72,57 | 55878900000 | 636714666 |
| Қазан | 2,9 | 1,070 | 0,5671 | 5,91 | 4550700000 | 51853158 |
| Барлығы |  | 112,564 | 59,65892 | 621,90 | 478863000000 | 5456426220 |

Сонымен, зерттелетін көлдердің жалпы су бетінің булануы жылына 478863000000 кг суды құрайды.

Өзендердің жалпы ауданын есептеу үшін біз өзеннің орташа енін 0,003 км ретінде алдық, ал барлық өзендердің жалпы ұзындығы 2924,6 км-ді құрады. Есептеу нәтижесінде өзендердің жалпы ауданы 8,7738 км2 болды. Осы мәндерді алып есептеген кезде бұл аумақтан булану 5456426220 кг су болады.

Көлдер мен өзендердің су бетінен жалпы булану мөлшері 484319426220 кг суды құрады.

Кесте 6 – Ылғалданған өсімдік жамылғысының жалпы булануын есептеуге арналған көрсеткіштер

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Көктем, жаз, күз айлары | Ауаның орташа айлық температурасыŌ | Берілген айдағы күндізгі жарық уақытының ұзақтығы (Х) | Жылдық сағат саны (Y) | *Р=X/Y* | Р ( Ō +17,8) |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Сәуір | 6,7 | 390 | 8760 | 0,04452 | 1,0907 |
| Мамыр | 17,1 | 434 | 8760 | 0,04954 | 1,7587 |
| Маусым | 17,6 | 480 | 8760 | 0,05479 | 1,9395 |
| Шілде | 21,4 | 496 | 8760 | 0,05662 | 2,2195 |
| Тамыз | 19,8 | 434 | 8760 | 0,04954 | 1,8627 |
| Қыркүйек | 10,9 | 360 | 8760 | 0,04109 | 1,1792 |
| 6-кестенің жалғасы | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Қазан | 2,9 | 341 | 8760 | 0,03892 | 0,8056 |
| Барлығы: ∑ Р ( Ō +17,8) =10,8559 | | | | | |

6-кестеде, ылғалданған өсімдік жамылғысының жалпы булануын, өсімдіктердің вегетациялық кезеңінің де сәуірден қазанға дейін келетіндігіне негізделе отырып есептелінді. Буланудың бұл түрін табу үшін ауаның орташа айлық температурасының Ō көрсеткіштері, алынған айдағы күндізгі жарықтың ұзақтығы (X) [204] және жылдық сағат қосындысы (Y) мәндері жинақталды. Біз әр ай үшін жеке-жеке белгілі бір айдағы күндізгі сағат ұзақтығының жылдық сағат қосындысына қатынасын және P (Ō +17,8) анықтадық.

Біз жылына сәуірден қазан айына дейін 2935 күндізгі сағатты есептедік.

Вегетациялық кезеңдегі алқаптардың жалпы булануы келесі формуламен есептеледі: E0 = 45,8 К ∑ Р(Ō +17,8).

Жайылымдық өсімдіктер үшін К 0,75 -ке [173, с. 43] тең, бұл жағдайда Е0 = 45,8 ·0,75· 10,8559 =3719,24 мм/ м2=372,9 ·106 кг/ км2.

Жалпы барлық су жинау алабынан : Е0 = 22841 км2 · 372,9·106 кг/ км2= 8517408,9 ·106 кг.

Алайда Қарағанды және Ұлытау облыстарының көлдерінің су жинау алабы біркелкі проекциялық жамылғы тығыздығымен ерекшеленбейтінін ескеру қажет. Жалпы проекциялық жамылғыны біз 100% шкала бойынша визуалды түрде бағаладық [205]. Бірдей су жинау алаңында аумақтың 5%-ы эрозиялық учаскелер немесе шөлейттену элементтері бар ашық сортаң учаскелер болуы мүмкін, сондай-ақ өсімдіктер өсетін жерлерде жалпы проекциялық жамылғы 70%-дан 90%-ға дейін өзгеріп тұрды. Осыған байланысты, өсімдіктердің суды буландыруының түпкілікті есептеуінде орташа проекциялық жамылғы 76,2% деп есептелді. Осылайша, теориялық мән 8517408,9 · 106 кг болса, оның 76,2%-ы 6490265,5818 · 106 кг құрайды.

Қар жамылғысының бетінен тәуліктік булану 7-кестедегі көрсеткіштер бойынша есептелді: u10 - желдің жылдамдығы, Т - ауаның орташа температурасы, e2 - жер бетінен 2 м биіктіктегі су буының серпімділігі, e\*2 - жер бетінен 2 м биіктіктегі ауа температурасындағы қаныққан су буының серпімділігі; Δe – e\*2 мен e2 арасындағы айырмашылық.

Кесте 7 – Қар бетінен тәуліктік булануды есептеу көрсеткіштері

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Қыс айлары | Жел жылдамдығы u10 | Δe  г/м3 | Т, С0 | e\*2  макс. | e2 нақты мәні |
| Қараша | 4,3 м/с | 1,37 | -5,4 | 4,1 | 2,73 |
| Желтоқсан | 4,7 м/с | 5,14 | -7,7 | 7,7 | 2,56 |
| Қаңтар | 4,8 м/с | 2,19 | -15,5 | 3,43 | 1,24 |
| Ақпан | 4,7 м/с | -0,311 | -10,4 | 1,83 | 2,141 |
| Наурыз | 4,9 м/с | 1,02 | -6,8 | 3,67 | 2,65 |

Қарағанды және Ұлытау облыстарында қар жамылғысы қарашадан наурыз айына дейін 5 айға созылады. 8-кестеде осы айлардағы қар жамылғысынан булану деректері келтірілген. Ал 1 шаршы километрге барлық айлардағы булану есептелді: 15,672 · 106 м3/км2.

Кесте 8 – Айлар бойынша қардың булану деректері

|  |  |
| --- | --- |
| Е қараша = 0,09 м3 | 0,09·30=2,7 |
| Е желтоқсан=0,26 м3 | 0,26·31=8,06 |
| Е қаңтар = 0,10 м3 | 0,10·31=3,1 |
| Е ақпан = -0,016 м3 | -0,016·28=0,448 |
| Е наурыз = 0,044 м3 | 0,044·31=1,364 |
|  | Е барлығы = 15,672 м3/1 м2  немесе 15,672 ·106 м3/км2 |

Бүкіл аумақтан жалпы булануы тең: 15,672 ·106 м3/км2 · (22841+770) км2=370031,6·106 г =370031,6·103 кг.

Суық айлар сәуір мен қазан айларын E=E0 ретінде қабылдауға болады.

Қарағанды және Ұлытау облыстарының аумағы бойынша орташа есеппен алғанда топырақтың метрлік қабатындағы өнімді ылғал қорының орташа эталондық мәні w0 = 100 мм құрайды. Айлар бойынша есептелген деректер енгізілген 9-кестеде келтірілген.

Мамыр, маусым, шілде, тамыз, қыркүйек айларындағы атмосфералық жауын-шашынның айлық мөлшері (y) 29, 25, 19, 20, 29 мм-ді құрады.

Кесте 9 – Топырақ жамылғысынан буланудың болжамды жылдамдығы

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Шамалардың таңбалары және есептеу элементтері, мм. | Cәуір | Мамыр | Маусым | Шілде | Тамыз | Қыркүйек | Қазан |
| х | 45+195 | 53 | 66 | 80 | 66 | 54 | 51 |
| у | 164 | - | - | - | - | - | - |
| et | 8,4 | 14,6 | 18,4 | 21,2 | 19,0 | 13,1 | 8,6 |
| d = et –e | 1,8 | 5,4 | 5,6 | 6,1 | 4,7 | 2,7 | 1,4 |
| E0 | 51 | 107 | 120 | 117 | 93 | 56 | 26 |
| w0 | 200 | 170 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 |
| 2 w0 | 400 | 340 | 300 | 300 | 300 | 300 | 300 |
| w1 | 200 | 225 | 171 | 121 | 110 | 108 | 119 |
| w1b | 174 | 154 | 103 | 73 | 76 | 88 | 109 |
| w2=с/а кезінде (w1 + w2) /2 < w0 | 222 | 157 | 121 | 110 | 108 | 119 | 147 |
| a=1 + Е0 /(2 w0) | 1,128 | 1,315 | 1,400 | 1,390 | 1,310 | 1,187 | 1,087 |
| b = 1–Е0 /(2 w0) | 0,872 | 0,685 | 0,600 | 0,610 | 0,690 | 0,813 | 0,913 |
| с=w1 b+x0 – y0 | 250 | 207 | 169 | 153 | 142 | 142 | 160 |
| Е=Е0 (w1 + w2)/(2w0) | 51 | 120,2 | 116,8 | 90,09 | 67,58 | 42,3 | 23 |
| Барлық айлардағы жалпы булану мөлшері Е=510,97 мм немесе 510,97·106 кг/км2 | | | | | | | |

Су жинау алабын қоса есепке алғанда бүкіл аумақтағы топырақтан булану 22841 км2 · 510,97 · 106 кг/км2 = 11671066 · 106 кг-ды құрады.

Жер асты көздерінен келетін судың негізгі шығынын аумақтың жалпы су балансы негізінде есептеуге болады:

Су беті мен бассейнінің аумағына түсетін жауын-шашын + көлдерге құятын өзендердің жылдық ағыны + жер асты көздерінен келетін су = жер үсті суларының булануы + қар жамылғысының булануы (қараша-наурыз) + өсімдіктердің жалпы ауданнан булануы (сәуір - қазан) + топырақ жамылғысының булануы + облыстан шығатын өзендердің жылдық ағыны.

Бұл теңдеуден X жер асты көздерінен алынатын кірісті келесі түрде есептеп алуға болады:

X = (жер үсті суларының булануы + қар жамылғысының булануы (қараша-наурыз) + өсімдіктердің жалпы ауданнан булануы (сәуір-қазан) + топырақ жамылғысының булануы + облыс аумағынан шығатын өзендердің жылдық ағыны) – (жер үсті суларының аумағына мен бассейнге жауын-шашынның түсуі + көлдерге құятын өзендердің жылдық ағысы).

Осылайша, біз суды килограммда аламыз:

6020805000000 + 172312704000 + Х = 484319426220 + 370031600 + 6490265581800 + 558502560000 + 1167106600000

Сонда жер асты суларының үлесіне X = 2507446495620 кг су массасы келеді.

Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің су балансының құрамдас бөліктері туралы мәліметтер 10-кестеде келтірілген.

Кесте 10 – Қарағанды және Ұлытау облыстарының су балансы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Су режимінің көрсеткіші | Мәні | Су балансынан үлесі, % |
| Су жинау алабы R пр | 22841 км2 | - |
| Көлдердің аумағы S | 770 км2 | - |
| Жалпы аумақ: R+S | 23611км2 | - |
| Атмосфералық жауын-шашын Р | 255 мм/м2 немесе 255 ·106 мм/км2 | - |
| Жалпы су бетіне аумағына және бассейнге жалпы келетін атмосфералық жауын-шашын мөлшері | 6020805000000кг | 69,21 |
| Көлдерге құятын өзендердің жалпы жылдық ағыны | 172312704000 кг | 1,98 |
| Жер асты көздерінен түсетін болжамды ағын | 2507446495620 кг | 28,81 |
| Жер үсті суларынан булану | 484319426220 кг | 5,57 |
| Жалпы аудандағы қар жамылғысының булануы (қараша-наурыз). | 370031600 кг | 0,004 |
| Өсімдіктердің булануы (сәуір-қазан) | 6490265581800 кг | 74,59 |
| Аумақтан шығатын өзендердің жалпы ағыны | 558502560000 кг | 6,42 |
| Топырақтан булану | 1167106600000 кг | 13,41 |
| Жалпы баланс (кіріс немесе шығыс) | 17401128399240 кг | 100 |

Осылайша, егер есептелмеген факторлардың мәнінің маңыздылығы шамалы деп есептелетін болса, жалпы ауданы 23611 км2 зерттелетін аудандағы жылдық су балансының жалпы мөлшері шамамен 17401128399240 кг суды құрайды. Су балансын есептеу қортындысында, судың ең көп мөлшері жауын-шашыннан – 69,21% және жер асты суларынан – 28,81% келетінін көрсетті. Аумақтан ең көп су шығыны, өсімдіктердің белсенді булануы – 74,59% және топырақтан булану – 13,41% есебінен екендігі анықталды.

Өсімдіктердің белсенді және топырақтан булану мөлшері түсетін жауын-шашын мөлшерінен әлдеқайда асып түсті, бұл көлдердің көпшілігі жер асты суларымен қоректенетінін көрсетеді.

Су балансының тұрақты тепе-теңдігі кезінде жерасты суларының қоры атмосфералық жауын-шашынмен толықтырылуы тиіс. Бірақ біздің есептеулеріміз бойынша жауын-шашын тапшылығы 3,4%-дан 18,79%-ға дейін жетеді, себебі көршілес аумақтардан миграцияланатын жерасты суларының көлемі белгісіз болғандықтан, нақты сандарды көрсету қиын. Дегенмен, егер су балансында жерасты суларының шығыны судың түсуімен толықтай теңестірілмесе, бұл Орталық Қазақстан көлдері үшін жақын арада су деңгейінің төмендеуіне алып келуі мүмкін.

## 3.4 Үлкен Сарыкөл көлінің экологиялық жағдайын зерттеу

Қарағанды облысының көлдерінің көпшілігінің шығу тегі, географиялық-климаттық жағдайлары, гидрологиялық және гидрохимиялық режимдері ұқсас. Бұл негізінен суффузиялық көлдер, олардың көпшілігі ағынсыз, еріген қар және жер асты су көздерімен қоректенеді [34, с. 45-47]. Облыс аумағындағы көлдердің су жинау алабына мал жайылымы ретінде пайдалану, ауылдық елді мекендердің орналасуы және аз да болса кәсіп орындарындардан шығатын қалдықтар зиян келтіруі мүмкін.

Үлкен Сарыкөл көлі аласа төбелер арасындағы ойпатта орналасқан. Теңіз деңгейінен биіктігі 689 м. Көлдің жағасы тегіс және түбі қара түсті лайлы. Топырақтың негізгі түрлері: қызыл және сұр сазды және кей жерлерде сұр құмтас. Үлкен Сарыкөл көлінің зерттеу кезіндегі гидрологиялық сипаттамасы келесі көрсеткіштермен берілген: көлдің ауданы 0,75 км2, көлдің ұзындығы 1,5 км, ені 1,0 км, көлдің максималды тереңдігі 5 м, орташа тереңдігі 2,2 м., су көлемі 2,7 млн.м3 және су жинау алабы ауданы 12 км2. Су жинау алабы ауылшаруашылығы мақсатында пайдаланылады. Көл негізінен қар және жер асты суларымен қоректенеді. Бұл себепті, көлдің құрғағаны байқалмағанымен, бірақ жергілікті тұрғындардың айтуынша, кей жылдары су деңгейі күрт төмендеп, жағалау сызығы 10 метрге дейін қысқарған. Далалық аймақта орналасқан кішігірім көл, өзінің үлкен аумағына қарамастан жазда өзінің тереңдігін сақтайтынын ескерсек, көл өзінің жоғары суы мол кезеңін бастан кешіруде деп есептеуге болады. Жағалау бойындағы су өсімдіктерінің қопалары шамамен 40 гектарды алып жатыр.

*Гидрохимиялық зерттеулер*

Үлкен Сарыкөл көліндегі су үлгілерінің химиялық талдауы 11-кестеде келтірілген. Көлдің суы лайлы, түсі сәл сарғыш, жағымсыз иісі жоқ. Судың мөлдірлігінің төмен болуы шағын гидробионттардың жаппай дамығандығын көрсетуі мүмкін. Су бетінен мұнай өнімдері және әр түрлі майлардың қабықшалары немесе басқа да зиянды қоспалардың жинақталуы табылған жоқ. Зерттелген кезеңдегі көлдің су температурасы 3-тен 26°С-қа дейін болды.

Көлдің суы аздап тұщы, натрий-гидрокарбонатты-хлоридті типті, қышқылдығы бейтарап, аздап сілтілі (рН-7,5). Бұл судың минералданғанын және батпақтану процестерінің жоқтығын көрсетеді [206].

Кесте 11 – Үлкен Сарыкөл көлінің жер үсті суы сынамаларының талдау нәтижелері

|  |  |
| --- | --- |
| Көл суының химиялық құрамы | Концентрациясы |
| 1 | 2 |
| Na | 0,724 г/л |
| K | 0,028 г/л |
| Ca | 0,112 г/л |
| Mg | 0,041 г/л |
| HCO3 | 0,42 г/л |
| CO3 | 0,05 г/л |
| SO4 | 0,54 г/л |
| Cl | 0,66 г/л |
| Fe | 0,052 г/л |
| Hg | жоқ |
| Pb | жоқ |
| pH | 7,5 |
| O2 | 8,8 мг/л |
| CO2 | 11,2мг/л |
| Кермектілік | 5,4 бір.к |
| Мөлдірлік | 0,6 м. |
| Құрғақ қалдық | 2,3 г/л |
| Биохимиялық оттегінің 5 күндік шығыны БОШ5 | 1,5 мг О2/дм3 |

Жазда балық аулау мақсатындағы су объектерінде суда еріген оттегінің мөлшері кемінде 6 мг/дм3 болуы керек, ал Үлкен Сарыкөл көлінде 8,8 мг/л. көрсетті. Көмірқышқыл газы мен БОШ5 мөлшері де қалыпты: сәйкесінше 11,2 мг/л және 1,5 мг O2/л. Осылайша, су оттегімен жақсы қаныққан, ал көмірқышқыл газының мөлшері жоғары емес. Судың орташа кермектігі 5,4 бір.к. құрады. Көл суынан ауыр металдар сынап пен қорғасын табылмады. Жалпы судың гидрохимиялық құрамы мен қышқылдық және сілтілік ортаның тепе-теңдігі балық шаруашылығы үшін қолайлы [207].

*Көл түбі шөгінділерінің құрамын талдау*

Үлкен Сарыкөл көліндегі анықталған компоненттердің салыстырмалы таралуы 12-кестеде көрсетілген.

Кесте – 12 Топырақтағы негізгі түп шөгінділерінің көрсеткіштері

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Көрсеткіштердің атауы, өлшем бірлігі | Нақты сынақ нәтижелері, өлшем бірлігі | ШРК шегінен асуы |
| Азот нитраты, мг/кг | 4,00 | төмен |
| Жылжымалы фосфор, мг/кг | 43,38 | жоғары |
| Жылжымалы күкірт, мг/кг | 99,08 | жоғары |
| Гумус, % | 5,19 | төмен |
| Жылжымалы калий, мг/кг | 557,3 | жоғары |
| Еріген темір, мкг/л | 240 | - |
| рН (KCl) | 7,01 | бейтарап |
| Су сығындысындағы кальций мг-экв/100 г. | 11,75 (0,235%) | - |
| Су сығындысындағы магний, мг-экв/100 г. | 2,00 (0,0244%) | - |
| Натрий, мг-экв/100 г. | 7,62 (1.75%) | - |
| Хлоридтер, ммоль/100 г. | 2,2 (0.0781%) | - |
| Сульфаттар, ммоль/100 г. | 4,1 (0,197%) | - |
| Электр өткізгіштік, мкСм/см | 1980 | - |
| Су сығындысындағы карбонаттар, мг-экв/100г | Анықталмады | - |
| Су сығындысындағы гидрокарбонат тар, мг-экв/100 г. | 166,9 (10,2%) | - |
| Тығыз су сығындысының қалдығы | 1,212% | - |
| Топырақтағы органикалық көміртегі | 1,16% | - |

Жалпы, су түбі шөгінділері бейтарап ортаға ие. Тұнба үлгілері тұзды, тұздылық түрі содалы және гумус аз. Су түбі шөгінділердегі калийдің жоғарылығын атап өтуге болады – 557,3 мг/кг және фосфор мөлшеріде жоғары – 43,380 мг/кг. Көл түбіндегі шөгінділерде нитраттардың жоғары мөлшері анықталған жоқ. Бұл су объектісі түбіндегі шөгінділердегі сульфаттардың орташа мөлшері 4,1 ммоль/100 г-ды құрады. Бұл ретте жылжымалы күкірттің концентрациясы 99,08 мг/кг-ды құрады. Бұл сульфаттың белсенді азаюын көрсетеді [208].

*Гидробиологиялық зерттеулер*

Үлкен Сарыкөл көлінде жағалау су өсімдіктері ретінде кәдімгі қамыс (*Phragmítes austrális*) өседі. Қоға (*Typha angustifolia*) шашыраңқы шоғырлармен өседі, қамыс жоқ, қияқ *(Cārex)* жеке үлгілерде кездеседі. Суға батып өсетін өсімдіктер: канадалық элодея *(Elodea canadénsis)*, егеушөп *(Myriophýllum spicátum)*, суға батқан мүйізтұмсық *(Ceratophýllum demérsum)* және тарақ тоған *(Stuckenia pectinata)* ұсақ қопаларда таралған.

Үлкен Сарыкөл көлінен алынған сынамада фитопланктондардың барлығы 33 түрі анықталды: *Bacillariophyta* бөлімінен - диатомды балдырлар: *Amphora ovalis Kütz*; *Cymbella sp*; *Cyclotella sp*; *Diatoma ehrenbergii Kützing***;** Chaetoceros wighamii *Bright*; *Fragilaria sp*; *Gyrosigma attenuatum* *Kuetz*.; *Melosira sp*; Navicula rhynchocephala *Kuetz*., Stephanodiscus astraea *Ehr*.; *Pinnularia sp*; *Synedra sp; Tabellaria sp*; *Chlorophyta* бөлімінен – жасыл балдырлар: *Chlorella vulgaris* [*Krauss*](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert_Wallfar_Krauss&action=edit&redlink=1); *Crucigenia tetrapedia Kirchner; Lagerheimia sp; Monoraphidium sp; Oocystis; Pediastrum sp; Scenedesmus longus* *Meyen*; *Schroederia* *Lemmermann; Spirogyra maxima Hassall; Treubaria triappendiculata C.Bernard;* *Cyanophyta* бөлімінен - көк-жасыл балдырлар: *Aphanizomenon gracile**Lemmerm*.; *Gomphosphaeria aponina Kütz*; *Microcystis aeruginosa Kütz; Oscillatoria chalybea*  *Mertens; Oscillatoria proboscidea* Gomont; *Xanthophyta* бөлімінен– сары-жасыл балдырлар: *Tribonema viride* *Pascher*; *Euglenophyta* бөлімінен – эвглена балдырлары: *Lepocincli sp* (13-кесте).

Ең көп таралған түрлері: *Cyclotella sp*, *Melosira sp., Stephanodiscus* astraea  *Ehr*.*, Aphanizomenon gracile**Lemmerm*.*, Microcystis aeruginosa* *Kütz.*

Кесте 13 – Үлкен Сарыкөл көлінде анықталған фитопланктон түрлерінің әртүрлілігі және олардың кездесу жиілігі

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Түр | Көрсеткіштің маңызы | Салыстырмалы кездесу жиілігі |
| 1 | 2 | 3 |
| *Bacillariophyta* – диатомды балдырлар | | |
| *Amphora ovalis Kütz* | 1 | 3 |
| *Cymbella sp* | 2 | 4 |
| *Cyclotella sp* | 2 | 3 |
| *Diatoma ehrenbergii* *Kützing* | 2 | 2 |
| Chaetoceros wighamii *Bright* | 2 | 3 |
| *Fragilaria sp* | 2 | 4 |
| *Gyrosigma attenuatum* *Kuetz* | 2 | 2 |
| *Melosira sp* | 2 | 5 |
| Navicula rhynchocephala *Kuetz* | 2 | 5 |
| Stephanodiscus astraea  *Ehr.* | 2 | 5 |
| *Pinnularia sp* | 1 | 1 |
| *Synedra sp* | 2 | 4 |
| *Tabellaria sp* | 1 | 2 |
| *Chlorophyta* – жасыл балдырлар | | |
| *Chlorella* vulgaris [*Krauss*](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert_Wallfar_Krauss&action=edit&redlink=1) | 3 | 3 |
| *Crucigenia tetrapedia Kirchner* | 2 | 1 |
| *Lagerheimia sp* | 3 | 2 |
| *Monoraphidium sp* | 1 | 1 |
| *Oocystis sp.* | 2 | 3 |
| *Pediastrum sp* | 2 | 2 |
| *Scenedesmus longus* *Meyen* | 2 | 4 |
| *Schroederia* Lemmermann | 2 | 1 |
| *Spirogyra maxima* Hassall | 2 | 5 |
| *Treubaria triappendiculata* C. Bernard | 2 | 1 |
| *Cyanophyta* – көк-жасыл балдырлар | | |
| *Aphanizomenon gracile**Lemmerm*. | 2 | 5 |
| *Gomphosphaeria aponina*  *Kütz* | 2 | 4 |
| *Microcystis aeruginosa* *Kütz* | 2 | 4 |
| *Oscillatoria chalybea  Mertens* | 3 | 2 |
| *Oscillatoria proboscidea Gomont* | 2 | 3 |
| *Xanthophyta* – сары -жасыл балдырлар | | |
| 13-кестенің жалғасы | | |
| 1 | 2 | 3 |
| *Tribonema viride Pascher* | 2 | 3 |
| *Euglenophyta* – эвглена балдырлары | | |
| *Lepocincli sp* | 2 | 1 |

Үлкен Сарыкөл көліндегі зерттелген су β-мезосапробты аймаққа жатқызылды (14-кесте). Осылайша, зерттелген су объектісінің суы эвтрофикацияға ұшырауға бейім, яғни көлдің өзін-өзі тазарту әлеуеті төмен.

Сонымен қатар, фитопланктондардың жалпы саны бойынша таңдалған аумақтың трофикалық дәрежесі мезотрофты болып табылады, себебі зерттелген 1 литр суда 3,85-20 млн. жасуша/л аралығында анықталды.

Кесте 14 – Көлдегі фитопланктонның сандық көрсеткіштері

|  |  |
| --- | --- |
| Көрсеткіштер | Үлкен Сарыкөл |
| Фитопланктондардың жалпы саны (мың жасуша/см³) | 12,19 |
| Жалпы биомасса мг/дм³ | 3,21 |
| Сапробтілік индексі | 2,0 |

Зоопланктондардың арасында омыртқасыз жануарлардың 19 түрі анықталды (15-кесте). Коловраткалардың *Rotifera* 10 түрі анықталды: *Brachionus urceus* *Linnaeus*, *Cephalodella sp.,* *Synchaeta cecilia* *Rousselet*, *Aslanchna girodi* *Guerne*, *Lecane luna* *Muller*, *Euchlanis dilatata* *Ehrenberg*, *Trichocerca elongate* *Gosse*, *Trichothria pocillum* *Muller*, *Testudinella patina intermedia* *Anderson*, *Keratella quadrata* *Muller*. Аша мұрт шаяндарының *Cladocera* 5 түрі анықталды: *Daphnia cucullata* *Sars*, *Diaphanosoma orghidani* *Negrea*, *Alona costata* Sars, *Bosmina longirostris* *Muller*, *Pleuroxus aduncus* *Muller*. Ескекаяқты шаянтәрізділердің *Copepoda* 4 түрі анықталды: *Nitocra lacustris* *Schmank*, *Eurytemora affinis Poppe*, *Eucyclops macrurus* *Sars*, *Paracyclops affinis* *Sars*.

Кесте 15 – Үлкен Сарыкөл көлінде анықталған зоопланктон түрлерінің әртүрлілігі және кездесу жиілігі

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Түр | Көрсеткіштің маңызы | Салыстырмалы кездесу жиілігі |
| *Rotifera* коловраткалары | | |
| *Brachionus urceus Linnaeus* | 1 | 3 |
| *Cephalodella sp.* | 3 | 3 |
| *Synchaeta cecilia Rousselet* | 1 | 2 |
| *Aslanchna girodi Guerne* | 1 | 1 |
| *Lecane luna Muller* | 2 | 5 |
| *Euchlanis dilatata Ehrenberg* | 2 | 4 |
| *Trichocerca elongate Gosse* | 1 | 1 |
| *Trichothria pocillum Muller* | 2 | 5 |
| *Testudinella patina intermedia Anderson* | 2 | 5 |
| 15-кестенің жалғасы |  |  |
| 1 | 2 | 3 |
| *Keratella quadrata Muller* | 3 | 3 |
| *Cladocera* Аша мұрт шаяндары | | |
| *Daphnia cucullata Sars* | 3 | 2 |
| *Diaphanosoma orghidani Negrea* | 2 | 4 |
| *Alona costata Sars* | 1 | 2 |
| *Bosmina longirostris Muller* | 3 | 2 |
| *Pleuroxus aduncus Muller* | 2 | 5 |
| *Copepoda* Ескекаяқты шаянтәрізділер | | |
| *Nitocra lacustris Schmank* | 2 | 3 |
| *Eurytemora affinis Poppe* | 2 | 3 |
| *Eucyclops macrurus Sars* | 1 | 2 |
| *Paracyclops affinis Sars* | 1 | 2 |

Зообентостардың анықталған түрлері: шаян тәрізділерден *Gammarus lacustris*, моллюскалар арасынан *Planorbis complanata Draparnaud, Pl.contortus Rudolphi, Pl.planorbis Muller, Sphaerium corneum Linnaeus, Valvata piscinalis Müller, Lymnaea auricularia Linnaeus, Pisidium casertanum Poli, Sphaerium solidum Normand*. Жәндіктердің дернәсілдерінен *Chaoborus sp., Hydroporus sp., Rhantus sp., Corixa sp.*

Зоопланктондардың жалпы сандық көрсеткіштері 16-кестеде берілген, одан түрлердің жалпы саны 8,80 мың дана/м3 және биомассасы 8,57 г/м3 екенін көруге болады. Көлдің трофикалық деңгейі β-мезотрофты.

Кесте 16 – Зоопланктондардың көптігі және биомассасы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Барлығы | | | Трофикалық деңгей | Доминант түрлер (топтар) |
| түрлердің саны | саны, мың дана/м3 | биомасса, г/м3 |
| 18 | 8,80 | 8,57 | S=2,44  β-МТ | *Rotifera,*  *Cladocera, Copepoda* |

Жәндіктерден жартылай қатты қанаттылар *Hemiptera sp.* басым кездеседі.

Зообентостардан *Gammarus lacustris және Hemiptera sp.* түрілері басым (17-кесте). Зообентостардың саны м2-қа 41 дана келсе, биомассасы бойынша м2-қа 8,34 г келетіні анықталды. Бұл да көлдің β-мезотрофты қоректену түріне жататынын көрсетеді.

Кесте 17 – Зообентостардың саны мен биомассасы

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Су объектісі | Саны, дана./м2 | Биомасса, г/м2 | Трофикалық деңгейі | Доминантты түрлер (топтар) |
| Үлен Сарыкөл көлі | 41 | 8,34 | β-МТ | *Gammarus lacustris, Hemiptera sp.* |

Осылайша, бұл көлде балықтардың қоректік қоры әртүрлі: фито- және зоопланктондар, перифитон элементтері, нейстондар және бентосты организмдер. Қоректену түрі бойынша бұл көл мезотрофты типіне жатады. Көлде балықтың төрт түрі, өзен шаяны және су жәндіктері бар.

Үлкен Сарыкөл көлінде кәсіптік маңызы бар балықтың 4 түрі бар: мөңке, торта балық, алабұға және тұқы. Үлкен Сарыкөл көліндегі балықтардың түрлік құрамы 18-кестеде келтірілген.

Кесте 18 – Үлкен Сарыкөл көлінің балық популяциясы

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Түр, қазақша атауы | Түр, латынша атауы | Статусы |
| Торта балық | *Rutilus rutilus (L.)* | жабайы |
| Мөңке | *Carassius gibelio (Bloch)* | жабайы |
| Тұқы | *Cyprinus carpio L.* | жабайы |
| Алабұға | *Perca fluviatilis L.* | жабайы |

Алайда, жалпы көлде балық қоры аз болғандықтан, тек әуесқой балық аулау жүреді.

Үлкен Сарыкөл көлі Қарағанды облысына тән орташа көлемді су объектісі болып табылады. Гидрологиялық көрсеткіштері бойынша бұл көлді аумағы бойынша 6 км2-ден 20 км2-ге дейінгі және орташа тереңдігі бар (2 м) көлдер тобына жатқызуға болады. Үлкен Сарыкөл көлі Қарағанды облысындағы жазда құрғап қалатын шағын көлдерге қарағанда жыл бойы суын сақтайды және балық шаруашылық маңызы бар. Мұндай көл қатарына Сасықкөл, Ботақара, Балықтыкөл, Қатынкөл, Саумалкөл, Барақкөл, Қарауқамыс, Құмкөл, Тоқсумақ, Қаракөл сияқты көлдер де жатады. Біз атап өткен көлдер климаттық және антропогендік факторлардың әсерінен құрғап кетуі мүмкін [209].

## 3.5 Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің жағдайына әртүрлі факторлардың бірлескен әсері

Қазіргі уақытта су объектілеріндегі процестердің әртүрлі үлгілері жасалып, мониторингтік зерттеулердің үлкен көлемі жүргізіліп жатқанына қарамастан, барлық факторлардың көлдердің жай-күйі мен дамуына әсерін бағалаудың сенімді әдістемесі жоқ. Су экожүйесінде бір мезгілде болып жатқан процестер соңғы әсері бойынша қарама-қарсы болуы мүмкін. Атап айтқанда, көлдерде бір мезгілде органикалық заттардың жиналуы және олардың гетеротрофты планктонның әсерінен минералдануы болады. Сонымен қатар, желдің жылдамдығының жоғарылауынан су бетінен булану мөлшері артса, көл циклінің жоғары су кезеңінде көл суының деңгейі көтеріледі. Сонымен бірге, антропогендік теріс әсерлер көлдің жай-күйі туралы болжам жасауды мүмкін емес етеді.

Дегенмен, біздің зерттеулерімізде Орталық Қазақстан көлдерінің морфоэкологиялық жағдайын олардың эволюциялық дамуы тұрғысынан анықтауды мақсат етіп қойдық. Бұл дегеніміз жаһандық климаттың өзгеруі, алдағы уақытта болуы мүмкін Орталық Қазақстандағы су тапшылығы мәселесі қарсаңында зерттеліп отырған аумақтағы көлдерің болшақтағы жай-күйіне болжам беруді білдіреді.

Әртүрлі қоршаған орта факторларының әсерін абсолютті өлшем бірліктерімен салыстыру мүлдем мүмкін емес, сондықтан кең болжамды модельдеуді жүргізу қиын. Осыған байланысты көлдердің даму қарқынына факторлардың әсерін балл-салмақтық бағалау әдісі арқылы салыстыруды ұсындық. Бұл талдау әдісі ақпараттық көрсеткіштерді таңдау негізінде тәуекелді бағалаудан тұрады. Бұл жағдайда олардың салыстырмалы маңыздылығы (салмақтық коэффициенттері) анықталады. Содан кейін таңдалған көрсеткіштер 19-кестеге келтіріледі (бағалау жүйесі) және белгіленген шкала арқылы бағаланды. Бұл әдіс тәуекелдерді басқарудың күшті және әлсіз жақтарын анықтауға мүмкіндік береді [210].

Біз мақсатымыз үшін салмақтарды 19-кестеде оң және теріс критерийлер бойынша бөлдік. Бұл жағдайда оң критерийлерге көлдердегі су көлемінің ұлғаюына, эвтрофияға жол бермейтін және көлдердің өмірін ұзартуға әкелетін экологиялық факторлар жатады. Теріс критерийлерге эвтрофияға ұшырататын, сукцессия процесін жеделдететін, құрғап кетуге және жалпы деградацияға ықпал ететін факторлар кіреді.

Оң критерийлерге мыналар жатады: көлдер ұзақ циклді жоғары су деңгейі кезеңін бастан кешіруде; қыс мезгілінде атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің жоғарылауы; көлдердің жер асты суларымен қоректенуі су балансы үшін үлкен маңызға ие; су жинау алабынан ауылшаруашылығы қажеттіліктері үшін салыстырмалы түрде судың аз мөлшеде алынуы; ұзақ мерзімді циклдегі күн белсенділігінің төмен деңгейі.

Теріс критерийлерге мыналар жатады: зерттеу ауданындағы көпшілігі терең емес суфузионды-карстық көлдер; көпшілік көлдер тұйық болғандықтан, олардың тұздануына әкеледі; орташа жылдық ауа температурасының жоғарылауы су бетінен, топырақтан және қар жамылғысынан булану мөлшерінің артуына ықпал етеді; жазда жаңбырсыз күндердің ұлғаюы; су объектілерінің ластануы және олардың өздігінен тазарту қабілетінің төмендеуі сияқты факторлар көлдердің эвтрофикацияға ұшырауын жеделтетеді; гидрографиялық өзен желісінің нашар дамығандығы; жел жылдамдығының артуы, көл бетіндегі су буының қысымын төмендетеді; зерттеу аумағындағы ауа ылғалдылығының төмендігі; топырақ пен су объектілерінің бетінен жалпы буланудың көлемі түсетін жауын-шашын мөлшерінен едәуір асып түсуі.

Әрбір критерийдің салмағы оның Орталық Қазақстандағы су объектілерінің әртүрлі көрсеткіштеріне қаншалықты күшті әсер ететіндігі негізінде, біздің жеке зерттеулеріміз бен басқа авторлардың зерттеулері негізінде белгіленді. Критерийге салмақ беру субъективті пікір болғандықтан, субъективтілікті төмендету үшін небәрі 3 ұпай пайдаланылды. Су объектісі көрсеткіші үшін шешуші факторға ең жоғары 3 балл, көлге азырақ әсер еткен факторға 2 балл және су объектісіне шамалы әсер етуі мүмкін факторға 1 балл берілді. Тиісінше, оң критерийлер оң, ал теріс критерийлер теріс салмаққа ие.

Кесте 19 – Орталық Қазақстандағы көлдердің деградациясын балл-салмақтық әдісімен бағалау картасы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Көлдің деградациясын бәсеңдететін процестер | Критерий салмағы (балл) | Көлдің деградациясын жеделдететін процестер | Критерий салмағы (балл) |
| Көлдер ұзақ циклді жоғары су деңгейі кезеңін бастан кешіруде. | 3 | Зерттеу ауданындағы көпшілігі терең емес суфузионды-карстық көлдер. | -3 |
| Қыс мезгілінде жауын-шашын мөлшерінің жоғарылауы. | 3 | Көпшілік көлдер тұйық болған- дықтан, олардың тұздануына әкеледі. | -2 |
| Көлдердің жер асты сулары мен қоректенуі су балансы үшін үлкен маңызға ие. | 3 | Орташа жылдық ауа температурасының жоғарылауы су бетінен, топырақтан және қар жамыл- ғысынан булану мөлшерінің артуына ықпал етеді. | -3 |
| Су жинау алабынан ауыл шаруашылығы қажеттіліктері үшін салыстырмалы түрде судың аз мөлшеде алынуы. | 2 | Жазда жаңбырсыз күндердің ұлғаюы. | -2 |
| Ұзақ мерзімді циклдегі күн белсенділігінің төмен деңгейі. | 3 | Су объектілерінің ластануы және олардың өздігінен тазару қабілетінің төмендеуі сияқты факторлар көлдердің эвтрофикацияға ұшырауын жеделтетеді. | -3 |
| Гидрографиялық өзен желісінің нашар дамығандығы. | -1 |
| Жел жылдамдығының артуы, көл бетіндегі су буының қысымын төмендетеді. | -1 |
| Зерттеу аумағындағы ауа ылғалдылығының төмендігі. | -1 |
| Өсімдіктер мен топырақтан жалпы буланудың көлемі түсетін жауын-шашын мөлшерінен едәуір асып түсуі. | -2 |
| *Барлығы* | *14 балл* | *Барлығы* | *-18 балл* |

Біз тек бір аумақтағы (Орталық Қазақстан) көлдерге әртүрлі факторлардың әсерін басқа баламаларды қарастырмадан зерттегендіктен, әрбір критерийге 1 балл қойылды.

Бағалау картасының қорытындысы бойынша көлдің деградациясын бәсеңдететін процестер 14 балл алса, көлдің деградациясын тездететін процестер -18 балл алды. Яғни, барлық факторларды таразылай келе, бұл кезеңде көптеген көлдер судың мол деңгейі кезеңдерін бастан кешіріп жатқанына қарамастан, жалпы көлдерің эволюциясын және эвтрофикациясын жеделтететін процестер жүріп жатыр деп айтуға болады. Егер болашақта көлдерді шаруашылық мақсатта белсенді қолданнатын болса, болжам бұдан да теріс болатыны анық. Ол кезде көлдерді сақтап қалу мәселесі бұдан да күрделі болады. Көлдердің бірте-бірте құрғау мерзімін әлі анықтау мүмкін емес, бірақ оның салдары алдағы жылдарда бірте-бірте пайда бола бастайды: қоршаған ортаның және көлдердің экожүйелердегі биоәртүрліліктің азаюы, ауа ылғалдылығының одан да көп төмендеуі және көпшілік құнарлы жерлердің жартылай шөлге айналуы.

Қазіргі таңда картадағы суретке қарап көптеген көлдер реестр тізіміне еніп кетеді. Реестрге енгізілген бірқатар су объектілері, шын мәнінде, судың жоғары маусымында ғана пайда болатын таяз және ірі шалшықтар болуы мүмкін. Жаз айларында бұл су объектілерінің көпшілігі құрғап қалады. Дегенмен, жергілікті халық оларды көлдер деп атағандықтан, олар су объектілері тізіміне енгізіледі. Бұл жерде су объектісінің мәртебесін анықтауды қайта қарау қажеттігі, атап айтқанда, қандай жағдайда белгілі бір су объектісін көлге жатқызылуы керек деген сұрақ туындайды. Осыған сәйкес Орталық Қазақстандағы көлдерді түгендеу (инвентаризация) жұмыстарын жасау қажет.

**ҚОРЫТЫНДЫ**

Орталық Қазақстан Республикамыз үшін өзінің геосаяси маңыздылығы жағынан да, сонымен қатар оның аумағында еліміздегі ірі өнеркәсіптік кәсіпорындары шоғырланғандықтан да стратегиялық маңызды аймақ болып табылады. Аумақтың минералдық-шикізаттық базасы мыс пен вольфрам қорларына, сонымен қатар көмір, қорғасын, мырыш, темір, марганец, сирек металдардың ірі кен орындарына бай. Ауыл шаруашылығының ішінде қарқынды даму үстіндегі мал шаруашылығының маңызы зор. Өңір экономикасының қарқынды дамуына байланысты, алдағы онжылдықтарда бұл аймақта халық санының жылдам өсуі күтілуде [211]. Осы әлеуметтік-экономикалық процестердің барлығы жер ресурстарын қарқынды игерумен, су объектілерін пайдаланумен, урбандалған аумақтар мен табиғи экожүйелерге антропогендік әсердің күшеюімен бірге жүреді.

Көлдер табиғаттағы үздіксіз булану циклінде, жауын-шашын және жер беті мен жер асты су ағынының деңгейін сақтауда үлкен рөл атқарады. Тіпті шағын көлдердің жойылып кетуі, сол аумақта экологиялық мәселелер тудыруы мүмкін. Шағын және орта көлемді көлдер жекелей климатты реттейтін негізгі фактор болмаса да, тұтастай алғанда олар белгілі бір аумақтағы климаттың өзгеруіне әсер етуі ықтимал [212]. Көлдердің жойылуы ондағы мекендейтін флора мен фаунаның жойылуына әкеледі. Құрғап қалған көлдердің табанындағы тұздар мен шаң ауаға көтеріліп, айналасындағы топырақты ластайды [213, 214].

Су объектілеріндегі табиғи және техногендік өзгерістерге қатысты көптеген зерттеулер осы процестерге әсер ететін бірқатар негізгі факторларды анықтады [215-217]. Оларға географиялық орналасуы, шығу тегі, өзендер мен көлдердің қорек көздері, климаттық әсерлер, су айналымы, өсімдіктер мен жануарлардың биогеохимиялық рөлі жатады. Ең агрессивті техногендік факторларға гидротехникалық құрылыстар, лас ағынды сулар, өндірістік қалдықтар, егін және мал шаруашылығының қарқынды дамуы жатуы мүмкін.

Сарапшылар көлдердің жан-жақты мониторингісін жасау кезінде факторлардың барлық түрлерінің әсерін қамтитын бір болжам жасау қиын екендігін атап өтті [218].

Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы жер үсті сулары далалық және орманды дала ландшафттарының экологиялық тепе-теңдігін сақтау үшін маңызы зор. Сонымен бірге су ресурстарын мал шаруашылығының, ішінара суармалы егіншілік және балық шаруашылығының қажеттіліктері үшін белсенді пайдаланылады. Нұра өзені Қарағанды облысынан бастау алатындықтан, Орталық Қазақстан өңірінің сумен қамтамасыз етілуі еліміздің астанасы үшін де маңызды. Көлдердің жойылуы жақын маңда орналасқан елді мекендердің болашағына тікелей немесе жанама әсер етуі мүмкін. Сонымен қатар, бұл өңірде су ресурстары минералды шикізаттарды өндіру және өңдеу үшін қажет. Мысалы, жер асты және ашық карьерлерде кенді өндіру кезінде, сондай-ақ, кенді байыту және өңдеу кезіндегі барлық технологиялық операцияларда суды пайдаланады.

Алдағы климаттық өзгерістер Орталық Қазақстандағы өзендер мен көлдердің гидрологиялық және экологиялық жағдайына әсер етуі мүмкін. Осыған байланысты көлдердің дамуында жүріп жатқан процестерді зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы арта түседі.

Ең алдымен, бұл жұмыста аймақтағы климаттық тенденцияларға назар аударылды. Қарағанды облысының (қазіргі уақытта Қарағанды және Ұлытау облыстарының аумағы) 1940 және 2020 жылдар аралығындағы ауа райы туралы қол жетімді және сенімді дереккөздерге сүйене отырып ауа температурасының және атмосфералық жауын-шашын мөлшерінің орташа жылдық және маусымдық өзгерістерін зерттедік.

Қарағанды және Ұлытау өңірлеріндегі көлдердің сандық және морфометриялық көрсеткіштерінің динамикасын құрастыру үшін 1938, 1968 және 1973 жылдардағы қолжетімді ғылыми дереккөздер зерттелді. Сондай-ақ, өзіміздің зерттеу жұмыстарымыз барысында Орталық Қазақстан көлдеріне қатысты гидроморфологиялық деректер алынды. Атап айтқанда, көлдердің және су жиналу алабы ауданы, тереңдігі, ені, ұзындығы мен жағалау сызығы ұзындығы анықталды.

Зерттеу аймағының қазіргі климаттық көрсеткіштерінің (температура, ылғалдылық, жел жылдамдығы, жауын-шашын мөлшері) көлдер мен өзендердің жағдайына әсерін зерттеу мақсатында, біз Қарағанды және Ұлытау облыстарының бүкіл аумағы бойынша жалпы су балансының есебін жүргіздік.

Орталық Қазақстан аумағындағы су объектілеріне бір мезгілде көптеген факторлар үздіксіз әсер етуде. Егер бірқатар гидрологиялық көрсеткіштерді пайдалана отырып, көлдердің өмірін шектейтін факторларды әлі де анықтау мүмкін болса, бірақ олардың бірлескен әсерін бағалау қиын міндет болып табылады. Бұл әртүрлі бағытты процестердің көлдердің өзінде де, осы көлдердің дамуына әсер ететін факторларда да бір мезгілде жүруімен түсіндіріледі.

Орталық Қазақстанның көлдеріне жүргізілген ұзақ мерзімді бақылаулар олардың су деңгейі мен құрамының ұзақ мерзімдік циклдарға тәуелді екендігін көрсетті. Ұзақ мерзімдік циклдер жалпы жауын-шашын мөлшеріне, құятын ағындағы су деңгейіне, сол аумақтығы топырақтың ылғалдығына және су жинау алабындағы жиналатын су деңгейіне тәуелді. Бұл факторлар өз кезегінде атмосфералық циркуляция түріне және күн белсенділігіне байланысты. Сонымен қатар, кейбір көлдер ұсақ шоқылар мен аласа таулы аймақтарда жиі кездесетін карстық-жарықшақтық жер асты суларымен қоректенеді.

Қыс маусымындағы жауын-шашын мөлшерінің артуы жалпы аумақтағы ылғалдылықтың көтерілуіне және көлдер мен өзендердегі су деңгейінің жоғары болуының берік кепілі бола алмайды. Себебі, кей кездері көктемнің ерте келіп ауа температурасы бірден жоғарлаған кезде, еріген қар суы топырақтың жібіп үлгермеуіне байланысты жер асты суларына жетпей буланып кетеді.

Тәжірибелік қажеттілікті ескере отырып, алынған мәліметтерге сүйене отырып, біз балл-салмақтық әдіс бойынша көлдерге әртүрлі факторлардың жалпы әсерін бағалауға әрекет жасадық. Бұл зерттеліп отырған аумақтағы барлық көлдердің эволюциясының негізгі тенденцияларын анықтауға мүмкіндік береді.

Ғылыми талдаудан басқа алынған фактілердің нәтижелері су ресурстарын басқаруда пайдалы болуы мүмкін, оның қызметіне су ресурстарын жоспарлау, әзірлеу, бөлу және оңтайлы пайдалану кіреді. Бұл ирригацияны бақылау жөніндегі басқарушы органдардың, ауыл шаруашылығы және табиғатты пайдалану басқармасының, төтенше жағдайлар комитетінің құзыретіне кіреді, сондай-ақ өнеркәсіп және құрылыс ведомстволары, облыс әкімдіктері, Астана қаласы, Қазсушар, Қазгидромет, Қазақ су шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты және басқа да ұйымдар үшін қызығушылық тудыруы мүмкін.

Осылайша, жұмыс нәтижелеріне сүйене отырып, біз келесі **қорытындыларды** тұжырымдадық:

1. Қарағанды және Ұлытау облыстарының климаты 1940 және 2020 жылдар аралығында температуралық және жауын-шашын трендтері бойынша елеулі өзгерістерге ұшырады. Қысқы маусымның жылынуы арқасында аймақтың климаты айтарлықтай жылынып, жылдық жауын-шашын мөлшері де артты. 1940 жылдан 2020 жылға дейін орташа жылдық ауа температурасы 1,1°С-қа көтерілді. Орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 145 мм-ге артты, соның ішінде суық айларда жауын-шашын мөлшері 100 мм-ге, жылы айларда 45 мм-ге артқан
2. Қазіргі уақытта Орталық Қазақстанның көлдері көпжылдық су циклының көпсулы кезеңінде тұр. Салыстырмалы түрде ауданы 4 км2-ге дейінгі шағын көлдердің жалпы ауданы 1968 жылмен салыстырғанда 51,9%-ға және су көлемі 22,02%-ға ұлғайғайған. 1968 жылмен салыстырғанда 2020 жылы орташа және ірі көлдердің (ауданы 4-тен 20 км2-ге дейін және одан да үлкен) ауданы 42,9%-ға, ал су көлемі 15,7%-ға ұлғайғандығы анықталды. 1968 жылы 34, ал 2020 жылы тек 8 көл ғана құрғап қалған.
3. Су балансында Қарағанды және Ұлытау облыстарының көлдеріне құятын өзендердің және аумақтан шығатын өзендердің жалпы жылдық ағыны салыстырмалы түрде аз (сәйкесінше 1,98-6,42%). Себебі аумақтың гидрографиялық желісінде ірі өзендердің аз болуына байланысты. Ең көп үлесті жылдық жауын-шашын мөлшері 69,21%, жер асты көздері 28,81%, өсімдіктердің вегетациялық кезеңінде үлкен аумақтан судың белсенді транспирациясы 74,59%, топырақтан булану 13,41% құрайды. Сонымен қатар, Орталық Қазақстан аумағында өсімдіктер мен топырақтың қарқынды булануы жылы айларда ауаның жоғары температурасы, желдің жоғары жылдамдығы және ауаның ылғалдылығының төмен болуы себебінен болады. Өсімдік және топырақтан жалпы булану мөлшері түсетін жылдық жауын-шашын көлемінен асып түседі, бұл көлдердің көпшілігі жер асты суларымен қоректенетіндігін көрсетеді. Осылайша, қазіргі кезеңде жерасты суларының балансына судың түсуі толықтай теңестірілмей отыр, бұл жақын арада аймақтағы көлдердің су деңгейінің төмендеуіне әкеледі.
4. Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы типтік көлдердің экологиялық жағдайын (Үлкен Сарыкөл көлі мысалында) зерттеу барысында көлдердің натрий-гидрокорбанатты-хлоридті типті, сулары бейтарап және аздап сілтілі екендігі анықталды. Көлдердің суы негізінен аздап тұзды болып келеді және су түбіндегі шөгінділерде сульфаттың белсенді тотықсыздану процестері байқалады. Трофикалық жағдайы бойынша мезотрофты және β-мезосапробты эвтрофикация типтегі көлдер, балық шаруашылығын жүргізуге қолайлы болып табылады. Гидробионттар бойынша көлдерде планктондық, бентостық организмдер және нектондар көп кездеседі.
5. Көлдің деградациясын жеделдететін процестердің жалпы әсері деградацияны бәсеңдететін процестердің жалпы әсерінен асып түседі. Сондықтан, Орталық Қазақстандағы көпшілік көлдердің судың мол циклдық кезеңінде болуына қарамастан, жалпы алғанда, көлдерде эвтрофикация процестері жеделдеуде.

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ**

1. Van Dijk M.P. The importance of economics and governance for the water sector in Kazakhstan, the issues and tools for better water management // Central Asian Journal of Water Research. – 2019. – Vol. 5, Issue 1. – P. 1-17.
2. Wang X., Chen Y., Fang G. et al. The growing water crisis in Central Asia and the driving forces behind it // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 378. – P. 1-8.
3. Президент Республики Казхастан К.-Ж. Токаев. Единство народа и системные реформы – прочная основа процветания страны: послание народу Казахстана // <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva.> 05.04.2024.
4. Akbayeva L., Tulegenov E., Omarbayeva A. et al. Ecotoxicological studies of akmola region lakes // Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences. – 2019. – Vol. 13. – P. 25-31.
5. Кочербаева А.А., Укибаева Г.К. Потенциал кластеризации сельского хозяйства карагандинской области // Проблемы агрорынка. – 2018. – №1. – С. 142-148.
6. Шмидт М.Э., Худякова Т.В. и др. Гидрометеорологические явления на территории Республики Казахстан в 2018 году // Гидрометеорология и экология. – 2019. – №4. – С. 190-207.
7. Большаков В.Н. Лущекина А.А., Неронов В.М. Сохранение биологического разнообразия: от экосистемы к экосистемному подходу // Экология. – 2009. – №2. – С. 83-90.
8. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Карагандинской области. – Алма-Ата. Наука, 1968. – 124 с.
9. Abuduwaili J., Issanova G., Saparov G. [Hydrology and Limnology of Central Asia](https://link.springer.com/book/10.1007/978-981-13-0929-8). – Springer Nature Singapore Pte Ltd., 2019. – 411 p.
10. Ogilvie A., Belauda G., Massuela S. et al. Combining Landsat observations with hydrological modelling for improved surface water monitoring of small lakes // Journal of Hydrology. – 2018. – Vol. 566. – P. 109-121.
11. Bhagowati B., Ahamad K.U. A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling // Ecohydrology and Hydrobiology. – 2019. – Vol. 19. – P. 155-166.
12. Лезин В.А. Озера Центрального Казахстана: комплексная типологическая характеристика режима и ресурсов. – Алма-Ата, 1982. – 182 с.
13. Орловский. Н.С., Зонн И.С., Костяной А.Г. и др. Изменение климата и водные ресурсы центральной Азии // Вестник дипломатической академии мид России. Россия и мир. –2019. – №1(19). – С. 56-78.
14. Обзор деятельности в области изменения климата в Казахстане. Всемирный банк // https://infoclimate.org/wp-content/uploads. 15.01.2024.
15. Yerkin A., Lei J., Wang Y. et al. Analysis of the distribution and formation of desertification processes in Kazakhstan and measures for prevention // Journal of Geography & Environmental Management. – 2022. – Vol. 67, Issue 4. – P. 126-134.
16. Мишон В.М. Практическая гидрофизика. – Л., 1983. – 174 с.
17. Ефремов Ю.В., Базелюк А.А., Панов В.Д. Антропогенное воздействие на озера Северного Кавказа // География и природные ресурсы. – 2012. – №1. – С. 51-56.

1. [Басс С.В.](https://search.unatlib.ru/Author/Home?author=%D0%91%D0%B0%D1%81%D1%81+%D0%A1.+%D0%92.), [Коплан-Дикс И.С.](https://search.unatlib.ru/Author/Home?author=%D0%9A%D0%BE%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%BD-%D0%94%D0%B8%D0%BA%D1%81+%D0%98.+%D0%A1.), [Ардашова Т.И.](https://search.unatlib.ru/Author/Home?author=%D0%90%D1%80%D0%B4%D0%B0%D1%88%D0%BE%D0%B2%D0%B0+%D0%A2.+%D0%98.) Антропогенное воздействие на малые озера. – Л.: Наука, 1980. – 172 с.
2. Первухин М.А. О генетической классификации озерных ванн // 3емлеведение. – 1937. – №6. – С. 526-537.
3. Huttchinson A.D. A Treatise on Limnology. Geography, Physics and Chemistry. – NY.; London: Wiley, 1957. – Vol. 1. – 1015 p.
4. Городецкая М.Е. Происхождение западин,котловин и впадин на юго-востоке Западно-Сибирской низменности // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1960. – №5. – С. 75-81.
5. Волков И.А. Ишимская степь. Рельеф и покровные лёссовидные отложения. – Новосибирск: Наука, 1965. – 74 с.
6. Мартынов В.А. К истории формирования озер Кулундинской степи // Вестн.ЗСГУ и НТГУ. – 1963. – №2. – С. 50-55.
7. Гоян В.В. Геологическое строение и происхождение озерных котловин юга Западно-Сибирской низменности // Изв. Омского отд. ГО СССР. – 1968. – №9(16). – С. 91-99.
8. Jorgenson M.T., Shur Y. Evolution of lakes and basins in northern Alaska and discussion of the thaw lake cycle // Journal of geophysical research. – 2007. –Vol. 112. – P. 1-12.
9. Абдрахманов Р. Ф. О происхождении озерных котловин Южного Урала и Предуралья // Геологический вестник. – 2021. – №3. – С. 100-110.
10. Чуканов А.К. Озера как один из компонентов гидросферы. Классификация озер. Жизнь в озере. Эволюция озер // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: сб. матер. науч.-практ. конф. – Владимир, 2021. – С. 2781-2787.
11. Трещов А.А. О происхождении Себинских озер в Восточном Казахстане // Геоморфология. – 1972. – №2. – С. 92-95.
12. Белецкая Н.П., Назарова Т.В., Пашков С.В. Генетическая классификация озерных котловин северо-казахстанской равнины // Учёные записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. – 2019. – Т. 5(71), №3. – С. 149-159.
13. Физическая география Казахстана: учеб. пос. / под ред. К.Н. Мамирова. – Алматы, 2015. – 228 с.
14. Кесь А.С. О генезисе котловин Западно-Сибирской равнины // Тр. Ин-та физ. географии АН СССР. – 1935. – №15. – С. 61-118.
15. Озера Казахстана и Киргизии и их история / под. ред. А.В. Шнитникова, Н.П. Смирнова. – Л., 1975. – 279 с.
16. Муравлев Г.Г. Малые озера Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар, 1973. – 180 с.
17. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озера Центрального и Южного Казахстана: справоч. – М., 1973. – 197 c.
18. История озер Севера Азии / под ред. Румянцев В.А. – СПб.: Наука. – 1995. – 288 с.
19. Филонец П.П., Омаров Т.Р. Озёра Северного, Западного и Восточного Казахстана. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974. – 137 с.
20. Ресурсы поверхностных вод СССР / под.ред. Н.Д. Шека. – Л., 1966. – Т. 13, вып. 2. – 482 с.
21. Данилович И.С. Водный баланс и уровенный режим водоемов Беларуси // Вестник Б ГУ. – 2005. – №3. – C. 110-114.
22. Hayashi М, Kamp G. Chapter Nine - Water level changes in ponds and lakes: The hydrological processes // In book: Plant Disturbance Ecology. – Ed. 2nd. – NY.: Academic Press, 2021. – P. 321-351.
23. Тюменев С.Д. Водные ресурсы и водообеспеченность территории Казахстана. – Алматы: КазНТУ, 2008. – 267 с.
24. Мукашева М.А., Нурлыбаева К.А. Состояние подземных и поверхностных вод карагандинской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2017. – №6. – С. 88-92.
25. Чокин Ш.Ч., Сартаев Т.С., Шкрет А.Ф. Энергетика и электрификация Северного и Центрального Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1988. – 366 с.
26. Woolway R.I., Kraemer B.M., Lenters J.D. et al. Global lake responses to climate change // Nat Rev Earth Environ. – 2020. – Vol. 1. – P. 388-403.
27. Woolway R.I., Sharma S., Smol J.P. Lakes in Hot Water: The Impacts of a Changing Climate on Aquatic Ecosystems // BioScience. – 2022.– Vol. 72, Issue 11. P. 1050-1061.
28. Motiee H., McBean E. An assessment of long-term trends in hydrologic components and implications for water levels in lake Superior// Hydrology Research. – 2009. – Vol. 40, Issue 6. – P. 564-579.
29. Mekonnen M.M., Hoekstra A.Y., Becht R. Mitigating the water footprint of export cut flowers from the lake Naivasha Basin Kenya // Water Resources Management. – 2012. – Vol. 23, Issue 13. – P. 3725-3742.
30. Kiani T., Ramesht M.H. et al. Analyzing the impacts of climate change on water level fluctuations of Tashk and Bakhtegan lakes and its role in environmental sustainability // Open Journal of Ecology. – 2017. – Vol. 7. – P. 158-178.
31. Xiao K., [Griffis](https://experts.umn.edu/en/persons/timothy-j-griffis) T.J., John M. et al. Evaporation from a temperate closed-basin lake and its impact on present, past, and future water level // [Journal of Hydrology](https://experts.umn.edu/en/publications/evaporation-from-a-temperate-closed-basin-lake-and-its-impact-on-). – 2018. – Vol. 561. – P. 59-75.
32. Bai J., Chen X., Li J. et al. Changes in the area of inland lakes in arid regions of central Asia during the past 30 years // Environmental Monitoring and Assessment. – 2011. – Vol. 178. – P. 247-256.
33. Kernan M., Battarbee R.W., Moss B. Climate Change Impacts on Freshwater Ecosystems. – NY.: Blackwell Publishing Ltd, 2010. – 314 p.
34. Kraemer B.M., Pilla R.M., Woolway R.I. et al. Climate change drives widespread shifts in lake thermal habitat // Nature Climate Change. – 2021. – Vol. 11. – P. 521-529.
35. Prakash S. Impact of climate change on aquatic ecosystem and its biodiversity: An Overview // International Journal of Biological Innovations. – 2021. – Vol 3. – P. 312-317.
36. Ficke A.D., Myrick C.A., Hansen L.J. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries // [Reviews in Fish Biology and Fisheries](https://link.springer.com/journal/11160). – 2007. – Vol. 17. – P. 581-613.
37. Palmer M.A., Lettenmaier D.P. et al. Climate Change and River Ecosystems: Protection and Adaptation Options // Environmental Management. –2009. – Vol. 44. – P. 1053-1068.
38. Wang W., Lee X. et al. Global lake evaporation accelerated by changes in surface energy allocation in a warmer climate // Nature Geoscience. – 2018 – Vol. 11. – P. 410-414.
39. Zhou W., Wang L., Li D. et al. Spatial pattern of lake evaporation increases under global warming linked to regional hydroclimate change // Communications Earth and Environment. – 2021. – Vol. 255. – P. 1-10.
40. Havens K., Jeppesen E. Ecological Responses of Lakes to Climate Change // Water. – 2018. – Vol. 10. – P. 1-9.
41. Knouft J.H., Ficklin D.L. The Potential Impacts of Climate Change on Biodiversity in Flowing Freshwater Systems // [Annual review of ecology, evolution, and systematics. – 2017. – Vol.48. – P. 111-133.](https://www.annualreviews.org/content/journals/ecolsys)
42. Nazari-Sharabian M., Ahmad S., Karakouzian M. Climate Change and Eutrophication: A Short Review // Engineering, Technology and Applied Science Research. – 2018. – Vol. 8. – P. 3668-3672.
43. Moss B., Kosten S., Meerhoff M. et al. Allied attack: climate change and eutrophication // Inland Waters. – 2011. – Vol. 1. – P. 101-105.
44. Zhang Y., Liang J., Zeng G. et al. How climate change and eutrophication interact with microplastic pollution and sediment resuspension in shallow lakes: A review // Science of the Total Environment. – 2020.– Vol. 705. – P. 1-36.
45. Моисеенко Т.И., Гашкина Н.А., Кудрявцева Л.П. и др. Зональные особенности формирования химического состава вод малых озер на территории Европейской части России // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33, №2. – С. 163-180.
46. Моисеенко Т.И., Паничева Л.П., Ларин С.И. и др. Методы исследования химического состава малых озер с целью выявления региональных особенностей его формирования // Вестник Тюменского государственного университета. – 2010. – №7. – С. 175-190.
47. Крайнов С.Р. Геохимия подземных вод: теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М., 2004. – 677 с.
48. Khilchevskyi V.K., Kurylo S.M., Sherstyuk N.P. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine // [Journal of Geology, Geography and Geoecology](https://geology-dnu.dp.ua/index.php/GG/index). – 2018. – Vol. 27. – P. 68-80.
49. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М., 1998. – 366 с.
50. Воронина Т.В. Гидрохимические особенности речных и озерных вод урала и приуралья // Вестник Башкирского университета. – 2012. – Т. 17, №1. – C. 110-112.
51. Ткачук В.Г., Толстихина Н.И. Минеральные воды южной части Восточной Сибири. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1961. – Т. 1. – 346 с.
52. Руднева И.И., Залевская И.Н., Шайда В.Г. и др. Особенности биогенной миграции азота и фосфора в соленых пересыхающих озерах Крыма // Геохимия. – 2022. – Т. 67, №2. – С. 136-149.
53. Moyle J.B. Classification of Lake Waters Upon the Basis of Hardness. Journal of the Minnesota Academy of Science. – 1945. – Vol. 13, Issue 1. – P. 8-12.
54. Алекин О.А. Основы гидрохимии. – Л., 1970. – 442 с.
55. Колпакова М.Н., Борзенко С.В., Исупов В.П. и др. Гидрохимия и геохимическая типизация соленых озер степной части Алтайского края// Вода: Химия и Экология. – 2015. – №1(79). – С. 11-16.
56. Амиргалиев Н. А., Мадибеков А. С., Мұсақұлқызы А. и др. Оценка качества вод озер казахстана по гидрохимическим параметрам // Вопросы географии и геоэкологии. – 2018. – №2. – С. 77-85.
57. Замана Л.В. Борзенко С.В. Гидрохимия соленых озер Юго-Восточного Забайкалья и определяющие ее современные процессы // География и природные ресурсы. – 2010. – №4. – С. 100-107.
58. Гаррелс Р.М. Крайст С.Л. Растворы, минералы, равновесия. – М.: Мир, 1968. – 366 с.
59. Vinçon-Leite B., Casenave C. Modelling eutrophication in lake ecosystems: A review // Science of the Total Environment. – 2019. – Vol. 651. – P. 2985-3001.
60. Bhagowati B., Ahamad K.U. A review on lake eutrophication dynamics and recent developments in lake modeling // Ecohydrol Hydrobiol. – 2018. – Vol. 19. – P. 155-166.
61. Yu C., Li Z., Xu Z. et al. Lake recovery from eutrophication: Quantitative response of trophic states to anthropogenic influences // Ecological Engineering. – 2020. – Vol. 143. – P. 1-10.
62. Alimov A.F., Golubkov M.S. Lake eutrophication and community structure // Inland Water Biology. – 2014. – Vol. 7. – P. 185-191.
63. Назарова Т.В., Джаналеева К.М. и др. Антропогенная эвтрофикация и пути восстановления озерных систем северного Казахстана // Вестник ЕНУ имени Л.Н. Гумилева. – 2020. – №1(130). – С. 120-132.
64. Klaic Z.B., Babic K., Orlic M. Evolution and dynamics of the vertical temperature profile in an oligotrophic lake // [Hydrology and Earth System Sciences](https://www.hydrology-and-earth-system-sciences.net/). –2020. – Vol. 24. – P. 3399-3416.
65. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О. Методы исследования качества воды водоемов – М.: Медицина,1990. – 250 с.
66. Фрумин Г.Т., Крашановская Ю.В. Трофический статус озер Казахстана // Общество. Среда. Развитие. – 2014. – №3. – С. 176-178.
67. Абдурахманов Г.М., Ахмедова Г.А., Расулова М.М. О влиянии антропогенных факторов загрязнения на повышение трофического уровня озера Ак-гёль // Юг России: экология, развитие. Геоэкология. –2009. – №2. – С. 155-157.
68. Schindler D.W. The Dilemma of Controlling Cultural Eutrophication of Lakes // Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. –2012. – Vol. 279. – P. 4322-4333.
69. Zhang Y., Li M., Dong J. et al. A Critical Review of Methods for Analyzing Freshwater Eutrophication // Water. – 2021. – Vol. 13. – P. 225-245.
70. Bechmann M.E., Berge D., Eggestad H.O. et al. Phosphorus transfer from agricultural areas and its impact on the eutrophication of lakes two long–term integrated studies from Norway // Journal of Hydrology. – 2005. – Vol. 304. – P. 238-250.
71. Qin B Q., Gao G., Zhu G.W. et al. Lake eutrophication and its ecosystem response // Chinese Science Bulletin. – 2013. – Vol. 58. – P. 961-970.
72. Koff T. et al. Assessment of the effect of anthropogenic pollution on the ecology of small shallow lakes using the palaeolimnological approach // Estonian Journal of Earth Sciences. – 2016. – Vol. 65, Issue 4. – P. 221-233.
73. Rad A.M. et. al. Anthropogenic stressors compound climate impacts on inland lake dynamics: The case of Hamun Lakes // Science of The Total Environment. – 2022. – Vol. 829. – P. 15-28.

1. [Gregersen R.,](https://ui.adsabs.harvard.edu/search/q=author:%22Gregersen%2C+Rose%22&sort=date%20desc,%20bibcode%20desc) [Howarth J.D.,](https://ui.adsabs.harvard.edu/search/q=author:%22Howarth%2C+Jamie+D.%22&sort=date%20desc,%20bibcode%20desc) [Wood S.A. et al.](https://ui.adsabs.harvard.edu/search/q=author:%22Wood%2C+Susanna+A.%22&sort=date%20desc,%20bibcode%20desc) Resolving 500 Years of Anthropogenic Impacts in a Mesotrophic Lake: Nutrients Outweigh Other Drivers of Lake Change // Environmental Science & Technology. – 2022. – Vol. 56, Issue 23. – P. 16940-16951.
2. Schmeller D.S. et. al. People, pollution and pathogens – global change impacts in mountain freshwater ecosystems // Science of the Total Environment. – 2018. – Vol. 622-623. – P. 756-763.
3. Ebner M., Uta Schirpke U., Tappeiner U. How do anthropogenic pressures affect the provision of ecosystem services of small mountain lakes? // Anthropocene. – 2022. – Vol. 38. – P. 1-14.
4. Mammides C. A global assessment of the human pressure on the world's lakes // Global Environmental Change. – 2020. – Vol. 63. – P. 102084.
5. Luo J., Zeng H., Zhou Q. et al. Anthropogenic impacts on the biodiversity and anti-interference ability of microbial communities in lakes // Science of The Total Environment. – 2022. – Vol. 820. – P. 153264.
6. Fuhrman J. Microbial community structure and its functional implications // Nature. – 2022. – Vol. 459. – P. 193-199.
7. Cael B.B., Heathcote A.J., Seekell D.A., The volume and mean depth of Earth’s lakes // Geophys. Res. Lett. – 2017. – Vol. 44. – P. 209-218.
8. Singh. K.S., Kumar. A. Climate change: An analysis of causes and consequences // International Journal of Geography, Geology and Environment. – 2023. – Vol. 5, Issue 2. – P. 174-180.
9. Madsen H., Lawrence D., Lang M. et al. Review of trend analysis and climate change projections of extreme precipitation and floods in Europe // Journal of Hydrology. – 2014. – Vol. 519. – P. 3634-3650.
10. Chaudhari S., Felfelani F., Shin S. et al. Climate and anthropogenic contributions to the desiccation of the second largest saline lake in the twentieth century // Journal of Hydrology. – 2018. – Vol. 560. – P. 342-353.
11. Wurtsbaugh W.A., Miller C., Null S.E. et al. Decline of the world’s saline lakes // Nature Geosci. – 2017. – Vol. 10. – P. 816-821.
12. Pokhrel Y., Felfelani F., Shin S. et al. Modeling large-scale human alteration of land surface hydrology and climate // Geoscience Letters. – 2017. – Vol. 4. – P. 1-13.
13. Ma J., Hung H., Macdonald R.W. The influence of global climate change on the environmental fate of persistent organic pollutants: A review with emphasis on the Northern Hemisphere and the Arctic as a receptor // Global and Planetary Change. – 2016. – Vol. 146. – P. 89-108.
14. Kakade A., El-Sayed Salama E-S., Han H. et al. World eutrophic pollution of lake and river: Biotreatment potential and future perspectives // Environmental Technology & Innovation. – 2021. – Vol. 23. – P. 1-23.
15. Ansari A.A., Gill S.S. Eutrophication of Lakes // Eutrophication: Causes, Consequences and Control. Springer. – 2013. – Vol. 1. – P. 55-71.
16. Mikac I., Fiket Ž., Terzić S. et al. Chemical indicators of anthropogenic impacts in sediments of the pristine karst lakes // Chemosphere. – 2021. – Vol. 84, Issue 8. – P. 1140-1149.
17. Schomberg A.C., Bringezu S., Beusen A.W.H. Water quality footprint of agricultural emissions of nitrogen, phosphorus and glyphosate associated with German bioeconomy // [Communications](https://www.nature.com/commsenv) Earth Environment. – 2023. – Vol. 404. –P. 1-14.
18. Carpenter S.R. Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication // Proceed. of the National Academy of Scien. – 2008. – Vol. 105. – P. 11039-11040.
19. Lu C., Tian H. Global nitrogen and phosphorus fertilizer use for agriculture production in the past half century: shifted hot spots and nutrient imbalance // Earth System Science Data. – 2017. – Vol. 9. – P. 181-192.
20. Dodds W.K., Smith V.H. Nitrogen, phosphorus, and eutrophication in streams // Inland Waters. – 2016. – Vol. 6, Issue 2. – P. 155-164.
21. Yao X., Zhang Y., Zhang L. et al. A bibliometric review of nitrogen research in eutrophic lakes and reservoirs // Journal of Environmental Sciences. – 2018. – Vol. 66. – P. 274-285.
22. Glibert P., Seitzinger S., Heil C. et al. The role of eutrophication in the global proliferation of harmful algal blooms // Oceanography. – 2005. – Vol. 18. –P. 198-209.
23. Zhou J., Han X., Brookes J. et al. High probability of nitrogen and phosphorus co-limitation occurring in eutrophic lakes // Environmental Pollution. – 2022. – Vol. 292. – P. 1-12.
24. Anderson D.M., Glibert P., Burkholder J. Harmful Algal Blooms and Eutrophication: Nutrient Sources, Composition, and Consequences // Estuaries and Coasts. – 2002. – Vol. 25. – P. 704-726.
25. Glibert P.M., Harmful algae at the complex nexus of eutrophication and climate change // Harmful Algae. – 2020. – Vol. 91. – P. 1-15.
26. Кузнецоыв И.В. Владимир Иванович Вернадский // В кн.: Люди русской науки: очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники: геология и география. – М., 1962. – С. 135-157.
27. Bertilsson S. et al. The under-ice microbiome of seasonally frozen lakes // Limnology and Oceanography. – 2013. – Vol 58, Issue 6. – P. 1998-2012.
28. Joshi P., Pande V., Joshi P. Microbial diversity of aquatic ecosystem and its industrial potential // Journal of Bacteriology and Mycology. – 2016. – Vol. 3. –P. 48-52.
29. Pennak R.W. The Dynamics of Fresh-water Plankton Populations // Ecological Monographs. – 1946. – Vol. 16, Issue 4. – P. 339-355.
30. Suthers I.M., Rissik D., [Richardson](https://www.routledge.com/search?author=Anthony%20Richardson) A. Plankton: A Guide to Their Ecology and Monitoring for Water Quality – Boca Raton:CRC Press, 2019. – 248 p.
31. Naselli-Flores L., Padisak J. Ecosystem services provided by marine and freshwater phytoplankton // Hydrobiologia. – 2023. – Vol. 850. – P. 2691-2706.
32. Wijesooriya M.M., Widanagamage S.M.K., Masakorala K. Biological control of Freshwater Cyanobacterial blooms; A Review // Journal of the University of Ruhuna. – 2021. – Vol. 9. – P. 6-27.
33. Reynolds C.S. The Ecology of Phytoplankton. – Cambridge: Cambridge University Press, 2006. – 535 p.
34. Ривьер И.К. Особенности планктоценозов озер в разные экологические периоды // Тр. ИБВВ РАН. – 2016. – №74(77). – С. 59-76.
35. Власов Б.П. Этапы изменения трофности озер восточной части Балтийских поозерий на протяжении их развития // Вестник Белорусского государственного университета. – 2004. – №3. – С. 78-84.
36. Мустафаева З.А. Куватов А.К., Азизов Н.Я. и др. Озеро Айдаркуль – современное состояние водных биоценозов // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2021. – №2. – C. 5-14.
37. Протасов А.А. Перифитон как экотопическая группировка гидробионтов // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. –2010. – №3. – С. 40-56.
38. Сорокин Ю.И. Экосистемы коралловых рифов. – М.: Наука, 1990. –502 с.
39. Андреева Н.А. Экомониторинг годовой динамики состава и биомассы перифитона прибрежного мелководья севастопольского региона // Системы контроля окружающей среды. – 2020. – №2(40). – С. 102-107.
40. Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений / под ред. В.А. Абакумова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 239 с.
41. Chambers P.A., Lacoul P., Murphy K.J. et al. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater // Hydrobiologia. – 2008. – Vol. 595. – P. 9-26.
42. Распопов И.М. Высшая водная растительность больших озер Северо-Запада СССР. – Л., 1985. – 197 c.
43. Винокурова Н.В., Соловых Г.Н., Донскова С.А. Макрофиты в структуре формирования экосистем р. Урал // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2015. – №10. – С. 108-111.
44. Глушенков О.В., Глушенкова Н.А. Школа гидроботаники: теория и практика учебных гидроботанических исследований: учеб.-метод. пос. – Чебоксары: Новое время, 2013. – 175 с.
45. Соловых, Г.Н., Винокурова, Н.В. Макрофиты гидробиоценозов и их роль в процессах выведения полихлорированных бифениловиз природных водоемов // Вестник Оренбургского государственного университета. – 2011. – №12. – С. 439-441.
46. Вишнякова М.Ю., Мельник И.В. Роль макрофитов в формировании гидрохимического режима водотоков водно-болотных угодий Нижней Волги // Вестник Астраханского государственного технического университета. – 2009. – №2. – С. 7-10.
47. Лабутова Н.М., Банкина Т. А. Основы биогеохимии. – Издательство Санкт-Петербургского университета, 2013. – 240 с.
48. Субботина Ю. М. Унифицированная классификация водоемов комплексного назначения // Ученые записки Российского государственного социального университета. – 2009. – №5(68). – С. 109-123.
49. Безматерных Д. М. Зообентос р. Издревая как индикатор качества вод // Мир науки, культуры, образования. – 2007. –№1. – С. 23-25.
50. Soloviy Ch., Malovanyy M., Nykyforov V. et al. Critical analysis of biotechnologies on using resource potential of hydrobionts // Journal of Water and Land Development. – 2020. – Vol. 44, Issue 1-3. – P. 143-150.
51. Батурина М.А., Лоскутова О.А., Щанов В.М. Cтруктура и распределение зообентоса озер Харбейской системы // Журнал Сибирский федерального университета.Биология. – 2014. – №7. – С. 332-356.
52. Баканов А.И. Использование зообентоса для мониторинга пресноводных водоемов // Биология внутренних вод. – 2000. – №1. – С. 68-82.
53. Лабай В.С. Общие закономерности изменения трофической структуры и продукции макрозообентоса водоемов острова Сахалин: трофическая структура // Ученые записки Сахалинского государственного университета. – 2020. – №15-16. – С. 11-22.
54. Вдовина О.Н., Безматерных Д.М. Макрозообентос озер подтаежной подзоны западной Сибири // Известия Алтайского отделения Русского географического общества. – 2019. – №1. – С. 54-65.
55. Баянова Н.Г., Фролова Е.А. Особенности развития и структуры бентосных сообществ гидрокарбонатных и сульфатных озер Пинежского заповедника // Вопросы биоценологии. – 1998. –№2. –С. 25-35.
56. Nelson W.A., Steinman A.D. Changes in the benthic communities of Muskegon Lake, a Great Lakes Area of Concern // Journal of Great Lakes Research. – 2013. – Vol 39. – P. 7-18.
57. Luoto T.P., Nevalainen L. Climate change impacts on zooplankton and benthic communities in Lake Unterer Giglachsee (Niedere Tauern Alps, Austria) // Internat. Rev. Hydrobiology. – 2013. – Vol. 98. – P. 80-88.
58. Belle S., Musazzi S., Tonno I. et al. Long-term effects of climate change on carbon flows through benthic secondary production in small lakes // Freshwater Biology. – 2018. – Vol. 18. – P. 530-538.
59. Мякишева Н.В., Жумангалиева З.М. Особенности морфометрии и пространственного распределения озер Казахстана // Ученые записки РГГМУ. –2013. – №29. – С. 17-28.
60. Царегородцева А.Г.Современные геоэкологические проблемы озерных систем северного и Северо-Восточного Казахстана // Вестник ПГУ. – 2013. – №1. – C. 62-70.
61. Амралинова Б.Б., Фролова О.В., Матайбаева И.Е. и др. Формирование и геохимические особенности поверхностных вод озер Шаган-Чарского участка (Восточный Казахстан) // Вестник евразийской науки. – 2021. – Т. 13, №5. – С. 1-10.
62. Максутова П.А., Дюсекеева Ш.Е., Кулмаганбетова А.О. Физическая география Карагандинской области. – Караганда, 2005. – 59 с.
63. Джаналиева К.М., Будникова Т.И., Веселов Е.Н. и др. Физическая география Республики Казахстан. – Алматы: Казак университетi, 1998. – 266 с.
64. Жайлауов Е.Б., Омар Ж.Т., Улыбышев Д.Н. и др. Экономическая специализация региональных экономических систем Казахстана: методы определения и факторы формирования // Экономика Центральной Азии. – 2023. – Т. 7, №2. – С. 117-134.
65. Омарханова Ж.М. Историческое особенности развития отрасли сельского хозяйства в Республике Казахстан // Вестник Академии наук Республики Башкортостан. – 2023. – №2. – С. 82-89.
66. Kenetayeva A.A. et al. Characteristics of the natural conditions of the Karaganda region // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1889. – P. 1-7.
67. Президент Республики Казахстан // <https://akorda.kz/ru/o-nekotoryh-voprosah-administrativno-territorialnogo-ustroystva-respubliki.> 20.03.2024
68. Vlast.kz // <https://regions.vlast.kz/ulytau> 21.02.2024.
69. Kenetayeva A.A. et al. Natural conditions of the Karaganda region // [IOP Conference Series: Earth and Environmental Science](https://iopscience.iop.org/journal/1755-1315). – 2022. – Vol. 981. – P. 1-6.
70. Ramazanova N., Toksanbaeva S. et al. Analysis of the current state of recreational resources of the nura river basin, the republic of Kazakhstan // GeoJournal of Tourism and Geosites. – 2020. – Vol. 31. – P. 1043-1048.
71. Абдреева Ш.Т., Калменова У.А., Турсинбаева К.С. Оценка водных ресурсов Карагандинской области для развития рекреации и туризма // Вестник КазНУ. – 2015. – [Т. 41, №2. – C. 377-381.](https://bulletin-geography.kaznu.kz/index.php/1-geo/issue/view/12)
72. Михайлов A.E. К вопросу о происхождении некоторых озер северной части Центрального Казахстана // В кн.: Землеведение. – М., 1957. – С. 252-258.
73. Сладкопевцев С.А. О происхождении и типах котловин Центрального Казахстана // Известия АН СССР. – 1963. – №3. – С. 84-90.
74. Шарипова О.А. Оценка современного состояния водоемов карагандинской области по гидрохимическим показателям // Гидрометеорология и экология. – 2017. – №4(87). – С. 75-81.
75. Ryanzhin S.V., Myakisheva N.V., Zhumangalieva Z.M. Morphometric and Hydrochemical Characteristics of Kazakhstan Lakes // Water Resources. – 2015. – Vol. 42, Issue 5. – P. 658-669.
76. Филонец П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана (озера, водохранилища и ледники) – Алма-Ата: Наука КазССР, 1981. – 232 с.
77. Климат и погода // <http://www.pogodaiklimat.ru>. 25.01.2021.
78. Муха В.С. Статистическая обработка метеорологических данных для выводов о наличии временных трендов // Докл. БГУИР. – 2020. – №18. – С. 96-103.
79. Решетко M. Основы гидравлики, гидрологии и гидрометрии: учеб. пос. – Томск, 2015. – 193 с.
80. Лучшева А.А. Практическая гидрометрия. – Л., 1983. – 424 с.
81. Xu H. Modification of normal-ised difference water index (NDWI) to en-hance open water features in remotely sensed imagery // International Journal of Remote Sensing. – 2006. – Vol. 27, Issue 14. – P. 3025-3033.
82. Гидрология. Испарение воды // <https://gidrologia.ru/publikatsii.> 23.01.2022.
83. Методы расчета водных балансов. Международное руководство по исследованиям и практике / под ред. А.А. Соколова, Т.Г. Чапмена. – Л., 1976. –117 с.
84. Мишон В.М. Практическая гидрофизика. – Л., 1983. – 174 с.
85. Левин И.М., Радомысльская Т.М. Оценка гидрооптических характеристик по глубине видимости диска Секки // Известия Российской академии наук. Физика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 48, №2. – С. 239-246.
86. Единный государственный фонд нормативных технических документов // <https://www.egfntd.kz/rus/page/NTD_KDS_SPRK>. 10.1.2023.
87. Алекин О.А. Методы исследования свойств и химического состава воды // В кн.: Жизнь пресных вод СССР. – М.: АН СССР, 1959. – С. 213-298.
88. Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для вод рыбохозяйственных водоемов / М-во рыб. Хоз-ва СССР. – М., 1990. – 46 с.
89. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / под ред. А.Д. Семенова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1977. –542 с.
90. Практическая гидробиология. Пресноводные экосистемы / под ред. В.Д. Федорова, В.И. Капкова. – М.: ПИМ, 2006. – 367 с.
91. Садчиков А.П. Методы изучения пресноводного фитопланктона: метод. руков. – М.: Изд-во «Университет и школа», 2003. – 157 с.

1. [Жадин В.И.](https://www.lib.tsu.ru/top/bdgm?&fq=author%3A%22%D0%93%D0%B5%D1%80%D0%B4+%D0%A1.+%D0%92.%22&fq=date_i%3A%221961%22&fq=subject_ss%3A%22+%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B0%22&sort=creator_ss+asc&q=&fq=author:%22%D0%96%D0%B0%D0%B4%D0%B8%D0%BD+%D0%92.+%D0%98.%22), Герд С.В. Реки. Озера и водохранилища СССР, их фауна и флора – М.: Гос. учеб.-пед. изд-во.,1961. – 599 с.
2. Определитель гидробионтов / под ред. В. Сладечека. – М., 1977. – 227 с.
3. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России / под ред. В.Р. Алексеева, С.Я. Цалолихина. – СПб., 2010. – Т. 1. – 495 с.
4. Сечин Ю.Т. Методические указания по оценке численности рыб в пресноводных водоемах. – М.: ВНИИПРХ, 1986. – 50 с.
5. Унифицированные методы исследования качества вод: методы химического анализа вод / СЭВ. – М., 1977. – Ч. 2. – 228 с.
6. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 376 с.
7. Никольский Г.В. Экология рыб. – М.: Высшая школа, 1974. – 376 с.
8. Определитеь пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С.Я. Цалолихина. – СПб.: Наука, 1994. – Т. 1. – 400 с.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий / под ред. С.Я. Цалолихина. – СПб.: Наука, 1995. – Т. 2. – 632 с.
10. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зообентос и его продукции / сост. А.А. Салазкин. – Л., 1984. – 52 с.
11. Китаев С.П. О соотношении некоторых трофических уровней и «шкалах трофности» озёр разных природных зон // Тез. докл. 5-го съезда ВГБО. – Куйбышев, 1986. – С. 254-255.
12. Akbayeva L.Kh., Pangaliyev E.M., Atasoy E. et al. Dynamics of changes in air temperature and precipitation in the Karaganda region // Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Bioscience Series. – 2022.– Vol. 4(141). – P. 77-88.
13. Караганда. Карагандинская область: энциклопедия / под ред. Р.Н. Нургалиева. – Алма-Ата: Казах. сов. энциклопедия, 1986. – 606 с.
14. Максутбекова Г.Т. Географическая и климатическая характеристика Жезказганского промышленного региона // Известия ВУЗов Кыргызстана. – 2020. – №1. – С. 18-25.
15. Akbayeva L., Pangaliyev Y., Atasoy E. et al. Сomparative characteristics of the lakes of the Karaganda region over the past 50 years // Eurasian Journal of Ecology. – 2023.– Vol. 4, Issue 77. – P. 28-40.
16. Bai J., Chen X. et al. Monitoring variations of inland lakes in the arid region of Central Asia // Frontiers of Earth Science. – 2012. – Vol. 6. – P. 147-156.
17. Salnikov V., Turulina G., Polyakova S. et al. Climate change in Kazakhstan during the past 70 years // Quaternary International. – 2014. – Vol. 358. – P. 77-82.
18. Yu Y., Pi Y., Yu X. et al. Climate change, water resources and sustainable development in the arid and semi-arid lands of Central Asia in the past 30 years // Journal of Arid Land. – 2019. – Vol. 11. – P. 1-14.
19. Cолнечная радиация и климат земли // [http://www.solar-climate.com/sc/sactivnost.htm. 15.03.2023](http://www.solar-climate.com/sc/sactivnost.htm%20%2015.03.2023).
20. SpaceWeatherLive // [https://www.spaceweatherlive.com/ru.](https://www.spaceweatherlive.com/ru/solnechnaya-aktivnost/solnechnyy-cikl.html) 15.03.2023.
21. Pangaliyev Y., Akbayeva L., Mamytova N. et al. Assessment of Water Regime, Management and Quality Analysis Based on Water Quality Indices – A Case of Karaganda Region, Kazakhstan // Polish Environmental Studies Journal. –2024. – Vol. 33, Issue 1. – P. 781-801.
22. Ежедневный гидрологический бюллетень Казгидромет / // <https://www.kazhydromet.kz/ru/>. 10.01.2022.
23. Фактическая время // [https://timewek.ru/citysun.php](https://timewek.ru/citysun.php?sID=220_201&sMOD=1). 17.01.2022.
24. Новикова Л.А., Соколова М.С. Структура и динамика растительности Кунчеровской степи // Известия ПГУ им. В.Г. Белинского. – 2008. – №14. – С. 13-25.
25. Akbayeva L.Kh., Pangaliyev Y.M., Mamytova N.S. et al. Hydroecological indicators of Lake Bolshoy Sarykol, Karaganda Region // Bulletin of L.N. Gumilyov ENU. Bioscience Series. – 2023.– Vol. 4, Issue 45. – P. 120-132.
26. Morris S., Oliver S. Respiratory gas transport, haemocyanin function and acid–base balance in Jasus edwardsii during emersion and chilling: simulation studies of commercial shipping methods // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1999. – Vol. 122. – P. 309-321.
27. Mitterer R.M. Methanogenesis and sulfate reduction in marine sediments: A new model // Earth and Planetary Science Let. – 2010. – Vol. 295. – P. 358-366.
28. Bhateria R., Jain D. Water quality assessment of lake water: a review// Sustainable Water Resources Management. – 2016. – Vol. 2. – P. 161-173.
29. Мануйленко В.В., Куницын И.И. Статистические и балльно-весовые методы оценки репутационных рисков коммерческих банков // Дайджест-финансы. – 2019. – Т. 24, №2. – С. 191-206.
30. Козина В.В., Жуманова А.З. Динамика численности населения и развитие этнической структуры Центрального Казахстана в современный период // Столица и провинции: взаимоотношения центра и регионов в истории России: матер. 12-й всерос. науч. конф. с междунар. уч. – СПб., 2021. – С. 104-107.
31. Woolway R.I., Sharma S., Smol J.P. Lakes in Hot Water: The Impacts of a Changing Climate on Aquatic Ecosystems // BioScience. – 2022. – Vol. 72, Issue 11. – P. 1050-1061.
32. Tussupova K., Hjorth А.P., Moravej M. Drying Lakes: A Review on the Applied Restoration Strategies and Health Conditions in Contiguous Areas // Water. – 2020. – Vol. 12, Issue 3. – P. 1-21.
33. Kheirfam H., Asadzadeh F. Stabilizing sand from dried-up lakebeds against wind erosion by accelerating biological soil crust development // European Journal of Soil Biology. – 2020. – Vol. 98. – P. 1-7.
34. Mischke S., Zhang C, Plessen B. Lake Balkhash (Kazakhstan): Recent human impact and natural variability in the last 2900 years // Journal of Great Lakes Research. – 2020. – Vol. 46. – P. 267-276.
35. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А. и др. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. – 2015. – №6. – С. 15-19.
36. Шишкин И.А., Шишкин А.И., Жильникова Н.А. Современная концепция и методы нормирования техногенной нагрузки на водные объекты и предотвращения подтопления // Биосфера. – 2018. – №2. – С. 143-175.
37. Bertrand G., Siergieiev D., Ala-Aho P. et al. Environmental tracers and indicators bringing together groundwater, surface water and groundwater-dependent ecosystems: importance of scale in choosing relevant tools // Environ Earth Sci. –2014. – Vol. 72. – P. 813-827.

**ҚОСЫМША А**

Қарағанды облысының көлдеріндегі далалық зерттеулер



Сурет А.1 - Үлкен Сарыкөл көлінен 1 км қашықтықта орналасқан Суықсу ауылы



Сурет А.2 - Тоқсымақ көлі



Сурет А.3 - Көл тереңдігін өлшейтін қол лоты



Сурет А.4 - Үлкен Сарыкөл көлінің гидрохимиясын анықтау үшін алынған сынама үлгілері



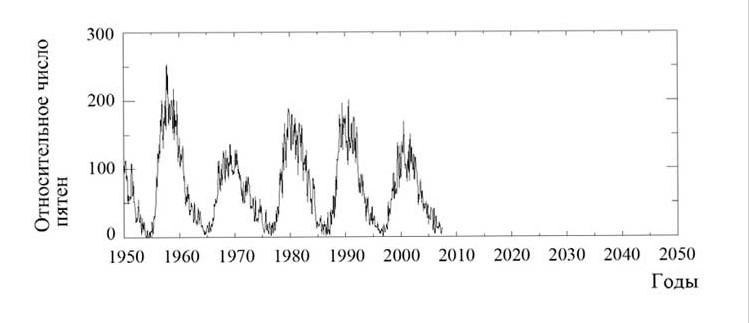
Сурет А.5 - Үлкен Сарыкөл көлінен Апштейн торымен планктонды организмдер жинау



Сурет А.6 - Үлкен Сарыкөл көлінен гидробиологиялық тор сүзгіш арқылы макрофиттер жинау

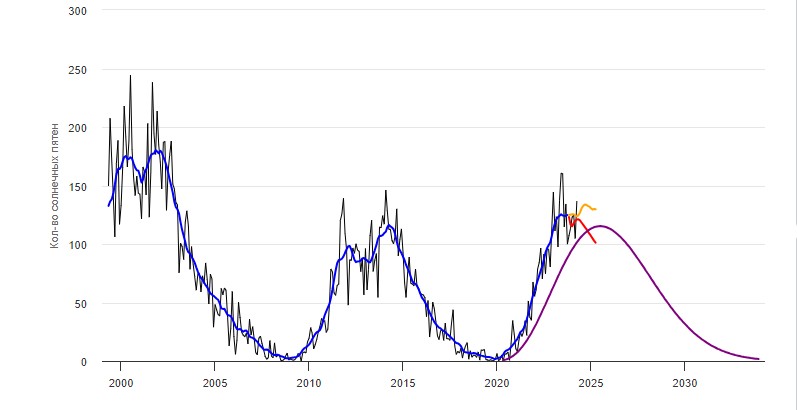
**ҚОСЫМША Ә**

Күн сәулесі белсенділігі графигі



Сурет Ә.1 – 1950 жылдардан кейінгі күн циклі кезіндегі күн дақтарының санының графигі

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [200]



Сурет Ә.2 – 2000 жылдардан кейінгі күн циклі кезіндегі күн дақтарының санының графигі

Ескерту – Әдебиет негізінде құралған [201]

**ҚОСЫМША Б**

Кесте Б.1 – Қарағанды және Ұлытау облыстарындағы көлдердің гидроморфологиялық көрсеткіштері

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Атауы | Көлдердің ауданы, км2 | Көлдің су жинайтын алабы, км2 | Координаталары |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Шошқалы | 0,6 | 47 | 47°52'30.9"N 64°37'51.2"E |
| Қобыкөл | 1,0 | 31 | 49°50'46.7"N 71°53'40.0"E |
| Қошқарлы | 1,0 | 22 | 50°26'18.3"N 72°37'12.3"E |
| Шағырлыкөл | 1,01 | 38 | 48°28'55.0"N 70°31'21.5"E |
| Ақкөл | 1,01 | 15 | 49°46'40.1"N 75°17'07.7"E |
| Шеңгел | 1,12 | 33 | 49°31'41.5"N 75°09'07.7"E |
| Ігілік | 1,17 | 58 | 47°45'56.3"N 65°00'39.3"E |
| Үлкен Сарыкөл | 1,2 | 12 | 49°28'41.6"N 73°41'51.8"E |
| Айсакөл | 1,2 | 25 | 50°16'42.6"N 71°39'02.7"E |
| Байтуған | 1,2 | 34 | 50°21'12.5"N 71°26'32.3"E |
| Сарыкөл | 1,2 | 31 | 49°34'17.1"N 76°51'03.4"E |
| Ащыкөл | 1,25 | 10 | 49°29'34.6"N 75°13'05.0"E |
| Жайқопа | 1,25 | 28 | 50°07'54.9"N 70°53'31.3"E |
| Ботағанкөл | 1,3 | 92 | 48°30'14.0"N 70°37'22.8"E |
| Көрпеш | 1,3 | 67 | 50°30'57.3"N 71°31'31.0"E |
| Жартас | 1,3 | 61 | 49°30'07.7"N 75°14'40.7"E |
| Жыңгырлыкөл | 1,44 | 49 | 48°18'38.7"N 70°16'13.1"E |
| Бозкөл | 1,95 | 323 | 48°10'23.6"N 70°01'20.1"E |
| Арықтыкөл | 1,96 | 80 | 50°06'34.8"N 72°26'37.9"E |
| Коға | 2,0 | 47 | 48°45'47.7"N 65°11'44.0"E |
| Досантомар | 2,0 | 29 | 50°01'14.8"N 71°09'30.2"E |
| Алабас | 2,03 | 43 | 49°59'13.1"N 70°50'28.1"E |
| Доғалан Қарасоры | 2,03 | 56 | 49°34'01.3"N 76°53'40.1"E |
| Балыкшы | 2,1 | 48 | 50°05'46.8"N 71°40'34.3"E |
| Қайындыкөл | 2,1 | 40 | 50°15'05.5"N 74°45'30.1"E |
| Құмдыкөл | 2,1 | 51 | 50°27'54.0"N 73°58'29.6"E |
| Кішкенекөл | 2,1 | 39 | 49°17'20.2"N 67°39'40.8"E |
| Сарыбұлақ | 2,1 | 28 | 49°43'02.4"N 71°36'26.3"E |
| Сасыккөл | 2,14 | 42 | 49°59'07.0"N 70°22'40.9"E |
| Каракөл | 2,17 | 178 | 49°43'20.4"N 76°18'11.3"E |
| Шұбар | 2,2 | 51 | 49°35'22.7"N 71°45'21.2"E |
| Баятаркөл | 2,2 | 66 | 49°27'31.5"N 71°17'41.4"E |
| Томармыскөл | 2,3 | 36 | 49°17'54.5"N 67°43'45.0"E |
| Мантен | 2,4 | 34 | 50°10'51.5"N 73°30'39.8"E |
| Жаманкөл | 1,6 | 31 | 50°05'43.6"N 71°25'23.0"E |
| Құмкөл | 1,6 | 203 | 48°42'32.9"N 70°36'32.3"E |
| Сейтқазы | 1,6 | 40 | 50°02'12.0"N 70°49'20.9"E |
| Арықты | 1,5 | 58 | 50°08'20.8"N 70°56'54.2"E |
| Қойтас | 1,7 | 10 | 49°35'25.6"N 75°08'19.6"E |
| Таскөл | 1,7 | 19 | 50°10'42.6"N 71°16'07.3"E |
| Байтаркөл | 1,76 | 43 | 49°36'08.3"N 75°13'08.9"E |
| Көкөзек | 1,8 | 49 | 50°40'00.1"N 77°02'50.6"E |
| Б.1-кестенің жалғасы | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Арықты | 1,8 | 41 | 50°20'31.6"N 71°21'48.0"E |
| Ағаштыкөл | 1,88 | 96 | 50°09'14.6"N 72°01'21.9"E |
| Үлкен көл | 1,9 | 24 | 49°22'57.8"N 75°30'46.4"E |
| Соркөл | 1,9 | 230 | 48°33'34.7"N 70°16'47.9"E |
| Жарлыкөл | 1,9 | 50 | 50°02'30.5"N 70°29'20.4"E |
| Сарыала | 3,7 | 33 | 50°03'22.1"N 71°46'08.0"E |
| Байсал | 3,8 | 62 | 49°51'22.1"N 71°08'51.5"E |
| Шөптікөл | 3,8 | 48 | 50°42'00.2"N 73°20'55.6"E |
| Тұзкөл | 3,8 | 35 | 49°56'53.9"N 70°48'48.6"E |
| Карасор | 4,0 | 149 | 50°00'11.7"N 76°59'54.6"E |
| Сасықкөл | 4,0 | 75 | 49°00'33.1"N 71°27'17.0"E |
| Жаманкөл | 4,09 | 65 | 49°56'51.7"N 72°01'39.3"E |
| Курганкөл | 4,3 | 69 | 50°18'42.3"N 73°46'44.3"E |
| Сопаксор | 4,5 | 111 | 49°38'26.9"N 71°42'54.2"E |
| Қаратомар | 4,6 | 41 | 49°55'29.3"N 70°57'13.4"E |
| Тоқсұмақ | 4,6 | 68 | 50°39'37.9"N 72°30'13.1"E |
| Алакөл | 4,7 | 125 | 49°47'55.4"N 70°29'18.7"E |
| Қоскөл | 4,72 | 56 | 49°31'01.7"N 67°03'29.8"E |
| Қамыстыкөл | 4,8 | 303 | 49°34'09.4"N 67°04'08.8"E |
| Ащыкөл | 5,0 | 98 | 50°01'55.9"N 74°33'05.5"E |
| Талдыкөл | 2,5 | 43 | 50°53'12.1"N 73°01'02.4"E |
| Балықты | 2,65 | 214 | 49°26'01.5"N 71°39'12.7"E |
| Маржанкөл | 2,65 | 64 | 50°07'06.5"N 71°53'31.4"E |
| Шалкаркөл | 2,7 | 33 | 50°14'21.1"N 74°54'13.7"E |
| Сұлуқамыс | 2,8 | 17 | 49°51'53.9"N 71°21'38.7"E |
| Басбайтал | 2,9 | 50 | 49°03'19.2"N 67°17'34.0"E |
| Тұзкөл | 2,95 | 39 | 49°46'24.8"N 75°39'24.2"E |
| Балтабек | 3,0 | 62 | 50°37'09.2"N 77°04'02.4"E |
| Тапалкөл | 3,1 | 49 | 49°47'36.8"N 70°39'33.7"E |
| Саумалкөл | 3,1 | 56 | 50°28'10.3"N 71°38'07.8"E |
| Көк-Домбақ | 3,3 | 82 | 47°00'28.9"N 74°24'40.4"E |
| Талдыкөл | 3,46 | 37 | 50°22'56.2"N 72°07'51.2"E |
| Күренала | 3,7 | 29 | 50°00'39.7"N 71°42'38.1"E |
| Сарықасқа | 7,8 | 66 | 50°29'53.6"N 77°00'29.1"E |
| Өстемір | 8,1 | 127 | 49°52'18.5"N 70°41'11.9"E |
| Қарауқамыс | 8,4 | 94 | 50°08'44.9"N 71°01'51.8"E |
| Қаракөл | 8,49 | 160 | 50°48'42.9"N 73°17'23.4"E |
| Құмкөл | 9,6 | 107 | 50°08'25.6"N 71°15'19.8"E |
| Құлтансор | 11,3 | 134 | 49°45'10.9"N 71°27'55.8"E |
| Бараккөл | 11,8 | 82 | 49°18'52.0"N 67°16'29.7"E |
| Көктенкөл | 12,4 | 2584 | 48°31'30.4"N 72°06'13.8"E |
| Саумалкөл | 13,4 | 307 | 49°48'47.6"N 74°59'24.0"E |
| Ащыкөл | 16,0 | 117 | 49°15'56.1"N 67°31'11.9"E |
| Катынкөл | 16,2 | 364 | 49°44'08.9"N 75°09'00.8"E |
| Тассуат | 18,6 | 67 | 49°50'26.7"N 71°18'19.1"E |
| Боттақара | 21,1 | 495 | 50°06'18.4"N 73°43'35.0"E |
| Сасықкөл | 22,3 | 208 | 49°37'54.6"N 72°28'50.6"E |
| Б.1-кестенің жалғасы | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| Шошқакөл | 26,7 | 360 | 49°16'57.2"N 70°49'29.5"E |
| Татырсор | 5,3 | 71 | 49°46'46.5"N 71°28'26.4"E |
| Алаботалы | 5,3 | 28 | 49°56'17.9"N 70°53'38.0"E |
| Сор | 5,7 | 81 | 50°14'58.5"N 71°19'39.0"E |
| Қабыршақты | 5,8 | 916 | 48°20'08.8"N 69°31'15.4"E |
| Ізенді | 5,8 | 127 | 49°51'51.7"N 70°58'13.3"E |
| Обала | 5,9 | 93 | 48°52'58.8"N 65°07'39.0"E |
| Шөптікөл | 6,1 | 175 | 50°22'29.4"N 71°34'05.1"E |
| Батпақкөл | 6,3 | 84 | 50°36'20.3"N 74°01'18.5"E |
| Бұршақтыкөл | 6,3 | 76 | 49°12'49.0"N 67°37'26.3"E |
| Байсүйген | 6,4 | 70 | 48°05'09.1"N 69°31'39.9"E |
| Балыктыкөл | 28,7 | 565 | 49°47'36.3"N 75°56'07.2"E |
| Шыбынды | 30,1 | 617 | 50°34'04.1"N 73°40'56.4"E |
| Карақойын | 77,1 | 612 | 46°07'36.8"N 68°39'52.3"E |
| Қарасор | 147 | 8750 | 49°52'30.1"N 75°21'48.8"E |
| Саумалкөл | 6,6 | 107 | 50°02'56.3"N 75°59'46.2"E |
| Биесойған | 6,6 | 70 | 48°05'01.3"N 69°31'56.3"E |
| Қаратай | 6,7 | 89 | 50°12'39.9"N 71°11'02.4"E |
| Ащысор | 6,9 | 157 | 50°11'46.2"N 71°05'26.0"E |
| Рудничное | 7,4 | 30 | 50°13'38.1"N 74°52'15.1"E |