

**ҚОЖА АХМЕТ ЯСАУИ АТЫНДАҒЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҚАЗАҚ-  
ТҮРІК УНИВЕРСИТЕТІ**

ӘОЖ: 556.113

Қолжазба ретінде

**Есім Ергөбек Сапарбекұлы**

**ҮЛКЕН АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЛДЫҚ СУ АЙДЫНДАРЫНДАҒЫ  
ГИДРОФИЗИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕР**

«7M05325 – Физика»

магистрі дәрежесін алу үшін магистрлік диссертация

Ғылыми жетекшісі:

  
(қолы)

Ф.- м.ғ.д., профессор Тұрмамбеков Т.А  
(Т.А.Ә., ғылыми дәрежесі, ғылыми атағы)

Магистрлік диссертация қорғауға жіберілді: « 28 » 05 20 21 ж.

Кафедра меңгерушісі:

(қолы)



(Т.А.Ә., ғылыми дәрежесі,

PhD, Сейтов Б.Ж

ғылыми атағы)

**Түркістан, 2021ж.**

<b>БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР .....</b>	<b>2</b>
<b>КІРІСПЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>1 ЖАЛПЫ СИПАТТАМА .....</b>	<b>10</b>
1.1 Физикалық-географиялық сипаттамалары.....	10
<b>2 АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ТАРИХЫ МЕН ДАМУЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІ.....</b>	<b>19</b>
<b>3 КАТЛОВАННАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМ.....</b>	<b>23</b>
<b>4 ҚЫСҚА КЛИМАТИКАЛЫҚ СИПАТТАМА .....</b>	<b>25</b>
4.1 Климатты қалыптастыру факторлары .....	25
4.2 Климаттың жеке элементтерінің сипаттамалары .....	26
4.2.1 Ауа температурасы .....	26
4.2.2 Ауаның ылғалдылығы.....	28
4.2.3 Атмосфералық жауын-шашын.....	30
<b>5 СУ БАЛАНСЫ.....</b>	<b>31</b>
5.1 Жалпы ақпарат және су балансының теңдеуі.....	31
5.2 Су балансы компоненттерінің сипаттамалары.....	34
5.2.1 Өзен ағысы .....	34
5.2.2 Атмосфералық жауын-шашын.....	36
5.2.3 Булану.....	37
<b>6 ТЕҢІЗ ДЕҢГЕЙІ.....</b>	<b>40</b>
6.1 Жалпы ақпарат және теңіз деңгейі туралы зерттеулер.....	40
6.2 Көпжылдық теңіз деңгейінің ауытқуы.....	40
6.3 Теңіз деңгейінің маусымдық тербелісі .....	42
<b>7 СУДЫҢ ТҰЗДЫЛЫҒЫ.....</b>	<b>43</b>
7.1 Тұздылықты анықтайтын негізгі факторлар.....	43
7.2 Жағалаудағы судың тұздылығы.....	44
7.3 Теңіз суларының және оның кейбір аймақтарының орташа тұздылығының ұзақ мерзімдік өзгерістері.....	45
<b>8 ТЕҢІЗ ЖӘНЕ АРАЛ АЙМАҒЫНЫҢ ДЕГРАДАЦИЯСЫ.....</b>	<b>46</b>
<b>ТЕҢІЗДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ.....</b>	<b>53</b>
<b>ҚОРЫТЫНДЫ.....</b>	<b>60</b>
<b>ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ .....</b>	<b>62</b>

## КІРІСПЕ

Арал теңізі Жақын уақытқа дейін толық қанды болып, қоршаған табиғат пен адамға қызықты да көркем өмір сыйлаған. Онда балық аулау өндірісі жақсы дамығанды, ал теңіз маңызды аймақтық көлік артериясы ретінде де қызмет етті. Сырдария мен Амударияның кең дельталары флора мен фаунаның алуан түрлілігін, сондай-ақ суармалы егіншілікті, мал өсіруді, аң аулау мен балық аулау және қамыстан құрылыс материалдарын жинауды қолданды. Бірақ біздің уақытымызда Арал теңізі құрдымға кетіп жатқан теңізге айналды. Осы үлкен теңіздің орнына тұзды шөлдің көптеген шаршы шақырымы пайда болып отыр.

Диссертациялық жұмысым Арал проблемасына арналған. **Мәселенің өзектілігі** Арал теңізінің құрдымға кетуі тек Қазақстанның ғана емес, Орталық Азияның да басты проблемасы болып экологиялық қауіп төндіретіндігінде. Бұл болжамсыз, мүмкін болып отырған апатты, климаттың өзгеруіне әкеледі. Бұл қазірдің өзінде әлемдік апатқа қауіп төндіріп тұр.

**Жұмыстың мақсаты** - осындай қайғылы салдарға әкеп соқтырған Арал теңізінің қазіргі проблемаларын қарастыру.

Диссертация жұмысының мақсаты:

- теңіздің гидрофизикалық жалпы сипаттамасын беру;
- оның су балансының, көлемінің өзгеру динамикасын көрсету;
- табиғи, гидрофизикалық процестердің қасиеттері мен әсерлері;
- Теңізді одан әрі қалпына келтірудің нұсқаларын қарастыру;
- Үлкен (оңтүстік) Арал теңізінің кейбір бөліктерін қалпына келтіру мүмкіндігін қарастыру.

Жұмыста көл бассейнінің сипаттамалары мен деградацияға әкелетін себептерді қарастырып проблеманы шешу жолдарына айтарлықтай үлес қосу. Осы мәселелерді қарастыру жолдарында көптеген мақалалар мен конференция материалдарын қарастыруға тура келді, соның нәтижесінде толығырақ ақпарат беретін кестелер мен суреттерді ұсынып отырмыз.

Сонымен қатар осы мәселелерге байланысты мен алғашқы диссертациямның басында дүние жүзінде арал теңізінен басқа қандай теңіздер мен көлдер құрдымға кетіп бара жатқанын, ол жерлер мен елдерде нендей іс-шаралар қолданып жатқандығымен де оқырмандарды хабардар етіп, қандай қолданып жатқан қандай шаралар бар деген сұрақ туыды. Осыған байланысты теңіздер мен өзендердің жағдайынан қысқаша мәліметті беріп отырғаным диссертацияның құндылығын одан да ары артырады деп ойлаймын.

Бүгінгі таңда әлемде ең үлкен ондаған теңіздер мен көлдер, олар жақын арада мәңгілікке жоғалып кету қауіпі бар. Өкінішке орай, көп жағдайда кінә толығымен адамға байланысты. Біз ауылдардағы немесе қала маңындағы шағын өзендер мен көлдер уақыт өте келе құрғап қалатын жағдайлармен таныспыз. Бұл мүлдем қалыпты құбылыс: бір жерде су объектілері таязданады, керісінше, жаңалары пайда болады. Алайда, ғарыштан көрінетін су объектілерінің жоғалуы туралы сөз болғанда, онда айқын әлемдік мәселелер туындайды.

Өлі теңіз Орналасқан жері: Палестина, Израиль, Иордания Ауданы: 325 км<sup>2</sup>, қазір 147 км<sup>2</sup> болды Жоюдың болжамды уақыты: 2070 ж Біздің келесі ұрпақ Өлі теңіз бетінде жатып, газет оқудың рахатын енді сезіне алмауы мүмкін. Бұл жылдам тайыздануға байланысты, нәтижесінде теңіз жылына 1 метр тереңдікті жоғалтады. Табиғаттың бұл кереметін мамандар Аралдың 50 жылдағы тағдырымен байланыстырады. Арал теңізі жағдайындағы сияқты, Өлі теңіздің кеуіп қалуының себебі адам факторы, атап айтқанда ағынды суды ауыл шаруашылығында пайдалану. Бірақ Арал теңізінен айырмашылығы, Өлі теңізді құтқаруға болады. Алайда, аумағында теңіз орналасқан елдердің геосаяси жағдайының тұрақсыздығынан, сондай-ақ жобаның қымбаттығынан олар бұлай болуға әзірге жол бермейді.

Израиль, ПНА және Иордания Өлі теңіздің құрғауын тоқтатуды жоспарлап отырған 180 шақырымдық канал салуға келісті

Чад көлі Орналасқан жері: Батыс Африкадағы ағынсыз, аздап тұзды көл. Нигерия, Нигер және Чад шекараларының түйіскен жерінде Суданның табиғи аймағында орналасқан Камерунның солтүстік шекарасы оның оңтүстік бөлігімен өтеді. Теңіз деңгейінен 250 метр биіктікте жатыр. Көл - ежелгі үлкен су қоймасының қалдықтары. Оған Шари және Комадугу-Йобе өзендері құяды. Көл су деңгейінің сәйкессіздігімен және жағалаудың сұлбаларымен ерекшеленеді.: 400,000 км<sup>2</sup>, қазір 2500 км<sup>2</sup> болды. Бұл көлдің нақты жасы және оның бастапқы аумағы әлі күнге дейін белгісіз. Ғалымдар шамамен 7000 жыл бұрын қазіргі көлдің аумағында Мега-Чад су қоймасы болған, оның акваториясы 1 миллион кв. км аумаққа жетуі мүмкін деп болжайды. Көлдің үлкендігіне қарамастан, оның тереңдігі әрдайым таяз болған. тереңдігі 4 метрден 11 метрге дейін. Деңгейдің маусымдық ауытқуынан басқа, шөлейттену процестерімен байланысты жыларалық өзгерістер тән.

Сондықтан судың мөлшері әрқашан жауын-шашын мен маусымдыққа тәуелді болды. Өзендердің сағаларына жақын жерде су тұщы, қалғандарында аздап тұзды. Көлде іргелес аудандардың жер асты суларын қоректендіретін жерасты ағынына байланысты су үнемі өзгеріп отырады. Тереңдігі таяз болғанымен, көл көптеген мыңжылдықтар бойы жойылып кеткен жоқ. Алайда, ғалымдар мұның шексіз жалғасатынына сенбейді. Олардың ойынша, 12 жылдан кейін бұл көлдің ұлылығын тек жай батпаққа айналады.

Үлкен тұзды көл Орналасқан жері: АҚШ-тың батысында (Юта) Ұлы бассейн таулы аймағындағы ішкі дренажды тұзды көл. Көл теңіз деңгейінен 1280 метр биіктікте жатыр. Бұл мұз дәуірінде болған кең Бонневиль көлінің қалдықтары. Шөл, батпақты және батпақты жерлерде өте құрғақ жерде орналасқан.

Көлдің ауданы (орта есеппен 4351 шаршы шақырым) булануға және ағынға байланысты өте үлкен өзгеріске ұшырады: 6,2 мың шаршы шақырымға дейін. 1900-1904 жылдары көл құрғап қала жаздады, Енді көл тұзды батпаққа және

бірнеше шағын су айдындарына айналды. Олардағы су деңгейі маусымдыққа байланысты. Жергілікті билік пен экологтар бұл көлді сақтап қалуға үлкен күш салуда. 1935 жылдан бастап деңгей біртіндеп артып келеді. Көлдің орташа тереңдігі 4,5-7,5 метр, максимумы 13-15 метр. 137-ден 300-ге дейін тұздылық. Алайда, 2016 жылы ғалымдар су деңгейі төмендейтіндігін өкінішпен хабарлады[2]. Алайда олар бұл су қоймасының тағдыры туралы нақты болжамдар бермейді.

Урмия көлі Орналасқан жері: Иранның солтүстік-батысында жабық тұзды көл. Теңіз деңгейінен 1275 метр биіктікте орналасқан. Ол Күрд тауларының шығыс бөктеріндегі тектоникалық ойпатта орналасқан. Жағалары негізінен аласа, сортаңды және батпақты. Ірі саласы - Джагату өзені[3-4]. Көлдің мөлшері үлкен маусымдық және жыл аралық ауытқуларға ұшырайды. Аумағы: 20000 км<sup>2</sup>, ұзындығы 140 шақырым, ені 40-55 шақырым. Максималды тереңдігі 16 метрге жетеді. болды: 2018 жыл Дәстүрлі түрде су тапшылығы проблемасы бар Орталық Азия мен Таяу Шығыстағы елдерде олар үлкен су қоймаларынан құрғап кету мәселесіне соншалықты немқұрайлы қарайтыны өте таңқаларлық. Арал теңізі іс жүзінде жойылды. Ал биыл планетадағы ең ірі жабық тұзды көлдердің бірі - Урмия көлі мүлдем жойылып кетуі мүмкін. Тұрақты құрғақшылық жағдайында бақылан-байтын су алудың нәтижесінде 1984 жылдан бастап көлдегі су көлемі 70% -ға азайды. Яғни көл толығымен құрғап қалатын болса, шамамен 14 миллион адам 10 миллиард тонна тұздың ортасында қалуы мүмкін. Бақытымызға орай, қазіргі Иран үкіметі мәселенің маңыздылығын бағалап, жағдайды түзетуге қаражат бөлді. БҰҰ-мен бірге көлді құтқару үшін арнайы бағдарлама жасалды. Енді ол баяу қалпына келе бастады. Алайда, ғалымдар көл мәңгі жоғалып кетпес үшін бағдарлама үздіксіз жұмыс істеуі керек деп талап етуде[5].

Юеяцуан көлі - Гоби шөліндегі көл, Қытайдың Дунхуан қаласынан алты шақырым жерде. Ол жан-жағынан оазисті құмды дауылдың әсерінен қорғайтын құм төбелерімен қоршалған. Көлдің ерекшелігі - оның жарты айға ұқсайтын ерекше формасы. 1960 жылы көлдің орташа тереңдігі 4,5 метрді құрады (максималды тереңдігі - 7,5 метр). 1970 жылы ауылшаруашылық жерлерін суландыруды арттыру үшін Данг өзеніне бөгет орнатылды. 1990 жылдардың басына қарай көлдің орташа тереңдігі 0,9 метрге дейін төмендеді (максимум - 1,3 метрге дейін) [6]. Су бетінің ауданы 5,5 мың шаршы метрге дейін азайтылды. Жер үсті және жер асты суларының тепе-теңдігі сақталмады. Бірнеше жыл бойы үкімет оазисті кеуіп кетуден құтқару үшін осында сумен қамтамасыз етуді жоспарлаған. Бірақ бұл жоспарлар қаражаттың болмауынан ешқандай жолмен жүзеге асырылмады. 2006 жылы ғана жергілікті билік орталық үкіметтің қолдауымен көлді оның тереңдігін қалпына келтіріп, сумен толтыра бастады. Содан бері көлдің тереңдігі мен мөлшері іс жүзінде бұрынғы мәндеріне оралды[7].

Хунцзяннао көлі (Хунцзяннао) - Шэньси провинциясында (Солтүстік-Батыс Қытай) орналасқан бүкіл Қытайдағы ең үлкен шөлді көл мәртебесіне ие тұщы су көлі. Өткен ғасырда немесе одан да көп уақыт ішінде көл Шэньси

провинциясының солтүстік-батыс бөлігінде суды дамытудың маңызды көзі болды[8]. Су денесі біртіндеп кебеді. 1968 жылы көлдің ауданы 32,16 шаршы шақырымды құрады, бірақ 1990 жылдардан бастап жағалаудағы шегіну ерекше айқындала бастады және қазір 800 метрден асады. 2012 жылы көлдің айна ауданы 32,88 шаршы шақырымды құрап, 1986 жылдан бастап шамамен 43% азайған. Көлдегі судың көлемі 2005 жылы 7,4% төмендеді, 2011 жылы тағы 5,55% төмендеу байқалды, 2012 жылы олардың саны жылына 2,89% деңгейінде тоқтады. Көлдің құрғау тенденциясы жалғасуда; сонымен қатар, ғалымдар атап өткендей, соңғы жылдары оның су беті аумағының азаю жылдамдығының үдеу белгілері байқалуда[9].

Осы жойылып баражатқан су қоймалары ЮНЕСКО-ның бүкіләлемдік мұралар тізіміне енгізілген.

Арал теңізі Орналасқан жері: Өзбекстандағы (Қарақалпақстан) және Қазақстандағы ішкі дренажды тұзды көл-теңіз. Аумағы: 68000 км<sup>2</sup>, қазір 8303 км<sup>2</sup> болды. Яғни Арал теңізі әлемдегі ең ірі көлдер тізімінде 4-ші орында болатын. XX ғасырдың 50-60 жылдарында басталған Орта Азия мен Қазақстанда суғаруға суды бақылаусыз алып қоюға байланысты Арал теңізіне судың ағысы күрт төмендеп, кейде (1980 ж.) [10-12] Мүлдем тоқтап қалды. Бір жыл ішінде жер бетіндегі судың булануына байланысты деңгейдің өзгеруі шамамен 1 метрді құрады, бұл өзгеріс енді өзен ағынымен өтелмеді. Енді көлдің құрғақ бөлігі бойынша ондаған шақырымдарда шашырап жатқан, бұрынғы кезде батып кеткен кемелер ғана осы көлдің ауқымдылығы мен тереңдігін еске түсіреді. Егістіктерді Суғару каналдарын салудың жақсы

Арал теңізі ауданының өзгерісі мақсатына қарамастан, нәтижесінде даланың орнында оазистің пайда болуына әкеліп қана қоймай, алып көлді «шалшыққа» айналдырды. Теңіз жыл сайын 80-90 см таяздалынып отырды. Судың тұздылығы көтеріліп, балықтардың жойылуына алып келді. Шағын балық шаруашылығы тек Кіші Аралда ғана сақталды. Арал теңізінің болашақ тағдыры туралы болжамдар көңіл көншітпейді десек те Қазақ республикасы өз тарапынан істедініп жатқан жұмыс өз нәтижесін беруде[13].

Арал теңізінің проблемасы шамамен елу жылдан аса уақыттарда ғылыми және халық шаруашылық ұйымдары мен қалың жұртшылықтың назарын өзіне аударып келеді. Қазіргі уақытта Теңіз режимі бұрын-соңды болмаған антропогендік әсерге ұшырауда соның әсерінен бірыңғай географиялық объект ретінде теңіздің бар екендігі туралы мәселе күн тәртібінде тұр[14]. Теңіздің бір бөлігін сақтау және оның жекелеген аудандарын қайта құру арқылы оның кебуі мен тұздануына байланысты жағымсыз салдарларды әлсіретуге ізденістер жүргізілуде.

Арал теңізі - теңіз және өзендік сипаттамалары бар үлкен ішкі ағынсыз тұзды су аймағы. Теңіздің болуы және оның режимінің негізгі сипаттамалары ең алдымен Амудария мен Сырдария суларының құйылуына байланысты. 1960 жылдардың басына дейін, суармалы егіншіліктің негізгі аймағы болып табылатын теңіз бассейніндегі өзен ағынының қайтарымсыз қолданыстан тартылуының үнемі өсуіне қарамастан, өзен суларының теңізге ағуы және оның

режимі салыстырмалы түрде тұрақты кеміп келді[15-20]. Осы жылдары Арал теңізі Орта Азия мен Қазақстанның экономикасында маңызды рөл атқарды - қолайлы жылдары балық аулау 400-500 мың центнерге жетті, Амудария мен Сырдария атырабында 1 миллионнан астам ондатра терісі жиналды. Кеме қатынасы теңіз экономикасына белгілі мөлшерде өз үлесін қосты.

Арал теңізі қоршаған территориялардың табиғи-климаттық жағдайларына тиімді әсер етті. 1950 ж.-да Арал теңізі бассейнінде суды басқарудың күрт өсуіне, қайтарымсыз тартылулардың ұлғаюына және Амудария мен Сырдария ағынының реттелуіне байланысты гидрологиялық және гидрохимиялық өзгерістердің болжамды есептеулерінің нәтижесінде теңіздің жағдайлары күрт өзгеріске ұшырады, бұл теңізге құйатын өзендер ағынының азаюының жағымсыз салдарын айқын көрсетті.

Шын мәнінде бұл қолданбалы өзгерістердің нәтижесінде барлық алдын ала болжап күткендерден асып түсті. Соңғы он жылдықтарда теңіз бассейніндегі суармалы егіншіліктің қарқынды өсуі және су ресурстарын ұтымсыз пайдалану олардың іс жүзінде сарқылуына әкеліп соқтырды, нәтижесінде өзен суларының теңізге құйылуы 1981-1985 жж. санитарлық шығарылым деңгейіне дейін. Сонымен бірге теңізге келетін су ағынының сапасы нашарлап, қазіргі кезде Амударияның өзен сулары теңізге мүлде жете бермейді. Мұның бәрі теңіз режимінде және оның экожүйесінде қайтымсыз өзгерістерге әкеліп соқтырды. Теңіз өзінің балық аулау шаруашылығы және навигациялық маңыздылығын мүлдем жоғалтылды. Теңіздің құрғап қалуы Арал маңы табиғи ортасының айтарлықтай өзгеруіне әкеліп соқтырды, іргелес территориялардың ұлттық экономикалық кешенінің әлеуметтік-экономикалық құрылымында үлкен өзгерістер болды[21].

Арал теңізі - бұл үлкен табиғи зертхана ретінде орын алды, мұнда үлкен ішкі материктегі су айдынының табиғи режиміне және іргелес аумақтардың табиғи ортасына антропогендік араласудың жағымсыз салдарының бүкіл кешені көрінеді.

## **1. ЖАЛПЫ СИПАТТАМА.**

### **1.1. Физикалық-географиялық сипаттамалары**

Арал теңізі көршілес екі республиканың аумағында орналасқан: оның солтүстік-шығыс бөлігі Қазақстан территориясында, ал оңтүстік-батыс бөлігі Өзбекстан аумағында (Қарақалпақстан Республикасы) орналасқан (1.1-сурет) [22-23]. Республикалар арасындағы шекара батыс жағалауды  $45^{\circ}35'$  солтүстік ендікте де ал, және шығыс жағалауды солтүстік ендік бойынша  $44^{\circ}13'$ .



1.1- Сурет - Арал теңізінің орналасқан жері

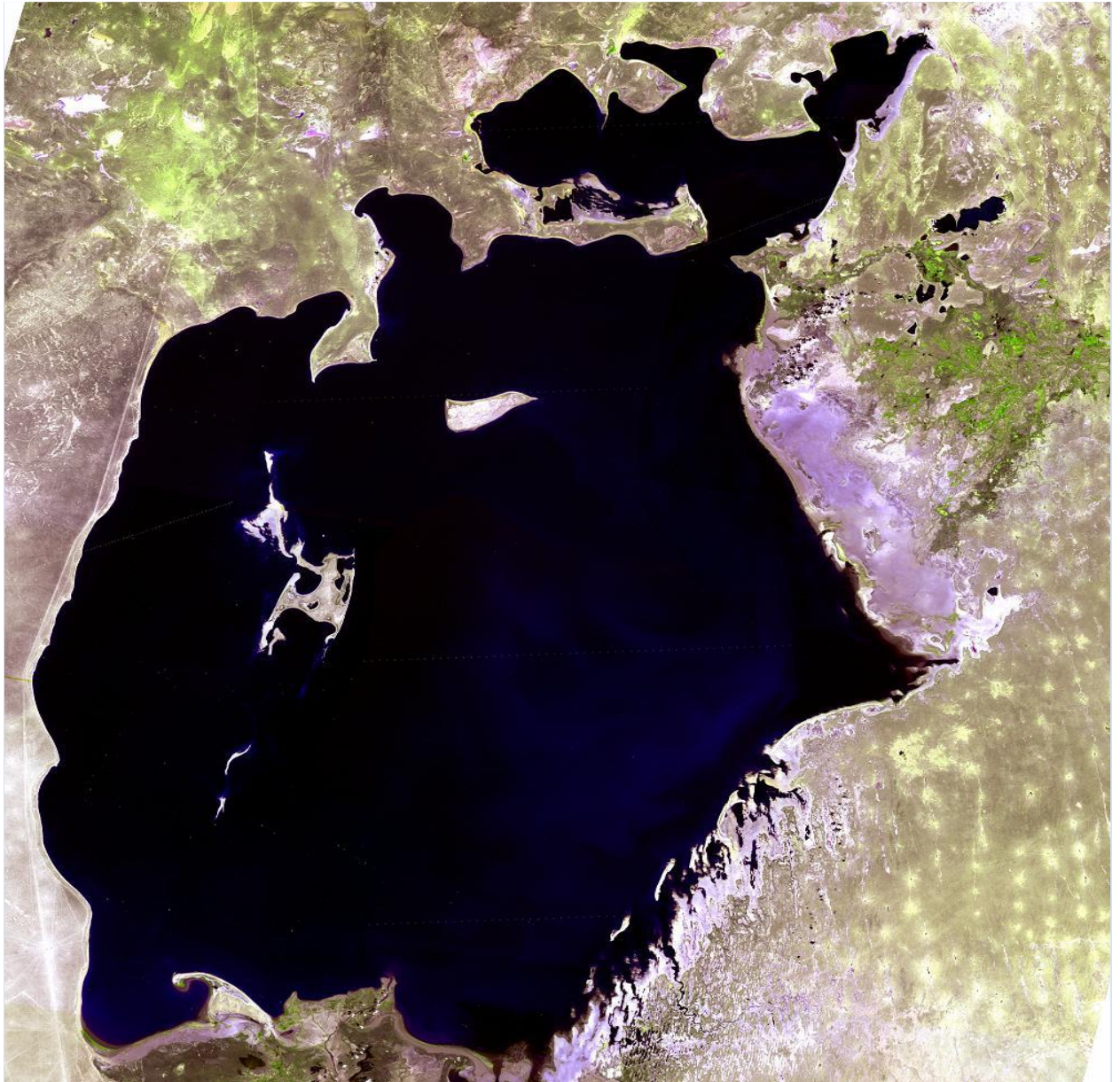
Арал теңізі, әлемдегі ең ірі ішкі материктегі су айдындарының бірі, оның орналасу орны Орталық Азияның шөл аймағында - Тұран ойпатында, Шығыс аймағы Устюрт жазықтау үстіртінің шығыс шетінде орналасқан. Арал теңізі ішкі сулары жоқ көлдер арасында Каспийден кейін екінші, көлдер арасында Супериор көлінен (Канада) және Виктория көлінен (Танзания, Кения, Уганда) кейінгі төртінші орынға ие болды (1.2 және 1.3-суреттер).

Арал теңізі - теңіз сияқты суы сыртқа ақпайтын ерекшеліктерге ие тұйық табиғи тұзды су қоймасы десек те болады. 1960 жылға дейін теңіз ауданы шамамен 68,3 мың шаршы км (су бетінің ауданы ~ 66,1 мың квадрат км), су көлемі 1064 куб км, ал орташа тереңдігі 53,0 м абс деңгейінде 16,1 м болды[24]. Геологиялық тұрғыдан Арал теңізі жас. Оның абсолютті жасы шамамен  $139 \pm 12$  мың жылдарды құрайды. Оған Орталық Азияның екі ірі өзендері - Амудария және Сырдария құяды[25]. Тянь-Шань мен Памирдің биік таулы аймақтарында пайда болатын осы екі өзеннің ағын суы, бұл өзендердің бассейндерінің жылдық орташа ресурстары (құрғатылмайтын аймақтарды есептегенде) жылына шамамен 116 километр кубты құрайды, оның ішінде Сырдария - 38 километр куб болады да және Амудария өзені жылына 78 километр куб беріп отыратын. Арал теңізінің су қоймасының ағыны оған құятын өзендердің табиғи су құрамына да, оның бассейніндегі халық шаруашылығының қажеттіліктеріне және ең алдымен суармалы егіншілікке арналған судың қайтарымсыз тартылуының көбеюіне байланысты болып отырғанын білеміз.

Жалпы ауданы 2,7 млн квадрат километрден асатын Арал теңізі бассейні - бұл біздің еліміздегі мақта, күріш, жүзім, жемістер мен цитрус сияқты көптеген ауылшаруашылық дақылдарын өсіруге қолайлы, суармалы егіншіліктің негізгі ауданы. жемістер.







*1.3-Сурет - Арал теңізі 1960 ж.*

Амудария өзенінің ұзындығы 2620 км (басқа деректерге сәйкес 2540 км). Ол Вахш) және Пянж өзендерінің қосылуынан кейін пайда болады (алай алқабы мен Солтүстік Памир суының қойнауынан жиналған деген болжам бар, Памир тауларының оңтүстік-шығыс бөлігін құрғататын Гунт пен Бартангтың негізгі салалары бар[26]. Қосылу нүктесінен оның ұзындығы - 1400 км. Гиссар жотасының оңтүстік беткейлерінен ағып жатқан Кафирниган мен Сурхандария өзендері және Ауғанстан шегінде ағынды құрайтын Кундуз өзені Амудария бассейніне құяды (сурет 1.4). Амудария бассейнінің ауданы 465 квадрат километрді құрайды, оның тек таулы бөлігі шамамен 217 мың квадрат километрден [27-29] ағын береді. Өзен суы 2500 – 4000 г/метр куб қатты бұлттылықпен ерекшеленеді. Жағалаудың қатты эрозиясы тән (дейгис).



*1.4- Сурет - Амударья өзені*

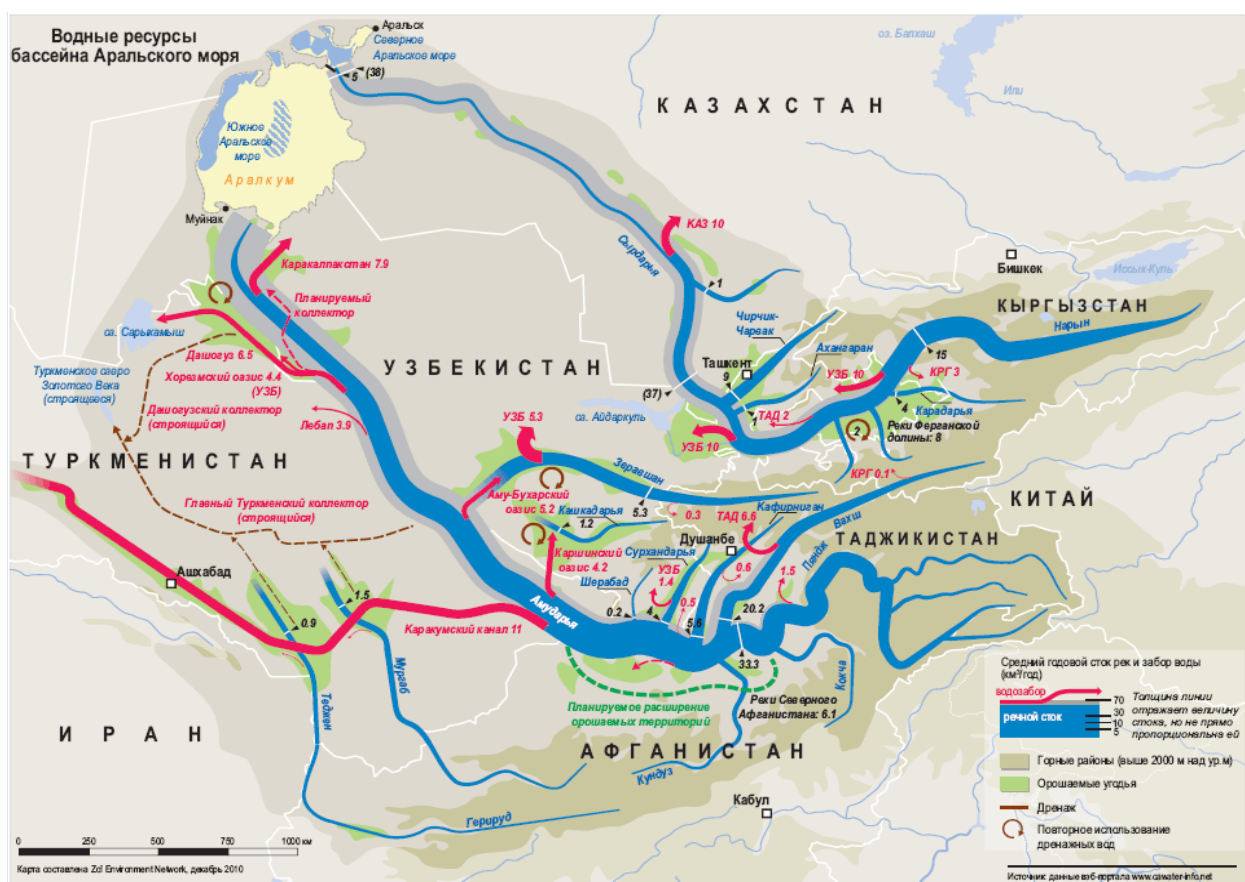
Сырдарияның Нарын мен Қарадария өзендерінің құйылған жерінен ұзындығы 2206 км құрайды. Бассейн аумағы шамамен 462 мың квадрат километрді құрайды (оның 160 мың квадрат километрі таулы бөлігін алып жатыр[30], ол ағынның басын береді). Арна бұралаң және тұрақсыз, лайлылығы өте жоғары - әрқуб метрдің ішінде 2000 грамм лайқы болады.(1.5 сурет).



*1.5-Сурет - Сырдарья өзені*

Тянь-Шань мен Памирдің биік таулы аймақтарында пайда болатын осы екі өзеннің ағын суы, бұл өзендердің бассейндерінің жылдық орташа ресурстары (құрғатылмайтын аймақтарды есептегенде) жылына шамамен 116 километр кубты құрайды, оның ішінде Сырдария - 38 километр куб болады да және Амудария өзені жылына 78 километр куб беріп отыратын[31]. Арал теңізінің су қоймасының ағыны оған құятын өзендердің табиғи су құрамына да, оның бассейніндегі халық шаруашылығының қажеттіліктеріне және ең алдымен суармалы егіншілікке арналған судың қайтарымыз тартылуының көбеюіне байланысты болып отырғанын білемі[32].

Жалпы ауданы 2,7 млн квадрат километрден асатын Арал теңізі бассейні - бұл біздің еліміздегі мақта, күріш, жүзім, жемістер мен цитрус сияқты көптеген ауылшаруашылық дақылдарын өсіруге қолайлы, суармалы егіншіліктің негізгі ауданы. жемістер. Топырақтың құнарлылығы және вегетациялық кезеңнің ұзаққа созылуы бассейнінің оңтүстік бөлігіндегі егістік алқаптарында жылына екі, тіпті үш өнім алуға мүмкіндік береді. Теңіз бассейніндегі суармалы жердің аумағы қазіргі уақытта 6,9 миллион гектардан асады[10,32-34]. Бұл территорияның халқы 50 миллион адамға жетеді. Теңізді және оны тамақтандыратын су бассейндерін біртұтас деп санау керек, өйткені су ресурстарының едәуір бөлігі өзен жүйелерінің өзінде жұмсалады және жоғалады. Тек өзен суларының қалған бөлігі теңізге еніп, оның негізгі гидрологиялық ерекшеліктерін анықтайды (1.6-сурет).



1.6-Сурет - Арал теңізінің бассейні

Осы ғасырдың басынан бастап 60-шы жылдардың басына дейін Арал теңізінің режимі салыстырмалы түрде тұрақты болды. Өзен суының құйылуы мен теңіз бетіне түсетін жауын-шашынның жылдық көлемдері булану салдарынан судың ысыраптарын өтейтін болғандықтан[5,15,34-38], бұл теңіз деңгейінің 53,0 м абсолюттік белгісінің айналасында елеусіз ауытқулар тудырады, бұл теңіз деңгейі ұзақ мерзімді орташа деңгей ретінде қабылданды. Квазистационарлық теңіз режимі кезеңінде өзендердің ағынды суының келіп құйылуы салыстырмалы түрде көп жылдық көлемі ретінде (теңіз көлемінің 1/19 бөлігі) салыстырмалы түрде төмен тұздылықтың шамаларын (9,6 - 10,3 %) және Арал суларының өзіндік тұзды құрамын анықтады. басқа ішкі тұйық және жартылай жабық теңіздердің тұздарының құрамдарынан көміртек және күкірт қышқылы тұздарының көп мөлшерімен ерекшеленеді.

Теңіз 43°24' және 46°53' солтүсті ендік аралығында болды. және 58°12' және 61°59' шығыс ендік диаметрінде және жалпы оңтүстік батыстан солтүстік-шығысқа қарай созылды[39]. Осы бағыттағы теңіздің максималды ұзындығы 432 км, максималды ені (45° параллель бойымен) 292 және орташа ені 156 километрді құрайды. 1960 жылға дейін Арал теңізінде жалпы аумағы 2235 квадрат километр болатын, теңіз бойында 1100-ден астам арал болды, олардың ішіндегі ең ірілері Кокарал, Возрождение, Барсакелмес, Лазарев. Бұл теңіздің атауын берген көптеген аралдар болды: «арал» теңізінің атауының бірден-бір себебінің өзі осыдан шықса керек, яғни қазақша «арал» дегенді білдіреді[17,40].

60-жылдардың басында теңіз бассейнінде жүргізілген суды керек жағдайында басқару шараларының әсерінен ағынды сулардың, егістіктің көбейуіне байланысты, қайтарымсыз алынуының одан әрі ұлғаюымен, негізінен суару қажеттіліктері үшін өзен суларының теңізге құйылуының айтарлықтай төмендеуі басталды[41]. Бұл процесс өзендердің табиғи су деңгейінің шамалы төмендеуі аясында өтті. Нәтижесінде теңіз режиміндегі су мен тұз теңгерімдері күрт бұзылып, деңгейдің тез төмендеуі басталды, теңіз суларының тұздылығы артып, оның ауданы мен көлемінің азаюы байқалды.

1986 жылдың басына қарай теңіз су қоймасының биіктік деңгейі 41,4 м абсолюттік бірлікке дейін төмен шамасында болды, яғни 60-шы жылдардың басына дейінгі көпжылдық орташа деңгеймен салыстырғанда 11,6 метрге төмендеді, теңіз ауданы 23 мың шаршы километрге азайды. ., ал су көлемі - 624 километр кубқа дейін. (сәйкесінше теңіз суларының ауданы мен көлемінің 35 және 59% -ы 53,0 метр абсолют деңгейінде болды) [42].

Арал бассейнінің морфологиялық құрылымының ерекшеліктеріне сүйене отырып, Арал теңізінде оның салыстырмалы түрде оқшауланған кішігірім солтүстік-батыс бөлігі – Кіші теңізге бөлінеді, оның ауданы 53 м абсолютті тереңдік деңгейінде. 6 мың шаршы километр және судың көлемі шамамен 80 текше километрді құрайды (теңіз аумағының және көлемінің 9,1 және 7,5%), ал қалған акватория Үлкен теңіз[43]. Қазіргі уақытта Кіші теңіздің ауданы 3,5 мың шаршы километрге дейін, ал су көлемі - 28 текше километрге дейін азайды. Кіші және Үлкен теңіздерді Берг бұғазы біріктіреді, оның ені теңіз деңгейінің

төмендеуіне байланысты 15-тен 5 километрге дейін, ал максималды тереңдігі 1,5-тен 0,5 метрге дейін төмендеді, бұған дейін Кіші және Үлкен теңіздер арасында болған[44]. Көкарал аралының батыс жағында тағы бір тар және таяз бұғаз Аузы-Көкарал кеуіп кеткеніне бірнеше жыл болған, ал көкарал аралдары түбекке айналды.

Үлкен теңіз түбінің рельефінің айрықша ерекшелігі - Құланды түбегінен Муынақ түбегіне дейін созылып жатқан, теңіз бетінде комсомольский, Возрождение және Лазарев аралдары түрінде пайда болған су асты жотасы. Осы жотаның батысында Арал теңізінің ең терең бөлігі орналасқан, онда қазіргі кездегі максималды тереңдігі 50-57 метрге дейінгі тар ойпат, ал шығысында - жұмсақ шығыс және оңтүстік-шығыс беткейлері бар кең ойыс орналасқан. , олардың көпшілігінде тереңдіктер 10 -12 метрден аспайды. Арал теңізінің және оның жекелеген бөліктерінің деңгейдің әр түрлі биіктіктеріндегі морфометриялық сипаттамалары. Кесте 1.1-де қарастырылған[24,45-47].

Кесте 1.1 Арал теңізінің және оның жекелеген бөліктерінің деңгейінің әр түрлі биіктіктеріндегі су беті мен су көлемі келтірілген.

Н,м Абс.	Площадь, кв.км.			Все море	Объем, куб.км.			Все море
	Мал ое море	Большое море			Малое море	Большое море		
		Заподн ое	восточ ное			заподн ое	Восточн ое	
53,0	5992	13628	46466	66086	79,7	302,8	681,2	1063,7
51,0	5361	13364	40885	59610	68,7	275,9	593,8	938,4
48,0	4830	12962	73556	55348	53,5	236,3	476,3	766,1
43,0	3846	11385	31417	46648	31,9	175,2	304,1	511,2
33,0	1363	6203	15817	13383	6	85,0	70,1	161,1
23,0	-	2689	-	2689	-	40,8	-	40,8
13,0	-	1597	-	1597	-	20,6	-	20,6
3,0	-	954	-	954	-	8,6	-	8,6
-16,0	-	0	-	0	-	0	-	0

Арал теңізінің жағалау бедерінің рельефі әр түрлі. Арал теңізінің солтүстік жағалауы көбінесе биік және тік болып келеді, тек Үлкен Сарышағанақ, Бутаков, Шевченко, Тще-Бас ірі шығанағындағы кішігірім алқаптарды қоспағанда, құрлыққа терең еніп кетеді. Бүгінгі күнге дейін Кіші теңіздің таяз шығанауларының едәуір аймақтары кеуіп қалды. Үлкен Барсуки, Кіші Барсуки және Арал Қарақұмы құмдары теңіздің солтүстік жағалауына жақындайды.

Арал теңізінің батыс жағалауы Үстірт шөл үстіртінің биік (190 м-ге дейін) және Үстірт шөлейттік жазықтығының шеті болып табылады. Батыс жағалауы әлсіз ойылған, тек солтүстік-батысында үлкен Чернышев шығанағы бар.

Арал теңізінің оңтүстік жағалауы төмен және Амудария өзені арнасын бірнеше рет өзгерткен шөгінділерден түзілген. Оңтүстік жағалау сызығы едәуір шегініспен және тұрақсыздығымен сипатталады. Оңтүстік жағалаудың ең ірі шығанақтары - Аджибай, Муйнакский, Рыбатский, Джилтырбастың онсыз да кеуіп кеткен таяз шығанақтары алып жатыр. Қазіргі уақытта өзен суларының ағыстарына байланысты жағалау сызығының едәуір тегістеліп табиғи түзетілулер енгізілген болатын[38,48].

Теңіздің шығыс жағалауы аласа және құмды болып келеді, оның себебі Қызылқұм құмдары оған жақын болғандықтан деген тұжырым бар. Бұл таяз және бұрын терең ойықтары бар теңіз жағалауында Акпетки архипелагының теңізінің оңтүстік-шығыс бөлігінде (600-ден астам арал) қалыптасқан шығанақтар, култук және аласа құмды аралдар көп болды. Деңгейдің айтарлықтай төмендеуіне байланысты бұл таяз жерлер құрғап, жағалау сызығы едәуір тегістелді.

Арал теңізінде жұмсақ борпылдақ топырақтар басым, қатты топырақтар батыс жағалау аймағындағы шағын аудандарда ғана кездеседі. Теңіз түбінің көп бөлігін әр түрлі саздар алып жатыр. Құмды топырақ қазіргі кезде құрғақ жағалау аймағында, негізінен бұрынғы изобат шегінде 10 метр аймағында, сондай-ақ Куланды түбегінен Лазарев көліне дейінгі теңіз түбінде орналасқан. Құмдар сазды құмның тар жолағына жол береді, содан кейін ол құмды лайға айналады. Құм аймағының артында сарғыш-қоңыр түсті сазды лайқа құмды саздар бар. Теңіздің орталық бөлігінде сұр түсті сазды лайқа саздар көп. Дельта аймағының сазды топырақты саздары қара қоңыр түсімен сипатталады. Сазды және сазды сұр түсті саздар, әдетте, олардың үстінен ақшыл қоңыр саздың жұқа қабаты салынған. Терең сулы депрессияға қара сазды-эктас жартылай сұйық шөгінділер тән.

Арал теңізінің климаттық жағдайлары теңіздің ішкі кең байтақ Азия континентінің тереңдігінде орналасуымен және орташа жылдық мәні шамамен 5860 МДж / кв.м. болатын күн радиациясының көп мөлшерімен анықталады. Қазақстан мен Орталық Азияның үстінде дамып келе жатқан атмосфералық процестер климаттың қалыптасуында маңызды рөл атқарады. Арал теңізінің жанындағы климаттың басты ерекшелігі - оның жазы ыстық құрғақ температурасы 40 градустан асуы да мүмкін және ал қысы 30 градус суықтықтан да асуы мүмкінге дейін көтерілетін кездері де болатын, яғни салыстырмалы түрде салқын болатын (резкоконтинентальный) континенталдылығы, ауа температурасының жыл ішіндегі үлкен ауытқуы, бұлттың шамалы болуы және жауын-шашынның аз болуынан деп түсінуге болады. Арал теңізінің қоршаған аймағының құрғақ климатына жұмсарту әсері тек тар жағалау белдеуімен шектеледі. Шілде айында теңіз үстіндегі ауаның орташа температурасы 25-26 ° С, ақпанда -10 ... -13 ° С, ал экстремалды температура 43 және -36 ° С дейін жетеді. Теріс температуралы кезеңнің ұзақтығы жылына 120-150 күнді құрайды. Ауаның орташа жылдық салыстырмалы ылғалдылығы 65-70% құрайды.

Арал теңізінің жел режимі жыл бойына солтүстік-шығыс беткейінен, жылдың төрттен бір бөлігінде, соғатын желдің таралуымен сипатталады, оның жиілігі 45-55% жетеді. Желдің орташа жылдамдығы 5-6 м / с, ал максимум 20-25 м / с жетеді.

Арал теңізіндегі жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері 110-150 миллиметрді құрайды, ал ең көп мөлшері суық мезгілде байқалады. Жазда жауын-шашын мөлшері шамалы болып отырады, кейбір жылдары жаз айларында бүкіл теңізде жауын-шашынның мүлдем болмауыда байқалып отырады.

Салыстырмалы көлеміне қарамастан, Арал теңізі гидрометеорологиялық және гидрохимиялық сипаттамаларының кеңістіктік гетерогендігімен ерекшеленеді. Бұл теңіздің жекелеген аудандарының климаттық ерекшеліктерімен, оларға өзен ағындарының тең емес әсерімен, сондай-ақ осы аймақтардың морфометриялық сипаттамаларының айырмашылықтарымен байланысты болып келеді.

Батыс аймақ сияқты солтүстік аймақтың шекаралары морфометриялық ерекшеліктерімен сенімді түрде ерекшеленеді. Сырдария мен Амударияның жағалауындағы сағалары үшін табиғи шекара гидрологиялық майданның аймағы болып табылады - бұл аймақтардың тұщыланған суларынан тұзды суларға ауысу кезінде тұздылықтың, мөлдірліктің және басқа гидрологиялық және гидрохимиялық сипаттамалардың күрт өзгеруі зерттеу нәтижесінде анықталып отырады. Бұл шекаралар Амудария мен Сырдария суларының өзгеруіне байланысты көші-қонға ұшырайды. Соңғы жылдары өзен суының шамалы ағыны немесе өзен ағынының толық тоқтауы жағдайында тұщыланған судың белдеулері жоқ және теңіз жағалауындағы теңіз жағалауларының аудандары ерекшеленбейді[49].

Шығыс және оңтүстік-шығыс таяз сулары аймағының шартты шекарасы 10 метрлік изобатты бойлай өтіп, оның деңгейі қазіргі деңгейдің төмендеуіне байланысты үнемі өзгеріп отырды. Соңғы жылдары, осы себепті, теңіздің бұл аймағы өзінің кейбір ерекшеліктерін жоғалтты (аралдардың, бұғаздар мен шығанақтардың көптігі), ал қазіргі уақытта оның дербес маңызы жоғалды.

Квазистационарлық режим кезеңінде Арал теңізі ел экономикасында маңызды рөл атқарып отырған. Осы жылдары Арал теңізі республиканың ішкі суларында жалпы ауланатын балықтардың 5 - 7% және құнды балықтардың 11-13% (бекіре, шок, сазан, қарақұйрық, көксерке, шемай) аулады. Қолайлы жылдары балық аулау 400-500 мың центнерге жетті. Амудария мен Сырдарияның кең дельталарында ондатр өсіру қарқынды дамыды. Сонымен, Арал теңізі өте нақты табиғи объект болып табылады, оның режимі қазіргі уақытта өсіп келе жатқан антропогендік әсерге ұшырайды. Жабық теңіз су айдынының табиғи режиміне белсенді антропогендік араласу, оның ауқымы бойынша аяусыз, елеулі жағымсыз салдарға алып келді. Олар теңіз режимінің кебуімен және өзгеруімен, оның құлдырауымен және ұлттық экономикалық маңыздылығымен де, Арал теңізі аймағының табиғи ортасының өзгеруімен де тікелей байланысты.



Арал теңізі - бұл үлкен табиғи зертхана, онда сіз үлкен ішкі су айдындарының табиғи режиміне антропогендік араласудың барлық жағымсыз салдарын зерттей аласыз.

## **2. АРАЛ ТЕҢІЗІНІҢ ШЫҒУ ТАРИХЫ МЕН ДАМУЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІ**

Арал теңізінің тарихы қайшылыққа тола және түсініксіз дәуірлері де өте көп. Арал теңізінің бар екендігі туралы алғашқы немесе одан да бұрынғы сенімді дерек көздері 712 жылы Хорезмді жаулап алушылардың куәліктерінен алынған араб жазбаларына жатады. Бұл жазбалардан көретініміз, осыдан 800-ші жылдары Арал теңізі болғанын және ол Хорезмнен алыс емес жерде орналасқан, өйткені оның сипаттамасы Арал теңізінің шығыс жағалауының сипатымен толық сәйкес келеді[50].

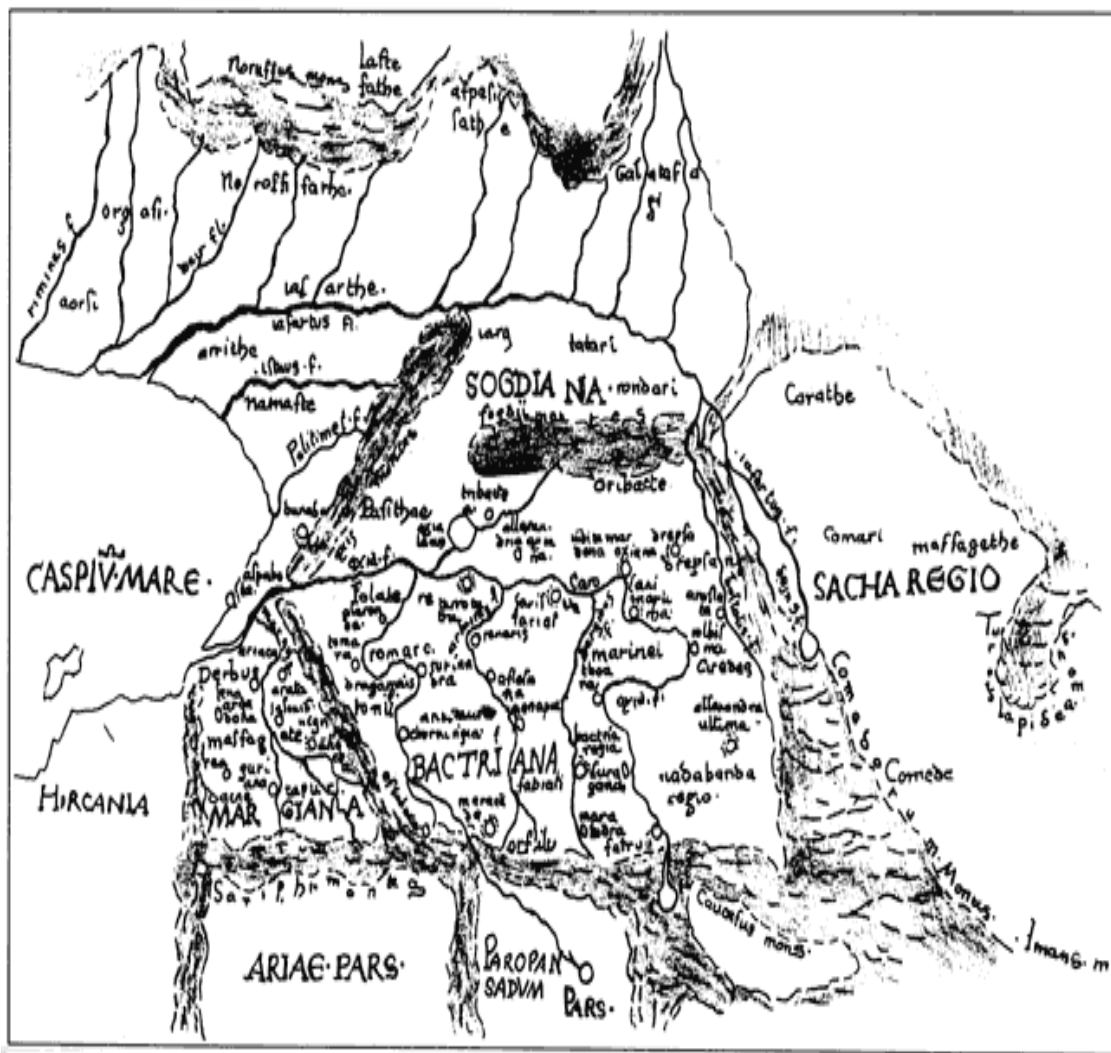
19 ғасырдың аяғы мен 20 ғасырдың басында жүргізілген геологиялық зерттеулер солтүстіктегі Үстірт жартасы, оңтүстігінде Мургаб пен Теджен сағалары арасындағы Қарақұм шөлінің бөлігі, батысында Копетдаг базасын Үлкен Арал басып қалды. Байланысты Арал-Каспийдің шығыс жартысында бұрынғы Қарақұм шығанағының шекарасы ретінде Унгузов жағалауының шегі болды. Бұл біріккен теңіз қазіргі Каспий аймағының кең белдеуін Копетдагтың батыс сілемдерінің түбіне дейін жауып, екі бұғаз бойымен - Үлкен және Кіші Балқым бойындағы Қарақұм және Чілметқұм шығанағымен байланысты болды. Сол кезеңде Арал бөлігі Сарықамыш бассейнін толығымен басып, Питнякқа дейін шығанақ құрды, оны қазіргі Амудария атырабы мен Хиуа оазисі алып жатыр. Узбой бұл екі суды да байланыстырған бұғаз болды, бірақ оның қазіргі беткейі үлкен беткейлермен Каспий теңізі Аралдан бөлініп, олардың арасындағы биіктік айырмашылығы күшейген кезде пайда болды. Кейінгі геологиялық кезеңде бүгінгі күнге дейін біріккен Арал-Каспий бассейні оны құрайтын бөліктерге бөлінді және біртіндеп қазіргі шегіне дейін қысқартылды[1,16,51].

Неоген дәуірінде Орталық Азия аумағында күшті тектоникалық қозғалыстардың нәтижесінде Тұран жазығының ортасында - Арал, Хорезм және Сарықамыста үш терең ойпаттар қалыптасты. Сонымен бірге, Амудариядан бұрынғы прааму-дария Қарақұмның орталығы арқылы батысқа қарай Каспий теңізіне құяды. Шамамен 70 мың жыл бұрын ол солтүстікке бұрылып, Туя-Муюн аймағындағы терең шатқалды кесіп өтіп, кең көл пайда болған Хорезм ойпатына жетті. Уақыт өте келе шөгінділердің көп мөлшерін жинау нәтижесінде ол арналармен кесілген жазықтығы өзен ағыстарының кескілеген жазығына айналды.

10-12 мың жыл бұрын Амудария батысқа бұрылып, көлге айналған Сарықамыш ойпатына дейін жетті. Шамамен 4 мың жыл бұрын Амудария солтүстікке бұрылып, Сырдария құйып үлгерген үлкен Арал ойпатына құяды. Содан кейін Арал ойпатының орнында яғни батысында Үстірт жартастарымен, солтүстігінде Арал шоқыларымен, шығыста Бетпақ-Дала шөлімен және

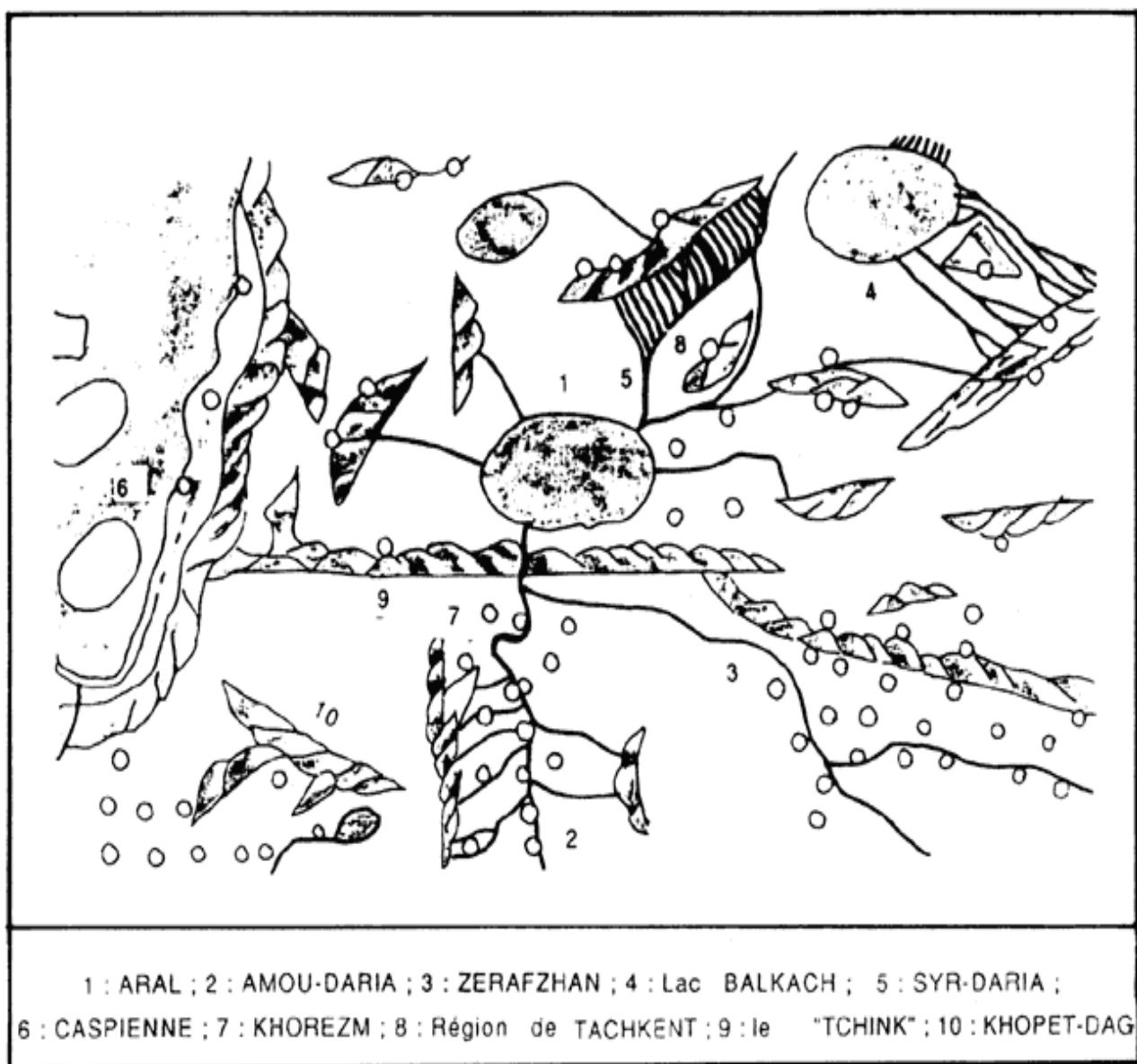
Қаратауымен шектелген, бөлшектенген рельефті кең жазық болды. жотасы, оңтүстігінде Қарақұм және Қызылқұм шөлдері.

Арал-Каспий ойпаты оннан астам карталарда түсірілген. Птоломейдің «географиясынан» бастап (б.з.д. II ғ.), Онда бүкіл ұлылығында Каспий бар, бірақ Арал туралы айтылмайды (2-сурет), Аль Идриси (1132) схемасы арқылы (сурет 2.1), онда Арал теңізі «Каталон Атласы» арқылы (1352) (2.2-сурет) және Арал теңізі таныс түрінде көрсетілген Бутаковтың картасына дейін (2-суретті қараңыз).



2- Сурет- Птоломей «География»сының картасы

Ылғалды климаттық кезеңде Сырдария мен Амудария суға бай болды, ал көл максималды деңгейге 72-73 м дейін жетті, керісінше, климаттың құрғақ фазаларында екі өзен де таяз болды, Арал теңізінің деңгейі де төмендеді[52]. және Арал теңізінің тұздылығы өсті. Ежелгі Хорезм өмір сүрген кезден бастап тарихи уақытта деңгейдің өзгеруі белгілі бір дәрежеде климаттың өзгеруіне байланысты болды, бірақ негізінен екі өзен бойындағы аймақтағы ирригациялық жұмыстарға байланысты болды.



2.1-Сурет - Аль Идрисидің сызбасы

Ылғалды климаттық кезеңде Сырдария мен Амудария суға бай болды, ал көл максималды деңгейге 72-73 м дейін жетті, керісінше, климаттың құрғақ фазаларында екі өзен де таяз болды, Арал теңізінің деңгейі де төмендеді[52]. және Арал теңізінің тұздылығы өсті. Ежелгі Хорезм өмір сүрген кезден бастап тарихи уақытта деңгейдің өзгеруі белгілі бір дәрежеде климаттың өзгеруіне байланысты болды, бірақ негізінен екі өзен бойындағы аймақтағы ирригациялық жұмыстарға байланысты болды. Арал теңізіне іргелес жатқан елдердің қарқынды даму кезеңінде жерді суландырудың көбеюі осы мақсатқа судың көп бөлігін алып тастады, ал Арал теңізіндегі су деңгейі бірден төмендеді. Аймақтың қолайсыз кезеңдерінде (соғыстар, революция және т.б.) суармалы жерлер қысқарып, өзендер мен Арал қайтадан суға толды.



1 : VOLGA ; 2 : OXUS ; 3 : SAMARCANDE ; 4 : TACHKENT ; 5 : BAKOU ; 6 : ASTRABAD

## 2.2- Сурет- Каталондық атластың сызбасы

Амудария мен Сырдария өз жолдарын үнемі өзгертіп отыратын, Орта Азия жазықтығында ағып отырып заман мен уақыт талабына сай, ауа райлардың өзгерісіне байланысты ағыс арналары арқылы қоныс аударып, тарихи кезеңдерге байланысты жиі Арал теңізіне жете алмай жататын кезеңдері де болған, сол табиғи катаклизмалардың нәтижесінде Арал теңізі құрғап, оның аумағында шөлді аймақ қалыптасты. Сонымен бірге теңіз құрғаған кезде судың тұздылығы күрт көтеріліп, тұздардың жауын-шашынына, тұздардың желдер мен жауын шашындардың ылғи көтеріліп әр тараптарға жетулеріне ықпал етті.

Орталық Азиядағы ежелгі ирригацияның бүкіл тарихында Амудария мен Сырдариядан суландыру үшін судың алынуы Арал теңізінің деңгейіне ешқашан әсер етпегенін атап өткен жөн. Бұл сияқты аграрлық суландыру территориясының үлкен дамуына қарамастан, бүкіл теңіз бассейнінде суаруға пайдаланылған су мөлшері (ежелгі уақытта 3,5-3,8 млн гектарға дейін суарылатын, оның ішінде Амударияның төменгі ағысында 1,3 млн гектар, Сырдарияның төменгі ағысы 2, 2-2,5 млн. гектар) шамалы болды. Арал теңізі деңгейінің ауытқуы Орталық Азия мемлекеттерінің жойқын ішкі соғыстарымен және шетелдік басқыншылардың шапқыншылығымен байланысты болса керек. Содан кейін, шапқыншылардың Хорезмдегі жасанды салынған бөгеттерді бұзу нәтижесінде Амудария ағынының бір бөлігі Дадан мен Дарья өзендерінің құрғақ арналары бойымен Сарықамысқа ағып, осы

жерде және Ассак-Ауданда кең көл жасады, одан судың булану процесі оның ағынының шамамен 20% -ы ( гидротехникалық параметрлердің есептері бойынша анықтады) буланып барып, Озбой арқылы Каспий теңізіне құяды. Бұл ағын су біздің эрамызға дейінгі 3-4 мыңжылдықтарға созылды. және екінші - бірінші мыңжылдықтың басында мезгіл-мезгіл сайын қайталанып отырды. Ол кезде рдің бәрінде Сырдария Арал теңізіне құятын.

Арал теңізін толтырудың қазіргі кезеңі біздің дәуірімізге дейінгі 1 мыңжылдықта басталды. Амудария Сарықамыш пен Акшадария атырауларын құрып, Арал ойпатына көшіп, содан кейін Жендария мен Кувандария арқылы ағып өтетін Сырдариямен бірге Арал теңізін толтырып, қазіргі теңізді қалыптастыра бастаған кездері болған.

Итак, древний Арал, претерпевший 5 или 6 трансгрессий — увеличения и последующих усыхания — опять оказался на пороге нового иссушения.

Сонымен, 5-6 трансгрессияға ұшыраған ежелгі Арал - ұлғаюы және кейіннен кеуіп кетуі - қайтадан жаңа кеуіп кетудің алдында тұр.

### 3.КАТЛОВАННАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМ

Арал теңізі бассейні белгілі бір пішінге ие болып отырады, соның арқасында су көлемінің шамалы ұлғаюы жер бетінің едәуір ұлғаюына, демек, булану деңгейінің күрт өсуіне әкеледі. Өзен арналарының өзгеруіне байланысты сонымен қатар теңіздегі су мөлшерінің көбейуіне байланысты буланудың көбеюі теңізде жинақталған көлемді сақтауға мүмкіндік бермейді, осы құбылыстардың нәтижесінде теңіз қайтадан шегінеді (Сурет 3).

Батыс бассейнде өте тік беткейлер бар, ал теңіз деңгейінің бірнеше метрге көтерілуі су көлемінің аздап ұлғаюына әкеледі және іс жүзінде су қоймасының беткі қабатының өзгеруі булануға байланысты деңгейдің өзгеруіне әсер етпейді. Батыс бассейнді толығымен толтырғаннан кейін (~ 33 метрлік деңгейіне дейін) су көлемі теңіз деңгейінің өсуінің әр метрі үшін шамамен бірдей мөлшерге ұлғайып отырады.

Амударияның Арал атырабы қалыптасқан кезден бастап, бірнеше жүз жыл ішінде болған ойпаттарды сумен толтыруға жағдай жасалды. Қазірдің өзінде қалыптасқан тұжырымдамаларға сәйкес, Арал теңізі өзінің контурында 10 мың жыл бұрын қалыптасқан, яғни бұл өте жас теңіз. Қазіргі кезде оның жағалауы өте күрделі және әр түрлі геоморфологиялық типтермен ұсынылған, олармен, жалпы, Арал бассейнінің котлованналық рельефтілері жақсы келісілген.

Неотектоникалық ойыстардағы Арал теңізінің су теңгеріміне әсерін бағалау үшін бұрынғы Арал теңізінің батыс бассейнінің рельефтісі шамамен терең су бассейнінің батыс бөлігінің ауытқуынсыз қалпына келтірілді.

Амударияның Арал атырабы қалыптасқан кезден бастап, бірнеше жүз жыл ішінде болған ойпаттарды сумен толтыруға жағдай жасалды. Қазірдің өзінде қалыптасқан тұжырымдамаларға сәйкес, Арал теңізі өзінің контурында 10 мың жыл бұрын қалыптасқан, яғни бұл өте жас теңіз. Қазіргі кезде оның жағалауы өте күрделі және әр түрлі геоморфологиялық типтермен ұсынылған, олармен, жалпы, Арал бассейнінің котлованналық рельефтілері жақсы келісілген[53].

Неотектоникалық ойыстардағы Арал теңізінің су теңгеріміне әсерін бағалау үшін бұрынғы Арал теңізінің батыс бассейнінің рельефтісі шамамен терең су бассейнінің батыс бөлігінің ауытқуынсыз қалпына келтірілді.

Жыл сайын теңізге 25,5 млн тонна тұз түсіп, оның негізгі бөлігі теңіз бен өзен суларын араластыру кезінде (Арал суларының кальций карбонатымен асып кетуіне байланысты) шөгіндіге (бөлшектердің шөгуіне) ұшырады және таяз суларға шөгінді, теңіздің солтүстік, шығыс және оңтүстік жағалауларындағы шығанақтарда, шығанақтарда және сүзгі көлдерінде. Теңіздің қатып қалуына және еруіне байланысты, осы кезеңдегі теңіздің орташа тұздылығы 9,6-10,3% аралығында өзгерді[39,49,54]. Өзен ағындарының салыстырмалы түрде көп жылдық көлемі (теңіз көлемінің 1/19 шамасы) Арал суларының өте ерекше тұзды құрамын анықтады, бұл басқа ішкі жабық және

жартылай жабық теңіздердің тұз құрамынан карбонаттың көп болуымен ерекшеленеді және сульфат тұздары.



*3- Сурет- Арал теңізі*

Қазіргі уақытта, тіпті теңіздегі құрғау жалғасып жатқан жағдайда да, батыс терең сулы ойпаттың шұңқыр тәрізді формасына байланысты Арал теңізі бұл бөлікте суды ұзақ уақыт сақтай алады және, мүмкін, әлі де үлкен су айдыны ретінде тіршілігін тоқтатпайды.

#### **4. ҚЫСҚА КЛИМАТИКАЛЫҚ СИПАТТАМА.**

Арал теңізі деңгейінің қарқынды төмендеуі 1961-1985 жж. оның су беті аумағының айтарлықтай қысқаруына және жағалау сызығының конфигурациясының айтарлықтай өзгеруіне әкелді. Нәтижесінде, бұрын жағалауда орналасқан гидрометеорологиялық станциялар қазір айналадағы шөлдердің айтарлықтай әсерінен өзгеріске ұшырады.

Теңіз айтарлықтай төмендеген станциялардағы метеорологиялық сипаттамалардың ұзақ мерзімді орташа мәндері теңіз бассейнінің тұрақсыз режимін жеткілікті сипаттай алмайды. Сондықтан климаттың өзгеруі Арал режимінің бұзылуына дейінгі және одан кейінгі уақыттағы аумақтың метеорологиялық ерекшеліктерін сипаттайтын уақыт кезеңдеріне таңдалды, атап айтқанда: 1951-1960, 1961-1970, 1971-1980 және 1981-1985 жж.

##### **4.1. Климатты қалыптастыру факторлары**

Арал өңірі континентальды субтропиктік климаттық белдеуде шекаралық солтүстік позицияны алады. Бұл аймақ, әрине күн сәулесінің көп мөлшерін алады, орта есеппен мұнда жалпы сәулелену жылына 5860 МДж / м<sup>2</sup> құрайды.

Кең Азия континентінің радиациялық ерекшеліктер мен тереңдігіндегі орналасуы құрғақшылық пен континентальды климатты тудырады. Арал теңізі сияқты үлкен су қоймасының болуына қарамастан, айналасындағы шөлдердің әсері басым. Су бассейнінің метеорологиялық элементтерге жұмсарту әсері тек жағалаудың тар белдеуімен шектеледі.

Жаз бұлтсыз аспанда жоғары температурамен сипатталады. Осы кезеңдегі солтүстік және солтүстік-батыс аймақтарында температураның аздап төмендеуіне алып келеді.

Синоптикалық процестің өзгерістерінің әр түрінің жиілігінің ұзақ мерзімді өзгеруіне сүйене отырып, жалпы айналымдағы сияқты, екі үлкен уақыт кезеңіне бөлуге болады - 1960 жылға дейін және одан кейін аралықтарға. Бірінші кезеңде байқалатын басымдық суық ошақтар және олардың екіншісінде күрт төмендеуі. Мұндай ерекшеліктер циклондар тобының және антициклонның оңтүстік-батыс перифериясының қайталануына да тән. Қарама-қарсы көрініс жоғары және төмен қысымды төменгі градиентті өрістердің қайталануы байқалады, олар 1960 жылдан кейін күрт өзгеріске ұшырайды[55].

Метеорологиялық өрістердің өзгеруі атмосфералық процестердің қарқындылығымен және ұзақтығымен байланысты. Осы процестер санының периоды ұзақ уақыт орын алуы (5 тәуліктен жоғары), яғни суық атмосфераның енуі, оңтүстіктегі циклон тобы мен оңтүстік батыс аймағындағы антициклон, 1971-1980 жылдары 1951-1960 жылдарға қарағанда екі есеге қысқарған. Бұл орын алып жатқан градиенттік өзгерістері шамалы өрістердегі жоғары немесе төменгі қысымдардың процестерінің өту ұзақтығының созылып отыруы.



Соңғы 10 жылда тұрақсыздыға төмен (<1 тәулік) циклондар мен сыртқы өзгерістердің әсер саны азайды, бірақ тұрақсыз процестердің жиілігі өсіп отырды, мысалы антициклонның оңтүстік-батыс перифериясы және төменгі градиентті өрістер көбейді.

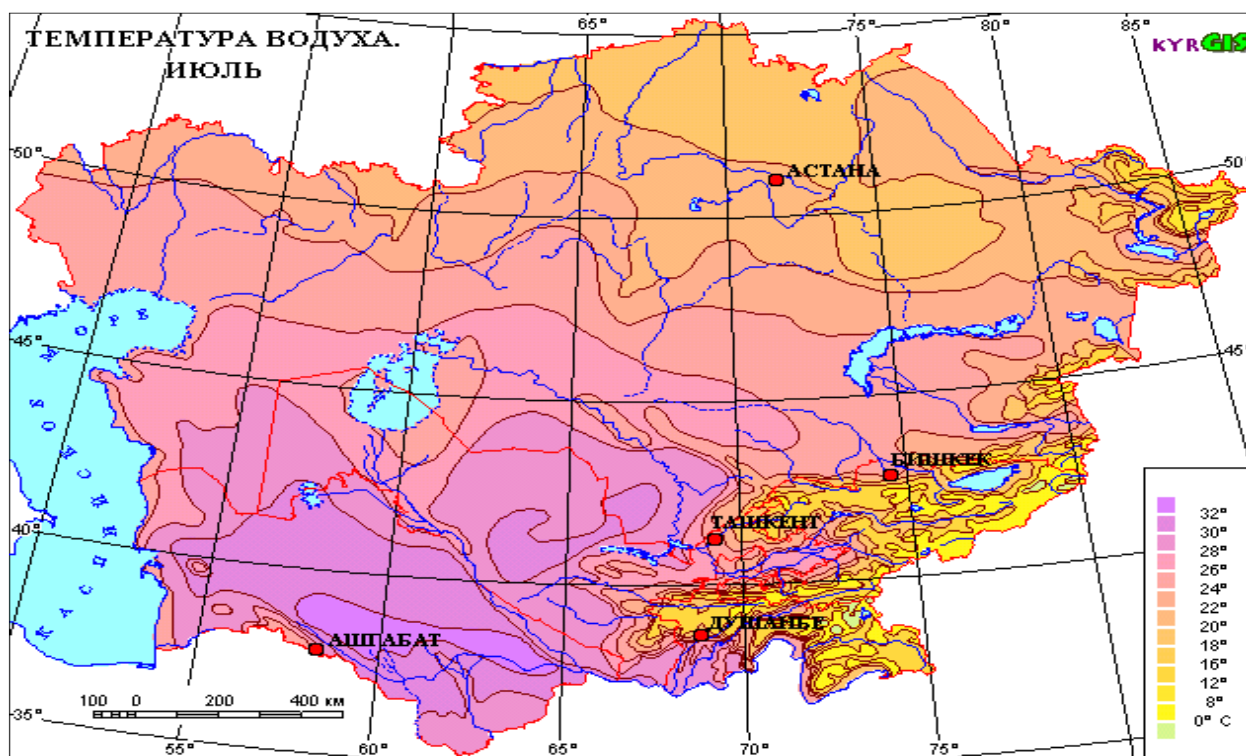
## 4.2. Климаттың жеке элементтерінің сипаттамалары.

### 4.2.1. Ауа температурасы

Арал теңізі станцияларында температура режимінің қалыптасуы көбінесе су бассейнінің тар жағалау белдеуіндегі әсеріне байланысты: ішкі су қоймасынан қашықтыққа қарай континенттің әсерінен ауа температурасы өзгереді.

Ауа температурасының ұзақ мерзімді өзгеруін талдау және температураның бір онжылдықтан екінші онжылдыққа ауытқуын салыстыру ең үлкен өзгерістер соңғы онжылдықта, теңіз аумағының айтарлықтай қысқаруымен болғанын көрсетті[56].

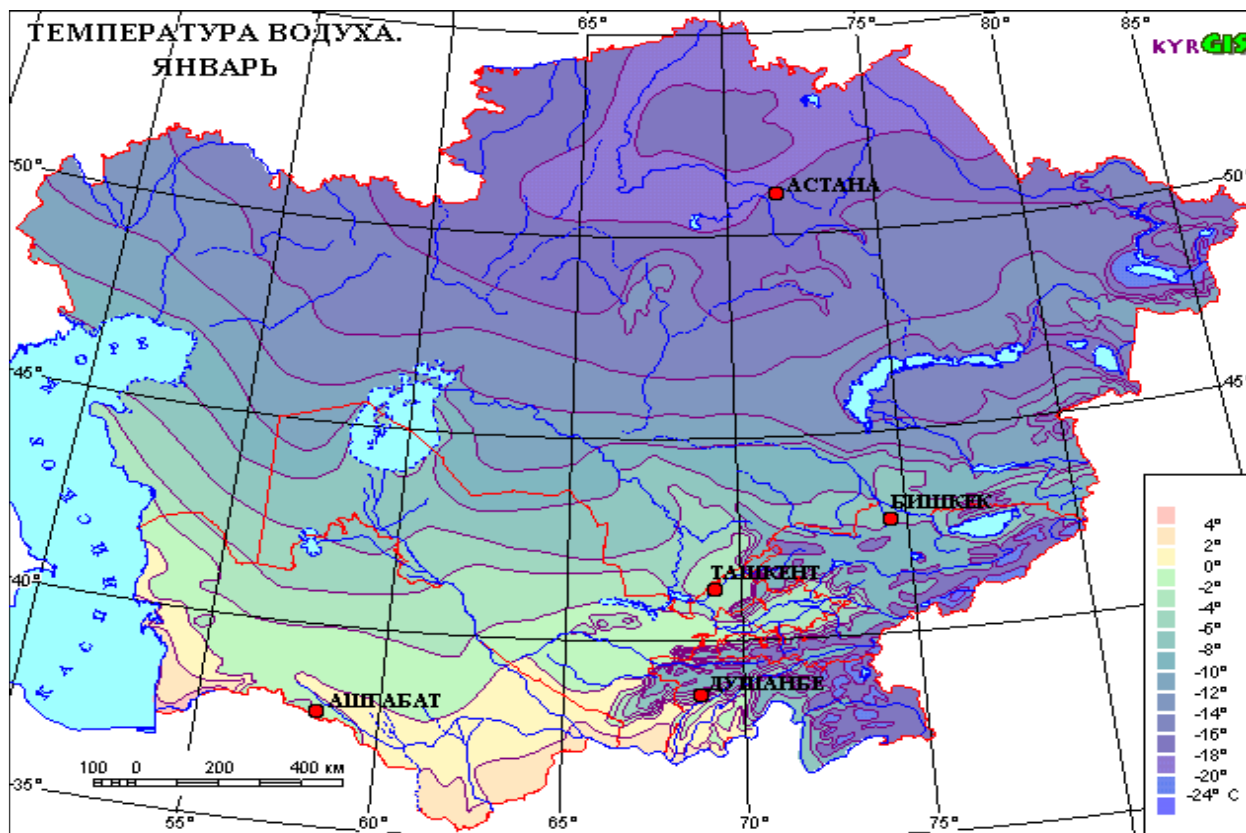
Арал маңындағы ауаның орташа жылдық температурасы ұзақ мерзімді жоспарда да, жекелеген периодтар кезеңдерінде де ендік бойынша өзгереді, оңтүстіктен солтүстікке қарай төмендейді. Су қоймасынан алыс қашықтықта, яғни шөлейт бағытында температура жоғарылайды (4.2.1-сурет), (4.2.1-кесте).



4.2.1- Сурет- Жаз айларындағы ауа температурасы

Ең төменгі температура қаңтарда байқалады. Батыста және оңтүстік-батыста орташа айлық температура -6-дан -8 ° C дейін; шығыста және солтүстік-шығыста - -8-ден -11 ° C дейін, ал ең төменгі қаңтардың орташа

температурасы (-12,8 ° С). Қыста теңіз жыл сайын қатып қалады, Қатты қатты болғанда толық қатады. Нәтижесінде, су қоймасының әсері қысқы температуралық режимнің қалыптасуына аз әсер етеді (4.2.1.1-сурет).



4.2.1.1 Сурет. Қысқы айлардағы ауа температурасы

Теңіз (жағалау) және континентальды станциялар арасындағы қаңтардың орташа температурасының айырмашылығы орташа алғанда 0,5 ° С құрайды. Орташа айлық температура шілде айында ең жоғары мәндерге жетеді, 25 - 26 ° С. Теңізден қашықтықта ауа температурасы 30 ° С дейін көтеріледі[57].

Кесте -4.2.1 Арал теңізінің ° С ауаның орташа айлық және орташа жылдық температурасы

Месяцы	Периоды				
	19581-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1985	1929-1985
I	-12,8	-12,3	-14,0	-9,7	-13,0
II	-10,9	-11,6	-13,8	-10,3	-11,8
III	-4,5	-1,7	-3,8	-3,0	-3,5
IV	8,6	9,3	9,0	11,2	9,1
V	17,3	18,1	18,8	18,3	17,9
VI	23,3	22,9	24,3	24,4	23,5
VII	25,6	25,9	27,2	28,6	26,3

VIII	24,1	23,6	24,0	25,5	24,2
IX	17,8	17,6	17,7	17,5	17,3
X	8,0	7,8	7,2	8,1	7,9
XI	-2,9	0,0	0,1	-0,5	-1,2
XII	-8,7	-8,2	-6,2	-8,9	-8,5
Год	7,1	7,1	7,5	8,4	7,4

Максималды температура аумақта шамалы өзгереді. Қыста оның орташа мәні 3 - 5 ° С, ал жазда 29 - 32 ° С. Абсолютті максималды температура 40 - 44 ° С жетеді.

Арал теңізінің құрғауы кезеңінде температуралық режимде өзгерістер болды: қыста 1971-1980 жж. ауа температурасы нормадан 5-6 ° С төмен болып шықты, ал σ жылдық өзгергіштік 7 - 9 ° С құрады, ал 1951-1960 жж. температураның өзгергіштігі 4-6 ° С аралығында болды. Соңғы онжылдықта қыста айтарлықтай салқындау және жазда біршама жылыну Арал теңізі аймағында да, одан бөлініп шыққан кезде де болған, тек теңіз режимін бұзумен түсіндірілмейді.

Температура режимінің өзгеруіне атмосфералық процестер үлкен әсер етті. Егер Арал теңізінің барлық станциялары бойынша әр мезгілде орташа температураның ұзақ мерзімді өзгеруін және бір уақытта айналым процестерінің өзгеруін салыстыратын болсақ, онда әрбір айналым дәуірінің қалыптасуындағы ерекшеліктерімен ерекшеленетіндігін атап өтуге болады. температуралық режим: екінші циркуляция дәуірінде күрт өзгерістер болды, ол 1960 ж. кейін қыста және жазда температура аномалиясының белгісінің өзгеруі байқалды; осы кезеңде жазда оң температура ауытқуы, қыста теріс температура ауытқуы болады. Температура режимінің күрт өзгеруі Арал теңізінің экономикалық белсенділігі мен режимі ғана емес, сонымен қатар антропогендік факторлар да өзгерген кезеңде болды.

#### 4.2.2. Ауаның ылғалдылығы

Арал теңізінің ылғал режиміне әсері тікелей су қоймасының контурын қайталай отырып, жағалау белдеуіне әсер етеді. Сонымен қатар, 100 км-ден аз қашықтықта, ауа райының жылы мезгілінде ылғалдылығы 20 - 25% төмендейді, осы аймақта температура үлкен градиенттерге жетеді. Суық кезеңде теңіздің ылғалдылыққа әсері едәуір азаяды, теңіз жағалауы мен шөл арасындағы айырмашылықтар жұмсарады. Арал маңындағы ауаның салыстырмалы ылғалдылығы (4.2.2-кесте) іргелес шөлдермен салыстырғанда едәуір жоғары. Салыстырмалы ылғалдылықтың ең жоғары мәні қыс айларына тән, ал ең азы жаз айларына тән.

Осыған ұқсас заңдылықты ішінара қысымның өзгеруінен байқауға болады (кесте 4.2.2.1). Ылғалдылықтың жыл сайынғы ауытқуын келесі 10

жылмен салыстырудан көрсетілгендей, ылғалдылықтың едәуір өзгеруі соңғы 10 жылда болған, ол жағалау бекеттерінде азайған, ал шөл станциялары оның ұлғаюын атап өткен. Қыста теңіз жағасында да, шөл далада да ылғалдылықтың ұзақ мерзімді өзгеруі атмосфералық циркуляцияның ерекшеліктеріне толық сәйкес келеді. Жазда бұл дәйектілік тек қаңырап тұрған станцияда байқалады[58]. 1960 жылдан кейінгі жағалау станциялары үшін ылғалдылықтың үздіксіз төмендеуі байқалады, бұл Арал теңізін қатты құрғауына сәйкес келеді.

Кесте- 4.2.2 Арал теңізінің % орташа айлық және орташа жылдық салыстырмалы ылғалдылығы,

Месяцы	Периоды				
	19581-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1985	1929-1985
I	81	80	81	83	81
II	81	79	80	80	80
III	78	77	79	77	77
IV	59	53	57	54	57
V	49	46	42	43	46
VI	42	45	39	38	42
VII	44	41	35	32	40
VIII	45	41	35	34	40
IX	46	45	41	43	45
X	58	61	60	63	60
XI	73	73	77	76	75
XII	80	80	81	79	80
Год	61	60	59	58	80

Кесте- 4.2.2.1 Арал теңізінің орташа айлық және жылдық ішінара қысымы, гПа

Месяцы	Периоды				
	19581-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1985	1929-1985
I	2,2	2,4	1,7	2,8	2,2
II	2,7	2,4	1,4	2,8	2,3
III	3,7	4,4	3,1	4,1	3,9
IV	6,2	5,9	7,0	6,5	6,4
V	9,2	9,2	10,4	8,7	8,8
VI	11,6	12,3	13,5	10,5	12,2
VII	13,9	14,3	16,3	11,4	14,2
VIII	13,1	12,5	14,1	10,6	12,6
IX	9,2	8,6	9,5	7,9	8,9
X	6,2	6,5	5,4	6,6	6,2
XI	3,0	4,7	3,8	4,7	4,3
XII	4,0	3,0	2,6	2,9	2,9

Год	7,1	7,2	7,4	6,6	7,1
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Демек, жазда тұзды аймағында ылғалдылық режимінің қалыптасуы циркуляция ерекшеліктеріне қарағанда теңіздің әсеріне тәуелді болады деп болжауға болады - антропогендік фактор айналымнан (циркуляциядан) асып түсті.

#### 4.2.3. Атмосфералық жауын-шашын

Арал теңізінің аймағы атмосфералық жауын-шашынмен аздап ылғалданған аймаққа жатады, мұнда жылына орта есеппен 90-120 мм жауын-шашын түседі (4.2.3-кесте).

Жауын-шашынның жылдық ағымында максимум наурыз-сәуір айларында байқалады, ал екінші деңгей максимум қазан-қараша айларында болады. Жыл ішінде сұйық жауын-шашын басым болады, ал жаңбырлы күндер саны айдан-айға біркелкі бөлінеді[44,59]. Жалпы жылына 30-дан 45 тәулікке дейін жаңбыр, 12-ден 30 күнге дейін қар жауады.

Кесте -4.2.3 Орташа айлық және жылдық жауын-шашын, мм

Месяцы	Периоды				
	19581-1960	1961-1970	1971-1980	1981-1985	1929-1985
I	8	7	11	13	8
II	9	9	4	9	8
III	16	15	8	12	12
IV	10	15	23	13	14
V	15	7	13	18	10
VI	7	13	6	8	9
VII	16	13	4	6	8
VIII	12	10	7	4	6
IX	4	6	6	17	15
X	15	7	25	11	10
XI	7	15	14	14	10
XII	15	10	13	7	12
год	134	137	134	132	122

Әр түрлі 10 жылдағы жауын-шашын мөлшерін салыстыру ең маңызды айырмашылықтардың 1951-1960 және 1971-1980 жылдар аралығында болғандығын көрсетті. Соңғы 10 жылда максимумның наурыздан сәуірге, ал минимумның қыркүйектен шілдеге ауысуы байқалады. Жауын-шашын аномалиялары болатын кезеңдер Арал теңізі бекеттерінде, шөл далада және Орталық Азияның тау бөктеріндегі аймақтарға сәйкес келеді. Қалыптан тыс құрғақ кезеңдер бүкіл Орталық Азияға сәйкес келеді.

## 5. СУ БАЛАНСЫ

### 5.1. Жалпы ақпарат және су балансының теңдеуі

Арал теңізінің су балансын көптеген зерттеушілер бірнеше рет есептеп талданған. Теңіздегі алғашқы су баланстары 19-шы жылдардың аяғы мен 20-шы жылдардың басында құрастырылып талқыланып қортындылар шығарылған.

Арал теңізінің су баланстары әр түрлі уақыт аралығында әр түрлі климаттық жағдайлармен және теңіз режимімен құрастырылды және оларды есептеу үшін әртүрлі сенімділіктегі бастапқы материалдар қолданылды[60].

1961 жылдан бастап Арал теңізі деңгейінің төмендеуінің бірден-бір физикалық себебі көлдің су балансының бұзылуы болып табылады, теңізге келетін су ағынынан жолда кететін су шығындарының басымдылығы артық болғандықтан деп түсінуге болады.

Уравнение водного баланса для Арала (до 1989 г.) для некоторого интервала времени  $\Delta t$  имеет вид:

Арал теңізі үшін су балансының теңдеуі (1989 жылға дейін) белгілі бір  $\Delta t$  уақыт аралығында келесі түрде болады:

$$V_{\text{пр}} + V_{\text{ос}} - V_{\text{ис}} = V_{\text{пр}} - V_{\text{ви}} = \pm \Delta V, \quad (5.1)$$

мұндағы  $V_{\text{пр}}$  – өзенге келетін ағынының орташа жылдық мәндері (Амудария мен Сырдария),  $V_{\text{ос}}$  - теңіз келіп түсетін атмосфералық жауын-шашын,  $V_{\text{ис}}$  - оның бетінен булану,  $V_{\text{ви}}$  - көрінетін булану (булану мен жауын-шашынның айырмашылығы),  $\Delta V$  - бірдей уақыт аралығында теңіздегі су көлемінің өзгеруі. (1) теңдеуінен, егер жауын-шашынмен ағып жатқан ағын буланудан аз болса ( $V_{\text{пр}} + V_{\text{ос}} < V_{\text{ис}}$ ) немесе ағын көрінетін буланудан аз болса ( $V_{\text{пр}} < V_{\text{ви}}$ ), онда су қоймасындағы су көлемі азаяды ( $\Delta V > 0$ ).

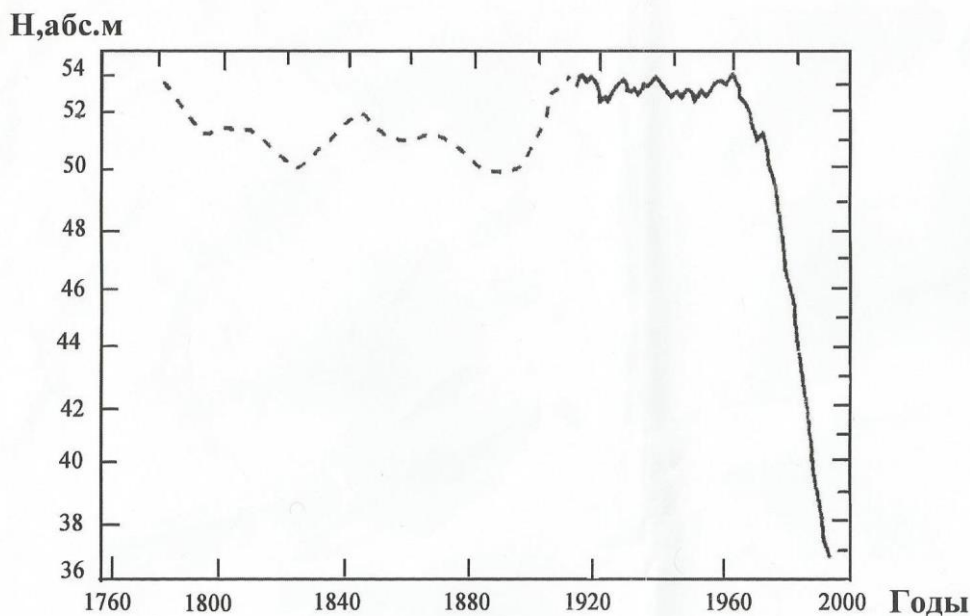
Су теңгерімі туралы мәліметтер әлі екі тәуелсіз бөлікке бөлінбегендегі жағдайы, 5.1-кестеде көрсетілген.

Кесте -5.1 Арал теңізінің су балансының 1911 - 1988 жылдардағы орташа жылдық құрамдас бөліктері

Период (число лет)	Приход км. куб.		Расход, куб.км	Водный баланс
	сток	осадки	испарение	
1911-1960 (50)	56,0	9,1	66,1	-1,0
1960-1970 (10)	43,3	8,0	65,4	-14,1
1971-1980 (10)	16,7	6,3	55,2	-32,2
1981-1985 (5)	2,0	7,1	45,9	-36,8
1986-1988 (3)	10,8	6,2	47,0	-30,0

1961 жылға дейін Арал теңізінің су балансы тепе-теңдік деңгейіне жақын болды, яғни орташа алғанда кірістер мен шығыстар бірдей болды. Ал 1961 жылдан кейін булануға байланысты судың шығыны ағын мен жауын-

шашынның жалпы мөлшерінен асып түсті. Бұл көлдегі су көлемінің азаюына және сәйкесінше оның деңгейінің төмендеуіне әкелді. Приходтың үстіндегі судың ағуы күннен-күнге күшейе түсті, бұл теңіз көлемінің жеделдеуі мен оның деңгейінің төмендеуіне алып келді, әсіресе 70-80 жж. (5.1-сурет).



5.1 –Сурет- Арал теңізінің су балансы

1989 жылдан бастап Арал екі бөлікке бөлінді - Үлкен Арал (Өзбекстан) және Кіші Арал (Қазақстан). 1988 жылы Қазақстан Республикасы Көкарал бөгетін Кіші теңіздің деңгейін сақтау мақсатында Берг бұғазы орнындағы арнаға салады (5.1-сурет). Онсыз да бөлінген теңіздердің су балансы туралы мәліметтер 5.1.1-кестеде келтірілген (бөлінген теңіздердің ауданы үшін 1-кестені қараңыз).



5.1.1 Сурет. Берг бұғазындағы көкарал бөгеті (Қазақстан)

Кесте -5.1.1 Арал теңізі бөліктерінің су балансының орташа жылдық құрамдас бөліктері 1988 - 1994 жж

Часть аральского моря	Период (число лет)	сток	Видимое испарение	Водообмен через берег	Баланс
Малое море	1988	4,80	2,34	-2,46	0
	1989	3,04	2,70	-0,34	0
	1990	2,52	2,52	0	0
	1991	2,58	2,58	0	0
	1992	3,18	2,12	-1,06	0
	1993	6,17	2,09	-4,1	0
	1994	7,14	2,34	-4,8	0
Большое море	1988	9,19	28,12	2,46	-16,47
	1989	0,84	29,96	0,34	-28,78
	1990	3,92	29,60	0	25,68
	1991	5,76	28,24	0	-22,48
	1992	11,44	22,06	1,06	-9,56
	1993	9,08	21,31	4,10	-8,13
	1994	11,71	23,38	4,80	-6,87

5.1.1-кестеде Кіші теңіздің деңгейі тұтастай тұрақтанғаны, ал Үлкен теңізде көлемі мен деңгейі төмендеуі жалғасқандығы көрсетілген. Арал теңізінің су балансының өзгеруінің негізгі себебі (көлем, беткейдің және деңгейдің төмендеуі) ағынның азаюы.

## **5.2. Су балансы компоненттерінің сипаттамалары.**

### **5.2.1. Өзен ағысы**

Арал теңізінің беткі ағыны оған құятын өзендердің табиғи сумен қамтылуына да, халық шаруашылығының, негізінен суармалы егіншіліктің қажеттіліктері үшін үнемі өсіп келе жатқан судың алынуына байланысты.

Ағынды сулардың пайда болу аймағындағы (Памир мен Тянь-Шаньның биік таулы аймақтары) Амудария мен Сырдария бассейндерінің табиғи су ресурстары сәйкесінше шамамен 78 және жылына 38 километр куб деп бағаланады[60-61].

Амудария мен Сырдария бассейндері ежелгі суару аймақтары болып табылады, олар ұзақ уақыт бойы ағын суларында әсерін тидіріп отырды.

XX ғасырдың басынан бастап қазіргі уақытқа дейін суармалы жердің көлемі екі еседен астам өсті (3,2-ден 7 млн га-ға дейін). Болашақта тек аймақтың меншікті су ресурстарының арқасында суармалы алқапты 8-9 миллион гектарға дейін ұлғайту жоспарланып отыр.



1950 жылдарға дейін суаруға су алу туралы мәліметтер өте шектеулі. Осы кезеңде қайтымсыз ағынды алу көлемі шамалы өзгерді және жылына шамамен 26-33 км<sup>3</sup> құрады. Басында және әсіресе 50-ші жылдардың ортасынан бастап ағынның қайтарымсыз алынуы қарқынды түрде арта бастайды. Бұған суармалы егіншілік алаңының едәуір ұлғаюы себеп болды (Сурет 5.2.1).

Ирригацияны дамытудың келесі кезеңдерінде өзендердің өтемдік мүмкіндіктері таусылды, ағынды судың қайтымсыз тартылуының одан әрі артуы және судың ұзақ уақыт кезеңінің басталуы өзен суларының теңізге құйылуының күрт төмендеуіне әкелді. . 1961-1970 жж. орта есеппен теңіз бассейніндегі қалпына келтірілмеген ағынды су 55-57, ал 1971-1980 жж. олар жылына 64-66 км<sup>3</sup> дейін өсті. 1981-1985 жж. теңіздің бассейнінде қалпына келтірілмейтін ағынды суды алу шамамен жылына 70-75 км<sup>3</sup> шамасында болды (5.2.1-кесте).



5.2.1 –Сурет- Су қорын тұтыну көрсеткіші

Кесте -5.2.1. Арал теңізінің кіріс және шығыс компоненттері, км<sup>3</sup> / жыл

Периоды	Водные ресурсы	приток	Потери в дельтах	Орашение 95%	Естественные потери
1932-1960	116	56	13	35	18
1961-1990	105	3	1,0	97	4,0

1982 жылдан бастап Амударияның өзен суларын магистральды канал бойымен Арал теңізіне құю тоқтатылды. Шуақ ауылының ауданында (Қызылжар ауылындағы гидрологиялық станциядан 60 км төмен) соқыр толтырғыш бөгет салынды және Амудария атырауына кіретін өзеннің барлық қалдық ағындары сол жақтың аумақтарын суландыруға бағытталған. өзеннің аралық сағасы және атыраудың су қоймаларын суару. Бұл судың шамалы бөлігі арналар арқылы және көл жүйелері арқылы Арал теңізіне құяды. Осы жылдар ішінде Амудария суларының теңізге құйылуын бағалау үшін ағын сулардың шығыны шегерілген Қызылжар бөліміндегі мәліметтер пайдаланылды. Шындығында, Амудария суларының теңізге құйылуы 1982, 1983 және 1985 жж. мүлдем болмаған, ал 1984 жылы 4 км-ден аспаған[62].

Квазистационарлық теңіз режимі кезеңінде Амудария атырауындағы ағын сулардың шығыны 6-10 км<sup>3</sup> шамасында болды. Соңғы жылдардағы (1981 - 1985 жж.) Амударияның атыраудағы су шығыны толығымен дерлік антропогендік факторлармен анықталды - Тахиташ гидроэлектростанциясы өзен ағынына ағатын және бұл суларды қолдан суландыру үшін пайдалану суларының мөлшері. атыраудың кептірілген аумақтары мен су айдындары. Осы кезеңде орташа есеппен бұл шығындар жылына 1,4 км<sup>3</sup> құрады.

Сырдария өзенінің Қазалыдан төмен теңіздегі атырауға ағуы жоқ. Судың әр түрлі мөлшері үшін ағынды ысыраптар әдетте 0-ден 2% -ға дейін (0– 0,3 км<sup>3</sup>) алынады. 1951-1960 жылдар аралығында. Сырдария атырауындағы ағын судың шығыны 2% -ке, ал салыстырмалы құрғақ кезең үшін 1961-1973 жж. - 1% -ке тең болды. 1974 жылдан бастап Сырдария суын экономикалық жағынан толықтай дерлік пайдаланудың және ағыстың ішіндегі негізгі өзен арнасын бірнеше соқыр бөгеттермен жауып тастауының салдарынан өзен суларының Арал теңізіне ағуы тоқтатылды. Ағаздың құрғап жатқан су айдындарын суару үшін Қазалы су электр кешені арқылы ағынға ағызылатын судың шамалы бөлігі толығымен пайдаланылады[63].

Сырдария мен Амудария өзендерінің жыл сайынғы ағысы да өзгерді. Егер теңіздің квазистационарлық режимі кезеңінде олар кеңейтілген көктемгі-жазғы-күзгі тасқынмен сипатталса, онда қазіргі уақытта өзен суының теңізге келіп құйылатын жыл сайынғы ағымы жыл сайынғы режиммен толық анықталады, өзендердің төменгі ағысында орналасқан гидроэлектростанциялардан босатулар, сондай-ақ ағындарды атыраптарда экономикалық тұрғыдан пайдалану да өз әсерін тигізеді. Кейбір айларда, кезеңдерде және құрғақ жылдары, су қоймаларында өзен суларының жиналуы және оларды суару қажеттіліктері үшін қарқынды алу, атыраулар мен су қоймаларын суару кезінде өзен суының теңізге ағуы толығымен тоқтайды. Қазіргі кезеңде Арал теңізіне өзен суларының құйылуының өзгеруін бағалау теңізге ағынның жалпы азаюының шамамен 80% -ы антропогендік фактордың әсерінен, ал қалғаны табиғи факторлардың әсерінен - соңғы онжылдықтардағы табиғи судың төмен деңгейі. Қазіргі кезеңде ағынның антропогендік шығындары оның жалпы шығындарының 92 - 95% құрайды (5.2.1-кестені қараңыз).

### **5.2.2. Атмосфералық жауын-шашын**

Арал теңізінің акваториясына түсетін атмосфералық жауын-шашынның мөлшері аз, дегенмен, құрғақ жылдары өзен ағындарының күрт төмендеуіне байланысты олардың теңіздің су балансында салыстырмалы рөлі айтарлықтай өсті.

Жауын-шашын теңіз аймағындағы акваторияда біркелкі таралмайды. Жылдық жауын-шашынның солтүстіктен оңтүстікке қарай 15,0-ден 11,0 см-ге дейін[64] біртіндеп төмендеуі байқалады. Теңіздің орталық бөлігінде 11,0 - 12,5 см жауын-шашын түседі.

Жауын-шашын мөлшерінің маусымдық өзгеруі максималды мөлшерде наурыз - сәуір және қазан - қараша, минимум - тамыз - қыркүйек айларында сипатталады.

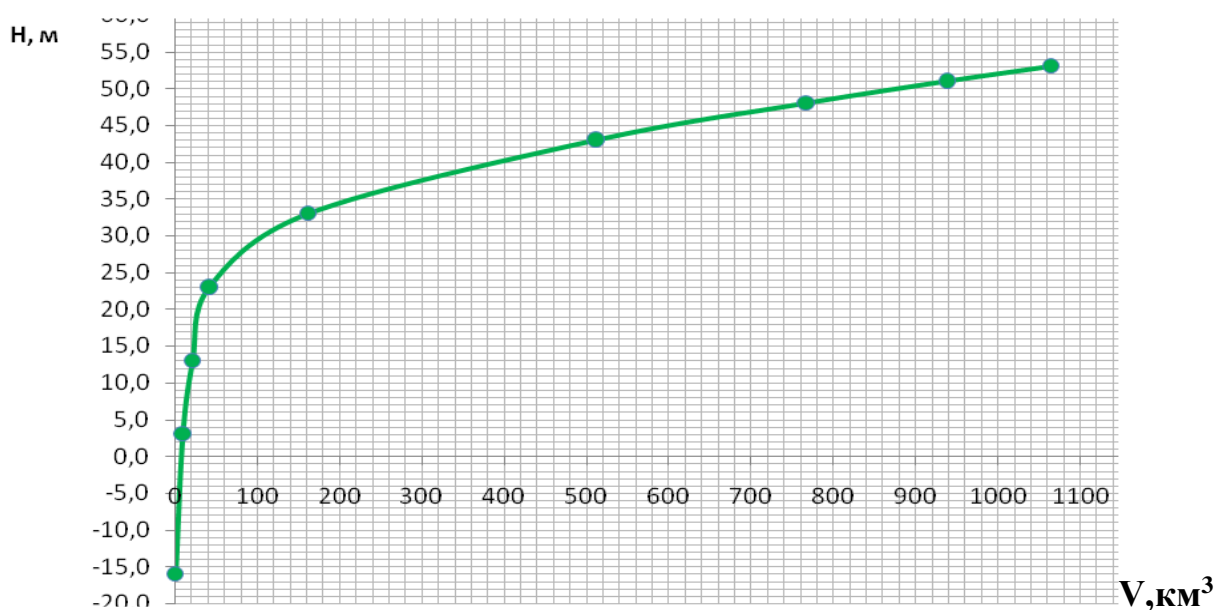
1911-1960 және 1951-1960 кезеңдерінде теңіздің акваториясына түсетін жауын-шашынның орташа жылдық ұзақтықта түсетін қабаты бірдей болды - жылына 13,8 см. Болды,. Ал 1961-1985 жж. жауын-шашынның орташа мөлшері сәл аз болды - жылына 12,4 см, ал ең құрғақшылық 1971-1980 жж. - жылына 11,0 см, соңғы бесжылдықта (1981-1985) ылғалды болған кезде сулылығы артып отырды.

Жалпы, 1911-1985 жылдарға аралығында жауын-шашынның орташа жылдық көп болған мөлшері теңіз бетінде 13,3 см құрады. Жауын-шашынның максималды мөлшері 1981 жылы (235 мм), минимумы 1944 жылы (67 мм) байқалды. Жауын-шашынның жылдық ауытқу коэффициенті маңызды ассиметриямен  $C_v = 0,26$  - таңдалған мән  $C_s = 0,82$  [49,65].

### 5.2.3. Булану

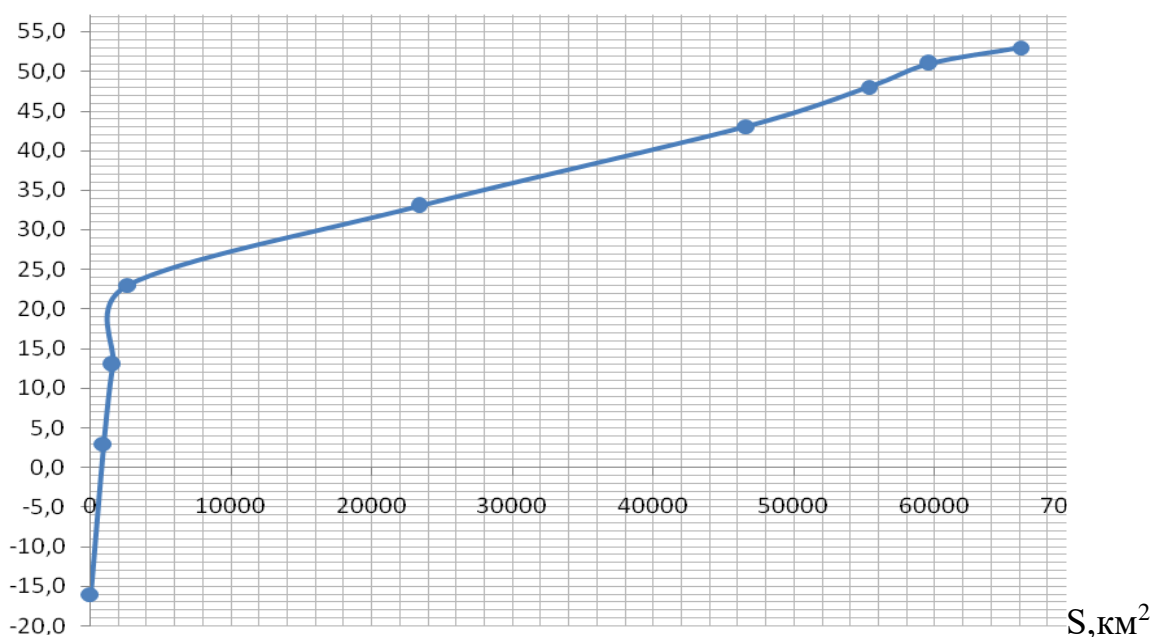
Буланудың далалық табиғи бақылаулары ашық теңізде ғана емес, сонымен қатар жағалаудағы гидрометеорологиялық станцияларда да жоқ. Сондықтан Арал бетінен булануды есептеу үшін олар теориялық немесе эмпирикалық формулаларды қолданады немесе егер теңдеудің қалған мүшелері белгілі болса, оны су балансының теңдеуінен анықтайды.

$V$  судың көлемі,  $F$  көлінің беткі ауданы мен  $H$  деңгейінің биіктігі бір-бірімен қатты байланысты болғандықтан,  $\Delta V$  су көлемінің есептелген өзгерісін сулардың сәйкес өзгеруін анықтауға пайдалануға болады. көлдің ауданы және оның деңгейі (5.2.3 және 5.2.3.1-суреттер).



5.2.3- Сурет- Жогары деңгейден өлшегендегі көлем

Буланудың маусымдық өзгергіштігі жағалау мен арал станциясының жылдық булану жылдамдығының сәйкессіздігін көрсетті. Ашық теңізде орналасқан арал станцияларының максималды булануы (тамыз - қыркүйек) жағалаудағы станциялардың максималды булануына (маусым - тамыз) қатысты ауысады. Бұл теңіздің жылу режимінің ерекшеліктеріне байланысты. Айырмашылықтар өтпелі (күзгі және көктемгі) кезеңдерде байқалады. Күзде температураның тез төмендеуі және мұз қабаттары пайда болатын жағалау аймағында булану өте аз болады. Үлкен жылу қоры бар орталық аймақтарда булану әлі де қарқынды. Көктемде, керісінше, жағалау аймақтарының қатты жылынуына байланысты булану тез артады, ал теңіздің осы уақытта төмен температура байқалатын орталық аймақтарында булану аз болады.



5.2.3.1 –Сурет- Биіктік деңгейінен бастап санағандағы ауданы

1911-1960 жылдар аралығында теңіз бетінен буланудың орташа ұзақ жылдық қабаты 100,0 см құрады. Келесі онжылдықта (1961-1970 жж.) буланудың аздап жоғарылауы байқалды, ал 1971-1980 және 1981-1985 жж. сәйкесінше 103,5, 96,8 және 96,2 см төмен орташа мәндерімен сипатталады [16,29,36,52,66]. Жыл сайынғы буланудың өзгергіштігі су мен ауа температурасының орташа жылдық мәндерінің өзгергіштігімен, қыстың ауырлығы мен ұзақтығымен жақсы үйлеседі. Жалпы 75 жылдық кезеңге 1911-1985 жж. буланудың орташа жылдық мәні теңіз бетінен 99,8 см құрайды, мұндағы жылдық мәндер ауытқуымен 1982 жылы 78,1 см-ден 1983 жылы 120,6 см-ге дейін. Қазір көл бетінен жылына 900 - 1000 см булануда.

Жабық су қоймасы үшін су балансының теңдеуі:

$$dV/dt = (R-G)-(E-P)S$$

мұндағы  $V$  - теңіз көлемі,  $t$  - уақыт,  $R$  - өзен ағыны,  $G$  - жер асты суларының ағыны,  $E$  - бірлігіне булану,  $P$  - аудан бірлігіне жауын-шашын,  $S$  - теңіз ауданы. Бұл теңдеуді су қоймасы бетінің деңгейі тұрғысынан да оңай жазуға болады, бірақ барлық жағдайда оны интеграциялау үшін  $V(S)$  немесе  $V(h)$ ,  $S(h)$  гипсометриялық қатынастарын көрсету керек.. Бұл соңғылар толығымен су қоймасының батиметриясымен анықталады. Егер деңгейдің төмендеуімен су қоймасы бөлек бөліктерге бөлініп кетсе (бұл Арал теңізіне де қатысты болса), онда әрі қарай бөліктердің әрқайсысы үшін гипсометриялық функцияларды қарастырған жөн. Арал теңізі мен оның жекелеген бассейндері үшін гипсометриялық қатынастар, біз жоғары резолуциялы төменгі рельефтен есептедік[67].

Су балансының теңдеуі су балансы компоненттерінің әртүрлі мәндеріндегі жағдайдың одан әрі дамуын диагностикалық бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін. Бізде өзендер мен жер асты суларының ағындарының, жауын-шашынның және буланудың жылдамдықтарының болашақтағы өзгерулерін кез келген ұзақ мерзімге сенімді болжауға қаражат жоқ, сондықтан кез-келген «детерминистік» болжам қиын. Керісінше, біз су балансының теңдеуін нақты гипсометриялық қатынастармен біріктірдік, оң жақтағы айнымалылардың барлық мүмкін мәндерінен өтіп, осы мәндерге байланысты белгілі бір сценарий бойынша қорытынды жасадық. Сонымен бірге әр модельдік экспериментте  $(R + G)$  және  $(E-P)$  мәндері бекітілді (оларға интеграция кезеңіндегі кейбір орташа мәндердің мағынасын беруге болады), бірақ бір эксперименттен өзгерді басқа. Нәтижесінде  $(R + G)$  және  $(E-P)$  айнымалылар жазықтығындағы функциялар ретінде бүкіл теңіздің тепе-теңдік көлеміне немесе оның жекелеген бөліктеріне және тепе-теңдікке жету үшін уақытқа графиктер алынды. Әрбір интеграция кезінде деңгей тұрақтылығы жыл ішінде деңгейдің өзгеруі 20 см-ден аз болған кезде анықталды.

Төменде жоғарыда сипатталған модельдік тәжірибелер барысында алынған су теңгерімі компоненттерінің жазықтықтағы функциялары ретінде бүкіл теңіздің немесе оның жекелеген бөліктерінің тепе-теңдік көлемінің сызбалары және тепе-теңдікке жету үшін уақыт көрсетілген. Тұтастай алғанда теңіздің қазіргі күйінде тепе-теңдікке жақын екендігі байқалады. Шын мәнінде, теңіз деңгейінің төмендеуі іс жүзінде 2002 және 2006 жылдар аралығында тоқтады, бірақ бұл кезең салыстырмалы түрде жоғары өзен ағындарымен сипатталды. Егер өзен ағындарының осы шамалары сақталса (жылына 10 км<sup>3</sup> және одан да көп), онда теңіз қазіргі күйінде шексіз ұзақ уақыт тұруы мүмкін, ал оның батыс және шығыс бассейндері бөлінбейтін болып қалады. Белгілі бір мағынада таяз және түбі тегіс шығыс бассейнінің өзі теңіздің «тұрақтандырғышының» ролін атқаратынын ескеріңіз: теңіз деңгейінің аздап төмендеуі бірден шығыс бассейнінің аумағының үлкен төмендеуіне әкеледі және, демек, жалпы буланудың төмендеуіне және керісінше[68].

Алайда өзен ағындары 1980 жылдарға тән төмен мәндерге оралса, шығыс және батыс бассейндері қайтадан бір-бірінен алшақтайды. Бұл жағдайда су қоймасының әртүрлі бөліктері үшін болжамдар әртүрлі. Батыс бассейнде

деңгейдің төмендеуі жалғасуы мүмкін (бірақ жазғы ССТ-тің төмендеуіне және деңгейдің төмендеуімен жер асты суларының гидравликалық ұлғаюына байланысты) баяу булану жер асты суларымен толтырылғанша. Оқшауланғаннан кейінгі шығыс бассейнінің болашағы ең аз болжамды болуы мүмкін, өйткені оның тепе-теңдік көлемі су балансының құрамдас бөліктерінің шамалы өзгеруіне де өте сезімтал. Демек, осы компоненттер мәндерінің ықтимал шектерінде кез-келген сценарий бірнеше жыл ішінде бассейннің толығымен дерлік кеуіп кетуінен, егер өзен ағындары көбейсе, оның батыс бассейнімен қайта түйісуіне дейінгі мүмкін. Алайда қарастырылып отырған оқиғалар кезінде бассейннің қалдық ащы-тұзды көл мөлшеріне дейін тез төмендеуі мүмкін, оның тұздануының жоғарылауына байланысты оның бетінен булану айтарлықтай азаяды. Арал теңізінің қазірдің өзінде бөлінген солтүстік бөлігіне (Кіші теңіз) келетін болсақ, егер Сырдария өзенінің ағысы қазіргі деңгейінде қалса, бұл бөліктің режимі су қоймасының қазіргі немесе үлкен көлемімен салыстырмалы түрде тұрақты болады. Егер бүгін Сырдария ағынының көлемін ұлғайту бойынша жоспарланған шаралар жүзеге асырылып, Үлкен және Кіші теңіздер арасындағы бөгеттің құрылысы сәтті аяқталса, Кіші Арал 2020 жылға қарай «шартты түрде табиғи» тұздылық деңгейіне оралуы мүмкін.

## **6. Теңіз деңгейі.**

### **6.1. Жалпы ақпарат және теңіз деңгейі туралы зерттеулер**

Теңіз деңгейі - шартты горизонтқа қатысты өлшенген жел толқындарының әсері аз болатын теңіздің беткі қабаты. Теңіздегі шартты горизонт үшін теңіздің нөлдік деңгейдегі тіректері алынады, ол Арал теңізі үшін плюс 51,494 м абсиске тең болады.

Арал теңізінің деңгейі, тұйықталған үлкен су айдыны, екі негізгі түрдегі тербелісті ауытқуы байқалады: оның су балансының құрамдас бөліктерінің маусымдық және ұзақ мерзімді өзгерістері кезінде теңіз суларының көлемінің ауытқуымен байланысты эвстатикалық және жылжу. желдің әсерінен теңіз бетінің көлденеңінен ауытқуы, қысымның күрт өзгеруі және басқа себептер. Анықтайтын факторлар уақытының өзгеру сипатына байланысты теңіз деңгейінің ауытқуы периодты емес немесе периодты болуы мүмкін, ауытқу кезеңдері бірнеше сағаттан бірнеше онжылдыққа дейін немесе одан да көп уақытта болады. Көбінесе, теңіз беті бір мезгілде әртүрлі кезеңдер мен диапазондармен ауытқудың бірнеше түріне ұшырайды, яғни толқындар бір-бірімен түйіскенде болатын құбылыс, бұл теңіз деңгейінің өзгеруінің өте күрделі сипатына әкеледі.

### **6.2. Теңіз деңгейінің көпжылдық тербелісі**

Жабық шексіз Арал теңізі өз деңгейінде әр түрлі масштабтағы ұзақ мерзімді ауытқулармен сипатталады - ғасырлық, көпғасырлық, ұзақ мерзімді.

Теңіз деңгейінің бірнеше ғасырлық ауытқуы Еуразия мен солтүстік жарты шар континенттерінің жалпы ылғалдылығының өзгергіштік фазаларының кезектесуіне байланысты (шамамен 1850 жыл). Соңғы 4 - 4,5 мың жыл ішінде Арал теңізі үшін судың үш ұзақ кезеңі анықталды. Су деңгейі жоғары кезеңдер арасында салыстырмалы түрде құрғақ кезеңдер болды. Суы мол кезеңдерде Арал теңізі бассейнінің Амудария суларымен толтырылуының, Сарықамыш көлінің қалыптасуының және Үзбойдың қазіргі құрғақ арнасы бойымен мерзімді ағынның пайда болуының индикаторы болып табылатын Сарықамыш бассейні толтырылды. Каспий теңізіне құяды. Арал теңізі деңгейінің бірнеше ғасырлар бойындағы ауытқуларының ауқымы 6 м-ден асты[69-72].

18 ғасырдың аяғында теңіз деңгейі жоғары болды, шамамен 53 м, содан кейін теңіз деңгейінің тез төмендеу кезеңі басталды, ал 19 ғасырдың 20-шы жылдарының басында ол 50 м-ге дейін төмендеді. осы ғасырдың ортасында теңіз деңгейінің 2 м-ге көтерілгендігі байқалды, ал 80-ші жылдары ол тағы 50 м-ге дейін төмендеді. 1885-1905 жылдары теңіз деңгейі 3 м-ге тез көтеріліп, жақын деңгейге жетті. 53 м. Біздің ғасырдың басындағы Арал теңізі деңгейінің бұл көтерілуі бүкіл солтүстік жарты шардың климатындағы циклдік өзгерістердің нәтижесі болды, бұл өзендер ағынының біртіндеп ұлғаюына

әжелді. Осылайша, осы кезеңде Арал теңізінің деңгейіндегі зайырлы тербелістердің ауқымы 3 м-ге жетті.

Зайырлы ауытқулар аясында теңіз деңгейінің ұзақ мерзімді өзгерістері орын алады. Бақылау кезеңінде Арал теңізі деңгейінің ұзақ мерзімді өзгеруінің екі кезеңі бар: шартты түрде табиғи (1911-1960 жж.) Және теңіз режиміне белсенді антропогендік әсер етудің қазіргі кездегі стационарлық емес кезеңі (1961 ж. Бастап қазіргі уақытқа дейін).

Бірінші кезең теңіз деңгей режимінің салыстырмалы тұрақтылығымен сипатталады. Теңіздің орташа жылдық деңгейлері, оның көпжылдық орташа белгісінде бір позициядан нөлден 146 см жоғары ауытқып отырды (14-кесте). Жыл сайынғы теңіз деңгейінің ауытқу диапазоны 1 м-ден аспады. Сонымен, Арал'sкое Море станциясындағы орташа жылдық деңгейден орташа жылдық деңгейлердің ең үлкен ауытқулары +40 см (1912, 1960) және -45 см (1920) болды. ).

Арал теңізі деңгейінің ауытқуындағы ұзақ мерзімді циклдардың пайда болу сипаты өзен ағындарының ұзақ мерзімді тербелістерінде суды және сулы жылдардың қайталанатын топтарының болуымен байланысты болуы мүмкін, олар теңіз деңгейінің бірнеше жылдық ауытқу циклінің өсуі немесе төмендеу фазасы, сондай-ақ Арал теңізіне тән «тыныштық» ұзақ уақытқа созылады. », яғни бұзылған теңіз деңгейінің бастапқы деңгейіне қайта оралу уақыты. нормативке тең тұрақты өзен ағынындағы гравитация (тепе-теңдік) әсеріне байланысты болады. Теңіз деңгейінің ауытқуындағы ұзақ мерзімді циклдарды қалыптастыру үшін «тыныштық» уақыты су деңгейінің немесе суы аз ағындардағы жылдарынан бірнеше есе көп болуы керек, бұл су деңгейінің шұғыл ауытқуын тудырды. гравитациялық көкжиекке байланысты болуы да ықтимал[75].

1961 жылдан бастап суаруға пайдаланылатын өзендер ағысының үнемі төмендеуіне байланысты Арал теңізінің орташа жылдық деңгейі төмендей бастады. Оның шамалы өсуі 1970 жылы байқалды, ол құбылыс өте жоғары судан кейін, яғни 1969 жылы ғана болды. Орта есеппен 1961-1985 жж. теңіз деңгейі жылына 46 см-ге төмендеді. Теңіз деңгейінің төмендеуі, егер 1961-1974 жылдар аралығында болса, 1975 жылдан бастап едәуір жеделдеді. деңгейі жылына орта есеппен 27 см-ге төмендеді, содан кейін 1975-1985 жж. - жылына 71 см. 1985 жылдың аяғында теңіз деңгейі шамамен [73] 41,4 м-ге дейін төмендеді немесе оның 1911-1960 жылдардағы көпжылдық орташа деңгейімен салыстырғанда 11,6 м.

1961-1985 жылдардағы теңіз деңгейінің күрт тұрақсыз режимі орын алды, теңіздің орташа деңгейінің құлдырауының немесе тенденциясының жылдамдығымен және теңіз деңгейінің орташа жылдық мәндерінің тренд сызығынан ауытқуымен сипатталуы мүмкін, бұл белгіленген кезеңдегі теңіз деңгейінің төмендеуінің орташа «траекториясы» болды. Тренд сызығын тек стационарлық емес кезеңде көруге болады[74]. Тренд сызығынан орташа жылдық деңгей теңіз деңгейінің ауытқулары айтарлықтай маңызды болуы мүмкін: +128 см (1974) және -158 см (1985). Оң ауытқулар теңіз деңгейі



белгілерінің тренд белгілерінен асып кетуіне сәйкес келеді, ал теріс ауытқулар, керісінше, тренд белгілерінің орташа жылдық деңгей теңіз деңгейінің белгілерінен асып кету жағдайларына сәйкес келеді[75].

### **6.3. Теңіз деңгейінің маусымдық тербелісі**

Арал теңізі деңгейінің маусымдық немесе жыл ішіндегі ауытқулары негізінен табиғаттың маусымдық өзгеруімен және теңіз су балансы компоненттерінің арақатынасымен анықталады. Арал теңізі үшін теңіз суының температурасы мен тұздылығының маусымдық өзгеруіне байланысты теңіз деңгейінің тығыздығының ауытқуы 1 см-ден аспайды және практикалық маңызы жоқ. Арал теңізі деңгейінің жыл ішіндегі ауытқуы желдің күші мен бағытының, ағымдары мен атмосфералық қысымның маусымдық өзгеруіне байланысты да аз және 3-5 см-ден аспайды.

Тұйықталған Арал теңізі үшін маусымдық деңгейдегі ауытқулар оның ұзақ мерзімді өзгерістерімен тығыз байланысты. Су балансы компоненттерінің жылдық арақатынасының нәтижесіне байланысты деңгейдің маусымдық ауытқу түрлері, судың оң, нөл және теріс баланстары бөлінеді. Маусымдық ауытқулардың бұл түрлері деңгей қисықтарының деформацияларының сипатымен және негізгі сипаттамаларының ауытқу диапазонымен ерекшеленеді - деңгейдің экстремалды биіктігінің басталу уақыты, деңгейдің көтерілуі мен төмендеу ұзақтығы, және жылдық деңгей өсіміне байланысты болады[76-78].

Теңіз деңгейінің маусымдық ауытқуларының барлық түрлерінің жалпы ерекшелігі - оның жылдық балансында жазғы максимум мен қысқы минимумның болуы. Судың арту кезеңінде теңіздің оң жылдық су балансында жыл соңына қарай теңіз деңгейі жыл басына қарағанда жоғары болады. Деңгейдің өсу уақыты оның құлау уақытына қарағанда көбірек және маусымдық максимум кейінірек күнге ауыстырылады. Жылдық нөлдік су балансында жыл басында[15,39,47,79] және соңында теңіз деңгейінің белгілерінің теңдігі және деңгейдің көтерілуі мен төмендеу уақытының шамамен теңдігі болады. Оның құрамындағы судың төмендеу фазасында су балансы теріс болған жағдайда, жыл соңына қарай теңіз деңгейі жыл басына қарағанда төмен болады, деңгей көтерілу уақыты уақытқа қарағанда қысқа болады оның құлдырауы, ал маусымдық максимум алдыңғы кезеңдерге ауысады[72-76].

Шартты табиғи режим кезеңінде (1911-1960 жж.) Теңіздің орташа айлық биіктігінің орташа жылдық мәндерінен ауытқулары +40 см және - 47 см-ден (Арал теңізі) аспады, олардың орташа мәндері Теңіз үшін  $\pm 15$  см.1960 жылдардан бастап теңіз деңгейінің маусымдық ауытқу сипатында біртіндеп өзгеріс байқала бастады. 1981-1985 жылдары жеткен теңіз деңгейінің жыл сайынғы теріс өсімі ғана артпады. жылына орта есеппен -74 см, маусымдық теңіз деңгейінің ауытқу қисығы да айтарлықтай өзгеріске ұшыраған. Теңіз деңгейінің көтерілуі маусымдық ағымында 5-10 см-ге дейін төмендеді, ал

кейбір жылдары нөлге жуықтады. Маусымдық максимумның басталу уақыты шілде-тамыздан сәуір-мамырға ауысты. Жалғыз ерекшелік - бұл судың әдеттен тыс көп болатын 1969 жылы, теңіз деңгейінің жылдық өсімі 47 см болғанда және оның маусымдық максимумы қыркүйекте белгіленді. Көтерілу уақытының ұзақтығы қысқарып, теңіз деңгейінің жылдық ішілік циклде түсу ұзақтығы өсті[80]. Теңіз деңгейінің ең тез төмендеуі тамыз-қазан айларында болады, ал оның қарқындылығы кейбір айларда 30-35 см жетеді.

## 7. Судың тұздылығы.

### 7.1. Тұздылықты анықтайтын негізгі факторлар.

Арал теңізінің тұздылығы негізінен оның су мен тұз балансының құрамдас бөліктерінің - өзен ағынының, атмосфералық жауын-шашынның және буланудың арақатынасымен анықталады, олардың өзара әрекеттесуі су мен тұз қорының көлемінің маусымдық және ұзақ мерзімді ауытқуын анықтайды. Тұзданудың пайда болуына мұздың пайда болу және мұздың еру процестері, су айналымының табиғаты және бассейнің морфометриялық ерекшеліктері айтарлықтай әсер етеді.

Арал теңізінің тұздылығы туралы алғашқы мәліметтер өткен ғасырдың 70-80 жылдарында және қазіргі ғасырдың басында теңіз суының жеке үлгілерін талдау негізінде алынған. 1930 жылдары Арал ғылыми балық шаруашылығы станциясы ұйымдастырылғаннан кейін теңіздің гидрохимиялық зерттеулері, теңіз суларының тұздылығын зерттеу басталды[81].

Арал теңізінің жағалау суларының тұздылығын жүйелі түрде зерттеу 1941 жылдан бастап жүргізіліп келеді. 1950 жылдардан бастап Арал теңізінің гидрологиялық және гидрохимиялық режимін зерттеу оның деңгейінің қарқынды төмендеуіне байланысты күшейтілді (7-кесте).

Кесте -7 Арал теңізінің орташа жылдық теңіз деңгейі және тұздылығы

Год	Отметка уровня	Соленность г/л	Год	Отметка уровня	Соленность г/л
1950	52,9		1970	51,44	11,2
1951	52,77		1971	51,1	11,4
1952	52,79		1972	50,65	12,0
1953	52,94		1973	50,32	12,0
1954	53,21		1974	49,92	13,0
1955	53,27		1975	49,09	13,4
1956	53,32		1976	48,36	14,6
1957	53,27		1977	47,74	15,4
1958	53,23		1978	47,06	15,0
1959	53,39		1979	46,45	15,1
1960	53,5		1980	45,75	16,8
1961	53,38		1981	45,18	17,7
1962	53,07		1982	44,39	18,8
1963	52,72		1983	43,65	20,3
1964	52,58		1984	42,75	21,9
1965	52,4		1985	41,94	22,9
1966	51,98		1986	41,1	21,5
1967	51,66	11,0	1987		
1968	51,35	11,5	1988		

1969	51,39	10,9	1989		
------	-------	------	------	--	--

Арал суының тұздылығы аргентометриялық әдіспен анықталған, ол хлор құрамынан мөлшерімен есептелінеді.

## 7.2. Жағалаудағы судың тұздылығы

Тар жағалау аймағының тұздану режимі айтарлықтай жылдық, маусымдық және қысқа мерзімді өзгергіштігімен сипатталады. Жекелеген гидрометеорологиялық станциялардың тұздану режимінің ерекшеліктері олардың физикалық-географиялық жағдайына, сағалық аудандардан қашықтығына, су айналымының сипатына және ашық теңізге іргелес сулармен су алмасу қарқындылығына байланысты болып отырады.

Арал теңізі жағалауы суларының орташа жылдық тұздануын қазіргі тұрақсыз теңіз режимінің кезеңіне (1961–2011) талдау көрсеткендей, 1961 жылдан бастап барлық станцияларда судың тұздануының жалпы жоғарылауы теңіз су деңгейінің күрт төмендеуіне байланысты байқалды, яғни теңіз суларының деңгейі төмендеуі мен көлемінің азайуынан болып отырғаны көрініп тұр. Тұздылықтың 1970 жылдан кейін ерекше артуы байқалады, бұл теңіз деңгейінің төмендеу жылдамдығының жоғарылауымен байланысты.

Салыстырмалы кезеңдердегі жағалау суларының тұздылығындағы ең үлкен өзгерістер солтүстік және солтүстік-шығыс жағалауларға тән және 70-ші жылдардың ортасынан бастап Сырдария суларының теңізге енуінің толық тоқтауымен байланысты. Тұздылықтың минималды жоғарылауы оңтүстік жағалауда Әмудария шырынының әсер ету аймағында және теңіздің орталық аймақтарында байқалды. Маусымдық тұздану үрдісі де өзгерді. Жыл сайынғы ауытқулардың ауқымы өсті, жазғы минимум тіпті өзен ағынының әсер ету аймағында орналасқан станцияларда да көрінбейді. Сонымен бірге, мұздың еруі кезінде судың тұщылануына байланысты көктемгі минимум анық байқалады.

## 7.3. Теңіз суларының және оның кейбір аймақтарының орташа тұздылығының ұзақ мерзімдік өзгерістері

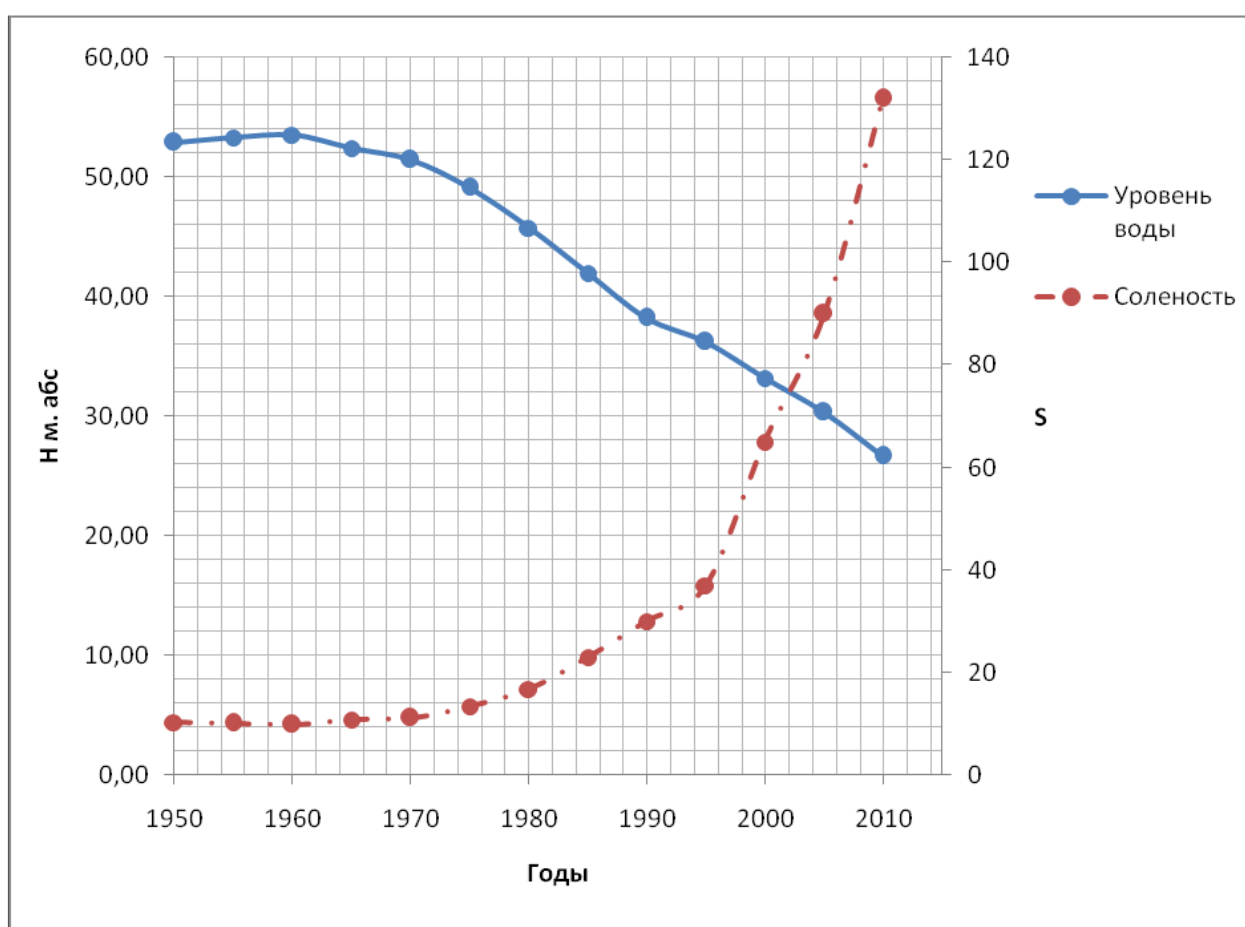
Теңіз суларының орташа тұздылығы оның гидрологиялық және гидрохимиялық режимінің маңызды сипаттамаларының бірі болып табылады. Шартты табиғи теңіз режимі кезеңінде бүкіл теңіздің және оның қайсыбір аймақтарының орташа тұздылығының жылдық аралық ауытқулары аз болды және олар негізінен өзен ағындарының өзгеруімен анықталды. Орташа тұздылықтың теңіз деңгейінің биіктігіне кері тәуелділігі байқалды.

1950 жылдардың басында Арал теңізінің орташа тұздануының алғашқы есептеулері оның кеңістіктік және тік таралу ерекшеліктерін ескере отырып, ұзақ мерзімді орташа мәліметтер негізінде 10,2 ‰ мәндерінде болып отырады.

10-кестеде Арал теңізінің деңгейлері мен тұздылығының 1950 - 2011 жылдардағы орташа жылдық мәні көрсетілген. Осы кезеңде теңіз суының

тұздылығы он екі еседен астам өсті. Тұздылықтың жоғарылауы негізінен теңіз сулары көлемінің азаюына байланысты, өйткені теңіздің тұз массасы уақыт бойынша тұрақты және оның мәні екінші роль атқарады (7.3-сурет).

Алайда қарастырылып отырған оқиғалар кезінде бассейнің қалдық ащы-тұзды көл мөлшеріне дейін тез төмендеуі мүмкін, оның тұздануының жоғарылауына байланысты оның бетінен булану айтарлықтай азаяды. Арал теңізінің қазірдің өзінде бөлінген солтүстік бөлігіне (Кіші теңіз) келетін болсақ, егер Сырдария өзенінің ағысы қазіргі деңгейінде қалса, бұл бөліктің режимі су қоймасының қазіргі немесе үлкен көлемімен салыстырмалы түрде тұрақты болады. Егер бүгін Сырдария ағынының көлемін ұлғайту бойынша жоспарланған шаралар жүзеге асырылып, Үлкен және Кіші теңіздер арасындағы бөгеттің құрылысы сәтті аяқталса, Кіші Арал 2020 жылға қарай «шартты түрде табиғи» тұздылық деңгейіне оралуы мүмкін.



7.3-Сурет- Арал теңізінің деңгейі мен тұздылығына тәуелділік графигі.

## 8. ТЕҢІЗ ЖӘНЕ АРАЛ АЙМАҒЫНЫҢ ДЕГРАДАЦИЯСЫ..

Арал теңізінің жоғалуы - бұл Арал теңізін ирригацияны дамытуға және ауылшаруашылық өндірісінің өсуіне құрбан еткен табиғи және антропогендік апат деп түсінуге болады.

1960 жылға дейін суаруға судың тартылуы коллекторлық желілердің ұлғаюымен және сәйкесінше кері судың ұлғаюымен қатар жүрді[82], нәтижесінде өзен атыраптарында және теңізде айтарлықтай өзгерістер болған жоқ.

1911-1960 жж. теңіз тұзы балансының квази-тепе-теңдік күйі тән. Жыл сайын теңізге 25,5 млн тонна тұз түсіп, оның негізгі бөлігі теңіз бен өзен суларын араластыру кезінде тұнбаға ұшырады (Арал суларының кальций карбонатымен толып кетуіне байланысты) және таяз суларда, шығанақтарда, шығанақтарда және фильтрацияда шөгінділер орын алды. Солтүстік, шығыс және оңтүстік теңіз жағалауларындағы көлдер (8-сурет). Теңіздің түбінің суы таусылғаннан соң қатып қалуына және су келгенде еруіне байланысты, осы кезеңдегі теңіздің орташа тұздылығы 9,6-10,3% аралығына дейін өзгерді. Өзен ағындарының салыстырмалы түрде көп жылдық көлемі (теңіз көлемінің 1/19 шамасы) Арал суларының ерекше тұзды құрамын анықтады, ол басқа ішкі жабық және жартылай жабық теңіздердің тұз құрамынан карбонаттың көптігімен ерекшеленеді және сульфат тұздарының көптігімен айрықшаланады.



8-Сурет- Теңіз жағалауындағы тұзды алқап

1961 жылдан бастап теңіз өміріндегі қазіргі кезеңді оның режиміне белсенді антропогендік әсер ету кезеңі ретінде сипаттауға болады. Соңғы жылдары ағынды судың қайтарылмайтын көлемінің күрт өсуі, жылына 70-75 км<sup>3</sup> / жыл, өзендердің өтемдік әлеуетінің сарқылуы, сондай-ақ 1960-1980 жж. (92%) су мен тұз теңгерімінің бұзылуына әкелді[83]. 1961-2002 жж. буланудың кіретін компоненттердің қосындысынан едәуір асып түсуі тән (Тек 1998 жылы 29,8 км<sup>3</sup> ағын 27,49 км<sup>3</sup> буланудан асып түсті). Өзен суларының теңізге құйылуы осы кезеңде орта есеппен 1965 жылы жылына 30,0 км<sup>3</sup> дейін төмендеді және 1971-1980 жж. ол 1980-1999 жылдары тек 16,7 км<sup>3</sup> / немесе орташа жылдықтың 30% құрады. - жылына 3,5-7,6 км<sup>3</sup> немесе көпжылдық орташа деңгейден 6-13%. Кейбір құрғақ жылдары Амудария мен Сырдария ағындары теңізге жете алмады.

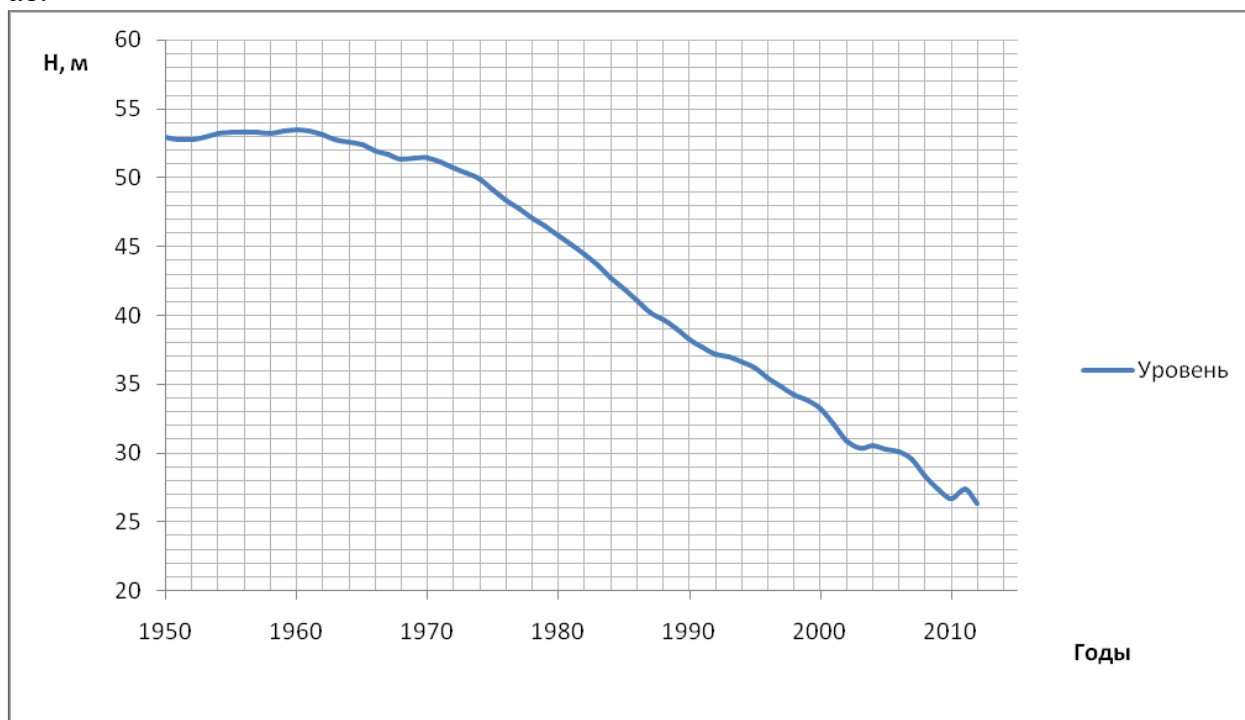
Өзен ағынының сапасы да өзгерді. Ондағы жоғары минералданған қалдықтар мен дренажды сулар үлесінің артуы минералданудың едәуір артуына және өзен суларының санитарлық жағдайының нашарлауына әкелді. Құрғақ жылдары, теңізге келіп түскен судың азайған жылдары, Амудария суларының теңізге түсетін орташа жылдық тұздылығы 0,8-1,6, ал Сырдарияда 1,5-2,0 г / л жететін болған. Кейбір маусымдарда оның мәні одан да жоғары. Нәтижесінде өзендердің орташа жылдық ағысы 1961-1980 жж. 46% -дан астамға төмендеді, орташа жылдық ион раковинасы сол кезеңде тек 4 млн тоннаға немесе 18% -ға азайды. Тұз балансының [84] басқа компоненттері де айтарлықтай өзгерді. Осылайша, өзен ағынындағы карбонаттардың салыстырмалы құрамының төмендеуі өзен мен теңіз суларының араласуы кезінде тұнбаға түсетін тұздар мөлшерінің екі есеге азаюына алып келді.

Нәтижесінде 1961 жылдан бастап теңіз деңгейі үнемі төмендей бастады. Деңгейдің жалпы төмендеуі орташа ұзақ мерзімдімен салыстырғанда (1961 жылға дейін) 1985 жылдың басында 12,5 м-ге жетті. Деңгейдің төмендеуінің орташа ұзақ мерзімді қарқыны шамамен 0,5 м-ді құрап, жылына 0,6-0,8 м-ге жетті. құрғақ жылдар ... Жыл сайынғы теңіз деңгейінің ауытқуы да өзгерді. Қазіргі кезде деңгейдің жыл сайынғы өсуі іс жүзінде байқалмайды, ең жақсы жағдайда ол қыста өзгермейді, ал жаздың жартысында ол күрт төмендейді.

Теңіз деңгейінің біртіндеп төмендеуі алдын-ала болжамнан асып түсті. 1990 жылға қарай теңіз деңгейі 41-42,5 м-ге дейін, 90% -бен, 2000 жылға қарай 35,5-38,5 м-ге жетеді деп алдын-ала болжанған, ал 1990 жылға дейін теңіз деңгейі 38,24 м, ал 2000 жылға қарай шамамен 34 м құрады. , теңіздегі судың тұздылығы анағұрлым жоғары қарқынмен өсті - 1990 жылға қарай болжам бойынша 26% орнына 32% және 2000 жылға болжанған 38% орнына 40% ға дейін өсіп отырды. (8.1-сурет) [85].

Арал теңізінің кеуіп кетуінің негізгі салдары, көлемінің кішіреюінен басқа, бетінің төмендеуі, минералдану сипатының өсуі және өзгеруінен басқа, құрғап қалған, бүгінгі күнге дейін шамамен 3,6 млн га, түбінде орасан зор тұзды шөлдің пайда болуынан көрінеді. Нәтижесінде бірегей тұщы су қоймасы орасан зор ащы-көлге үш құмды шөлдің түйіскен жеріндегі үлкен тұзды шөлге пайда болды[69,86].

Арал теңізі экономиканы рационалды басқарумен мүлдем негізсіз, өйткені одан шығатын экономикалық тиімділік (балық өсіру, теңіз көлігі) экономикалық дамудың және әсіресе суармалы егіншіліктің әсерінен әлдеқайда аз.



8.1-Сурет- Арал теңізінің қазіргі деңгейі

Арал теңізінің кальций сульфатымен қанығуы және гипстің шөгінділерінің басталуы тұздылығы 25-26 г / л-ден асқанда пайда болады. Алайда гипстің ең қарқынды қонуы 34-36% -дан жоғары тұздылықтан басталды. Осы жағдайларда гипспен қыста бір мезгілде шөгінділермен қатар, мирабилиттің шөгуі орын алады, бұл Арал өңірінің табиғатына ең үлкен қауіп. Натрий сульфаты жел эрозиясына қол жетімді және оларды алыс қашықтыққа оңай тасымалдауға болады[87]. Арал апатының салдары бұл аймақтан әлдеқашан өтіп кеткен. Құрғақ теңіз аймағынан жанартаудың кратерінен барлық тіршілік иелеріне әсер ететін жыл сайын 100 мың тоннадан астам тұз бен әр түрлі химиялық заттар мен улардың тозаңы тасымалданады. Ластанудың әсері Арал теңізі атмосфераның жоғары қабаттарына аэрозольдердің кетуіне ықпал ететін қуатты ағынды ауа ағынының батыстан шығысқа қарай бағытында орналасқандығымен күшейеді. Тұз ағындарының іздерін бүкіл Еуропада, тіпті Солтүстік Мұзды мұхитта да байқауға болады (Сурет- 8.2).

Арал теңізінің кеуіп кетуінің негізгі салдары, көлемінің кішіреюінен басқа, бетінің төмендеуі, минералдану сипатының өсуі және өзгеруінен басқа, құрғап қалған, бүгінгі күнге дейін шамамен 3,6 млн га, түбінде орасан зор тұзды шөлдің пайда болуынан көрінеді. Нәтижесінде бірегей тұщы су қоймасы орасан зор ащы-көлге үш құмды шөлдің түйіскен жеріндегі үлкен тұзды шөлге пайда болды.



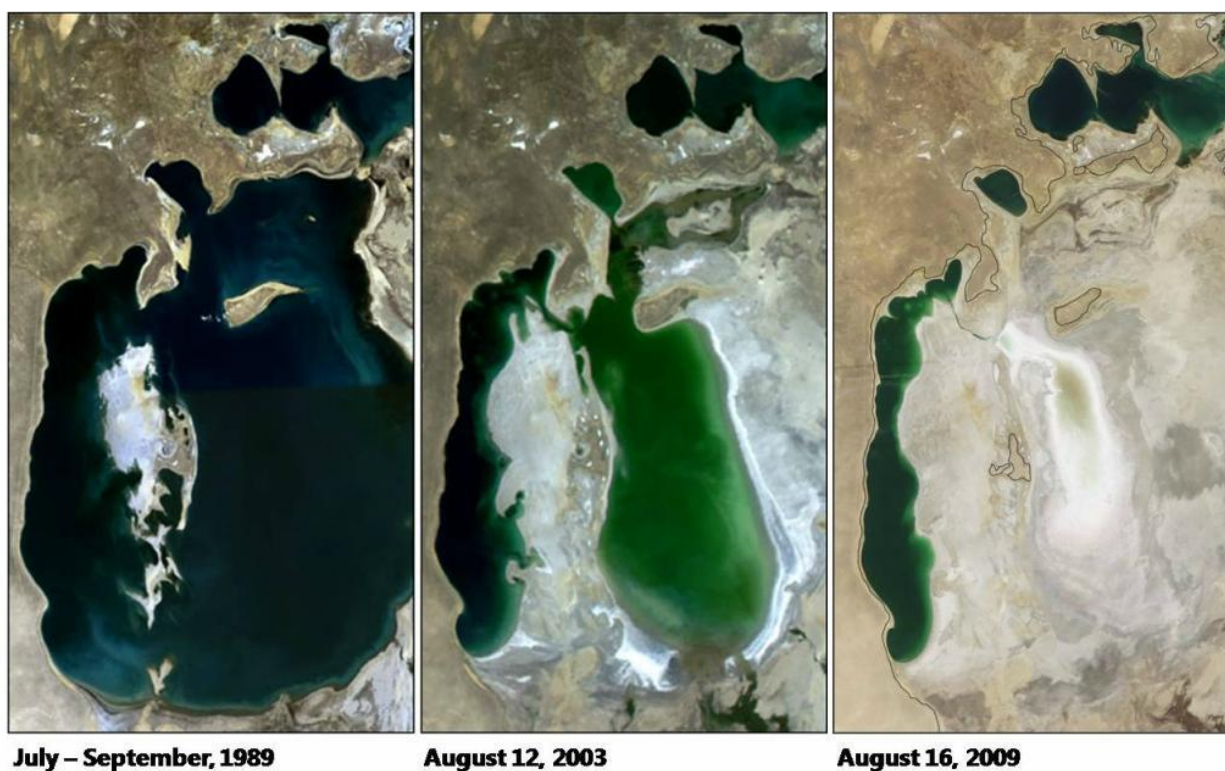


*8.2-Сурет- Тұзды шөлейт*

Арал теңізі режиміндегі қазіргі заманғы өзгерістердегі антропогендік фактордың әсер ету рөлін сандық бағалау 1950-2011 жылдардағы деңгей мен тұздылықтың қалпына келтірілген мәндерін есептеу жолымен жүргізілді, қалпына келтірілген теңізге шартты табиғи ағынның мәндеріне сәйкес орындалу керек[88]. Есептеулер көрсеткендей, теңіз деңгейінің қазіргі төмендеуі мен оның тұздылығының жоғарылауының 70% -дан астамы антропогендік фактордың әсерінен болады, қалған өзгерістер климаттық факторларға - табиғи судың аз кезеңіне жатады.

Арал теңізінің кеуіп кетуінің негізгі салдары, көлемінің кішірейуінен басқа, бетінің төмендеуі, минералдану сипатының өсуі және өзгеруінен басқа, құрғап қалған, бүгінгі күнге дейін шамамен 3,6 млн га, түбінде орасан зор тұзды шөлдің пайда болуынан көрінеді. Нәтижесінде бірегей тұщы су қоймасы орасан зор ащы-көлге үш құмды шөлдің түйіскен жеріндегі үлкен тұзды шөлге пайда болды.

1985-1986 жж. 41 м абсолюттік биіктік белгісінде Кіші теңіздің Үлкен теңізден толық бөлінуі басталып аяқталды. Бұл тұз қоры 1 миллиард тоннаға дейін жететін, көлемі 6000 квадрат километрдей болатын жаңа шөлді аймақтың пайда болуына әкелді. Қазіргі уақытта теңіз суынан қаныққан гипс ерітіндісінің шөгіндісі бар[89]. Теңіз деңгейі абсолюттік биіктігі 30 м-ге дейін төмендегенде (23 м-ге), терең сулы Үлкен теңіздің батыс бөлігі шығыстан таязданғаннан пайда болған аралдармен бөлінді.



*8.3- Сурет- Космостан түсірілген сурет*

Кіші теңіз бөлінгеннен кейін оның және үлкен теңіздің режимдері әртүрлі сценарийлерге сәйкес дами бастады. Сырдария өзенінің ағыны соңғы жылдары Амудария өзенінен жоғары деңгейде болғандықтан, Кіші теңіз деңгейі көтеріліп, судың минералдануы төмендей бастады. Шағын теңіздегі уақытша бөгеттің үзілуі деңгейдің төмендеуіне әкелді, бірақ алдыңғы толтыру 41 - 42,5 м белгісінде шағын теңіздің жеке су қоймасын құру туралы шешімнің

дұрыстығын көрсетті. Берг бұғазы аймағында реттелетін дренажи бар инженерлік бөгеттің жобасы осы су қоймасы мен оның қоршаған ортасының тұрақты экологиялық профилін жасай алады.

Сонымен, Арал теңізі бұрынғы біртұтас су айдыны ретінде өмір сүруін тоқтатты және бес елдің қай мінез-құлық сызығын таңдағанына байланысты өзінің су-тұз балансы және өз болашағы бар бөлшектелген су айдындарына айналды. осы бассейндегі экономикалық субъектілер ретінде (8.3, 8.4 -сурет).



*8.4-Сурет- Карабльдер мазыраты*

Теңіздің құрғауы әсерінен Арал теңізінің табиғи кешен деградациясының кейбір сипаттамалары:

- 1960 жылы 400 мың гектарға қарсы Амудария атырауындағы көлдер аумағын 26 мың гектарға дейін азайтылуы;
- теңіз жағалауынан 8 м-ге дейінгі қашықтыққа шегінуіне байланысты жер асты сулары деңгейінің төмендеуі;
- өзен арналарының түбіне 10 м тереңдікке енгізу;
- қарқындылығы 0,1-ден 2,0 т / га дейін 500 км-ге дейінгі жолақта тұз бен шанды тасымалдауды дамыту;
- топырақ жамылғысының өзгеруі - гидроморфты топырақ 630 гектардан 80 мың гектарға дейін азайды;
- тұзды батпақтардың ауданы 85 мың гектардан 273 мың гектарға дейін ұлғайды;
- қамыс алқабы 600 мың гектардан 30 мың гектарға дейін немесе 20 есе азайды;
- 150-200 км жолағында климаттың өзгеруі;

Теңіздің кебуіне байланысты барлық осы өзгерістер атырауға судың келуінің төмендеуімен және соның салдарынан ауыз сумен қамтамасыз етудің нашарлауымен - минералданудың ұлғаюымен және жер асты суларының азаюымен қатар жүрді[90]. Мұның бәрі халықтың аурушандық деңгейінің күрт өсуіне себеп болды.

## 9. ТЕҢІЗДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ.

Суды жер үсті ағындарынан немесе оның ғасырлық қорларынан алуды екі түрге бөлуге болады: біруақыттылық (реттік) және жүйелік. Өзендердің бастамасындағы тармақтарынан суаруға жүйелі түрде су алу, Аралға келіп құятын өзендерге байланысты қолданылады. Мұндай әсерлер, яғни теңізге құятын өзен суларын алып қою су балансының қолданыстағы тепе-теңдігінің бұзылуына және көлдің деңгейінің[91] төмендеуіне әкеледі, кіріс және шығыс бөліктері арасында жаңа тепе-теңдік пайда болғанға дейін.

Арал теңізінің су балансы квазистационарлық және стационарлық теңіз режимі кезеңіне (1911-1960) (9-кесте) және қазіргі кезеңде (1961-1985 және 2000-2014) бөлек есептелген (кесте 9.1,9.2), деңгейінің күрт төмендеуімен сипатталады. 1951-1985 және 2000-2014 жылдар аралығында барлық жаңа бақылау материалдарын, тазартылған және түзетілген деңгейдегі бақылау деректерін қолдана отырып, ай сайынғы орташа мәліметтер негізінде су балансының компоненттерін егжей-тегжейлі есептеу жүргізілді.

9-кесте. Аралдың толық мәліметтері

Период (число лет)	Переход		Расход	Водный баланс
	сток	осадки	испарение	
1911-1960(50)	56,0	9,1	66,1	-1,0
1961-1970(10)	43,	8,0	65,4	-14,1
1971-1980(10)	16,7	6,3	55,2	-32,2
1981-1985(5)	2,0	7,1	45,9	-36,8
1986-1988(3)	10,8	6,2	47,0	-30,0

9.1- кесте. Үлкен Арал

Период (число лет)	Переход		Расход	Водный баланс
	сток	Осадки	испарение	
1988	9,19	2,46	28,12	-16,47
1989	0,84	0,34	29,96	-28,78
1990	3,92	-	29,60	-25,68
1991	5,76	-	28,24	-22,48
1992	11,44	1,06	22,06	-9,56
1993	9,08	4,10	21,31	-8,13

9.2-кесте. Үлкен Аралдың қазіргі мәліметтері бойынша

Период (число лет)	Переход		Расход	Водный баланс
	сток	Осадки	испарение	
2000	-	30,90	937	-905,64
2001	-	30,60	978	-947,86
2002	-	29,60	957	-927,81
2003	-	38,40	916	-877,44

2004	-	63,10	1032	-968,76
2005	-	40,30	1010	-970,07
2006	-	18,70	1131	-1112,08
2007	-	4,60	1000	-995,09
2008	-	31,10	1086	-1055,27
2009	-	19,50	968	-948,41
2010	-	81,30	1064	-983,13
2011	-	84,70	1010	-925,67
2012	-	55,30	1120	-1064,31
2013	-	106	1043	-936,88

Булану бақылаулары тек ашық теңізде ғана емес, сонымен қатар жағалаудағы гидрометеорологиялық станцияларда да жүргізілмейтіндіктен, Б.Д.Зайков формуласы бойынша булануды есептеу үшін қажетті мәліметтер жоқ, ол келесі формада болады:

$$E=0,14(e_0 - e_{200})(1+0,72W_{200}) \quad (9.1)$$

Тек ауа температурасы туралы мәліметтерге ие бола отырып, мен булануды есептедім (13-кестені қараңыз). Постников, оның нысаны:

$$E = 4(21,3t_{п} + 27)(0.026 t_{п} + 0.62), \quad (9.2)$$

мұндағы  $t_{п} = \sum t_i / 12$ , (9.3)

мұндағы  $t_i$  – жылу периодының  $i$ -ші айындағы орташа температура. А.Н. Постниковтың формуласы бойынша 2000-2014 жылдар аралығында әр жылғы булануды есептеп) (3) өрнегі бойынша көпжылдық орташа булану, Арал теңізі бойынша 1018 мм-ді құрайды. Ал квазистационар режимдегі, 70 – 80 – ші жылдардағы жылдық булану шамамен 100 мм-ді құраған[92].

Әр жыл сайын булануды есептеу (2000 - 2014) формуласы бойынша А.Н. Постников (3) Арал теңізі бойынша буланудың орташа жылдық мөлшері 1018 мм болатындығын көрсетті. Ал квазиастационарлық режим мен 70-80 жылдар аралығында булану 100 мм шегінде болды.

Біздің міндетіміз: формуланы қолдана отырып, Арал теңізін тепе-теңдіктің жаңа деңгейіне қалай қалпына келтіруге болатынын есептеу болды.

$$T = \sum_{i=1}^{i=n} \Delta t_i = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta V_i}{\Delta V_{mp} - \eta_i} \quad (9.3)$$

Мұндағы,  $T$  - су қоймасын толтыру үшін қажетті жылдардың жалпы саны,  $\Delta t_i$  - көтерілудің әр деңгейі үшін жылдардың саны,  $\Delta V_{рг}$  - өзен ағындарынан жылдық шығудың мәні,  $\eta_i$  - судың көлемі[93-94] болған кездегі орташа үнемдеу көл  $\Delta V_i$ -ге көбейеді. Қазіргі режим үшін орташа тепе-теңдік теңгерімінің ұзақ мерзімді су балансының формуласы бар:

$$V_{пр} = \frac{(h_{ис} - h_{ос}) F}{10^6} \quad (9.4)$$

Судың басқа мөлшерін беру керек, бұл деңгейдің 53м деңгейіне дейін тұрақтануына әкеледі. Біз Аралды толтыру қалай болатынын білу үшін бірнеше нұсқа жасадық. Арал теңізі үш құрамдас бөлікке бөлінгендіктен - солтүстік бөлігі (Қазақстан) 1988 жылы белгі деңгейі 43 м абс болғанда бөлінген, содан кейін Қазақстан Республикасы Берг бұғазына Көкарал бөгетін салған (16-суретті қараңыз). ) Кіші Аралдағы теңіздің деңгейін сақтау үшін қалдықтар Үлкенге құйылады (Өзбекстан). Шығыс және батыс бөліктері Өзбекстан аумағында қалды. 33 м белгіден төмен Үлкен Аралдың шығыс бөлігі толығымен құрғап, бұрынғы Арал теңізінің батыс бөлігі ғана қалады (9-суретті қараңыз) [94-100].

Қазір (2016 жылға) Арал теңізінің (батыс Үлкен теңіздің) деңгей белгісі 23 мабс. 43 км-ге дейін көтеру үшін, 40 км<sup>3</sup> жеткізумен (Шағынға қосылу), формулалар бойынша келесі мәндер есептелді (9.3-кесте және 9-сурет).

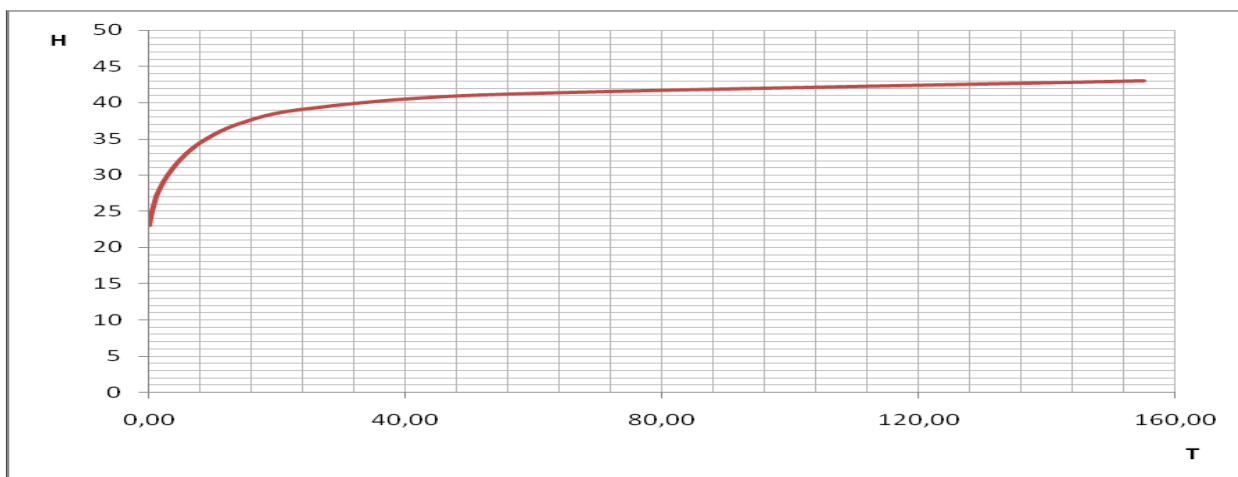
9.3-Кесте. Жылына 40 км<sup>3</sup> сумен жабдықтау мысалы. Үлкен Арал

Изобара	H	F	V <sub>ис</sub>	V <sub>ос</sub>	V <sub>ис</sub> -V <sub>ос</sub>	ΔV <sub>пр</sub>	ΔV <sub>i</sub>	Δt <sub>i</sub>	T
0	0 23	0 23	0 23	0 23	0 23	0 23	0 23	0 23	0 23
	2689	2689	2689	2689	2689	2689	2689	2689	2689
	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91
	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,91	1,91	1,91	1,91	1,91 40	1,91	1,91	1,91	1,91
	40	40	40	40	3,81	40	40	40	40
	3,81	3,81	3,81	3,81	0,10	3,81	3,81	3,81	3,81
	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	
2	2 25	2 25	2 25	2 25	2 25	2 25	2 25	2 25	2 25
	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500	6500
	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25	8,25
	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00 1,3	7,00	7,00	7,00	7,00
	1,3 40	1,3 40	1,3 40	1,3 40	40 16,5	1,3 40	1,3 40	1,3 40	1,3 40
	16,5	16,5	16,5	16,5	0,43	16,5	16,5	16,5	16,5
	0,43	0,43	0,43	0,43	0,53	0,43	0,43	0,43	0,43
	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53	0,53
4	4 27	4 27	4 27	4 27	4 27	4 27	4 27	4 27	4 27
	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00 5,0	7,00	7,00	7,00	7,00

	5,0 40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22	40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22	5,0 40 24,0 0,69 1,22
6	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25	6 29 14000 16,0 7,00 9,0 40 32,0 1,03 2,25
8	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73	8 31 18000 20,0 7,00 13,0 40 40,0 1,48 3,73
10	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86	10 33 22020 24,3 7,00 17,3 40 48,5 2,13 5,86
12	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99	12 35 26500 28,6 7,00 21,6 40 57,5 3,13 8,99
14	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6 40	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6	14 37 31000 33,6 7,00 26,6



	40 67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0	67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0	40 67,1 4,99 14,0
16	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2	16 39 36100 38,7 7,00 31,7 40 77,3 9,26 23,2
18	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7	18 41 41200 43,9 7,00 36,9 40 87,8 28,5 51,7
20	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103 155	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103	20 43 46648 46,6 7,00 39,6 40 93,3 103 5

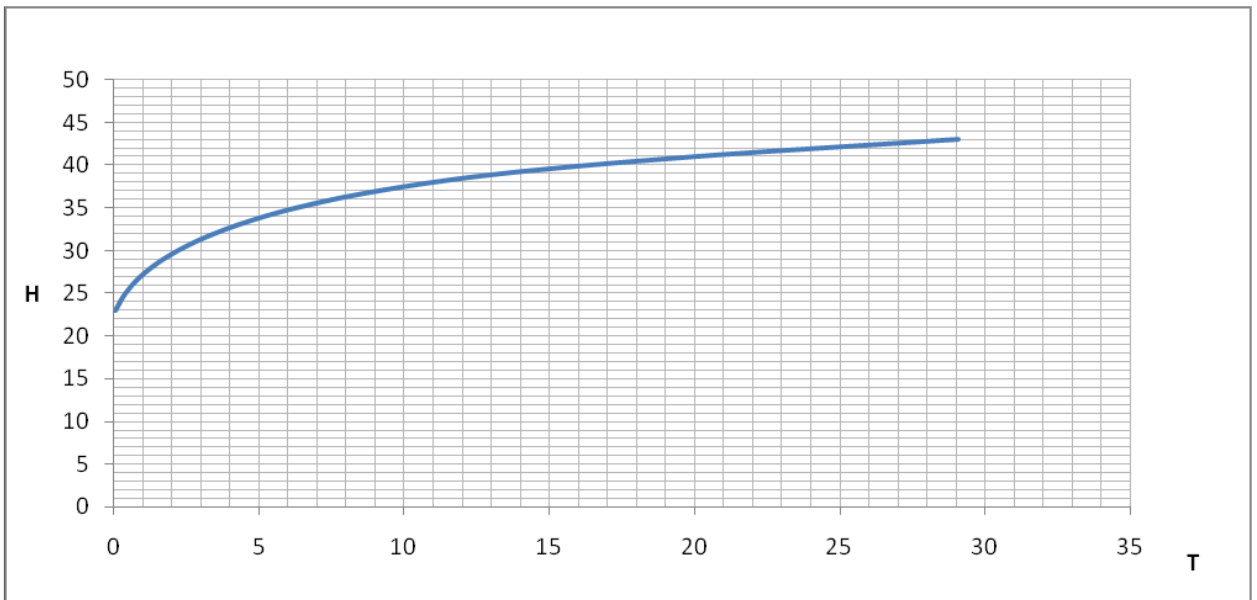


9-Сурет- Тепе-теңдік деңгейіне жеткенше деңгейдің өсу қисығы

Жылына 50 км<sup>3</sup> сумен жабдықтаудың мысалы

9.4-Кесте.

Изобара	H	F	V <sub>ис</sub>	V <sub>ос</sub>	V <sub>ис</sub> -V <sub>ос</sub>	$\Delta V_{пр}$	$\Delta V_i$	$\Delta t_i$	T
0	33,0	23383	25,7	9,00	16,7	60	51,4	1,19	1,19
2	35,0	28000	29,9	9,00	20,9	60	59,8	2,72	1,53
4	37,0	31800	34,4	9,00	25,4	60	68,7	1,99	4,71
6	39,0	36900	39,3	9,00	30,3	60	78,5	2,64	7,35
8	41,0	41600	44,1	9,00	35,1	60	88,2	3,54	10,9
10	43,0	46648	46648	9,00	39,1	60	96,2	4,60	15,5
12	45,0	49500	49500	9,00	42,3	60	103,0	5,82	21,3
14	47,0	53250	53250	9,00	46,0	60	110,0	7,86	29,2
16	49,0	56700	56700	9,00	49,2	60	116,0	10,7	39,9
18	51,0	59610	59610	9,00	53,8	60	126,0	20,3	60,2

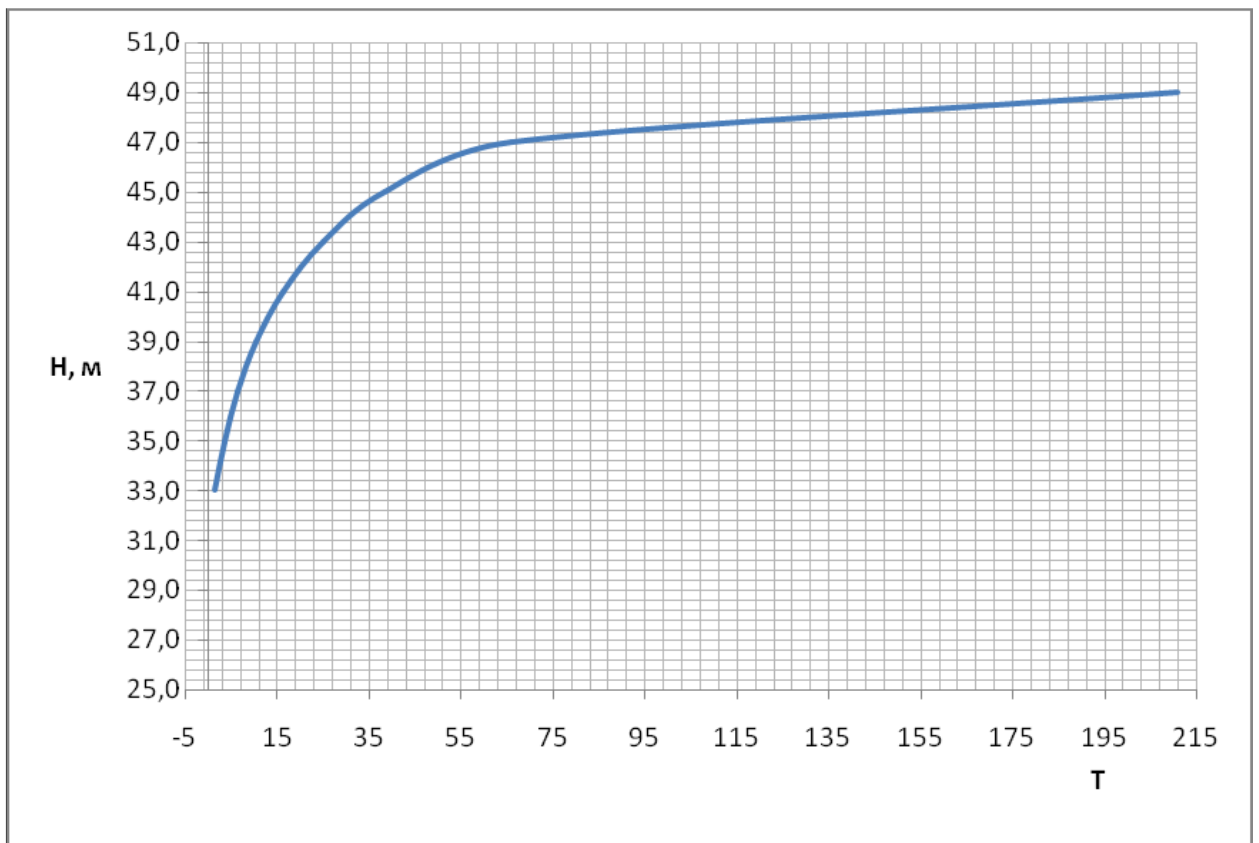


9.1-Сурет- Тепетеңдік деңгейі түскенге дейінгі деңгейдің көтерілу қисығы.

Енді 43 белгісінен бастап біз Аралды 53 м биіктікке көтеріміз. - 1960. Осы белгімен біз Кіші теңіз бен Сырдария өзенімен байланысамыз(9.5,9.6 -кесте және 9.2-сурет)..

Кесте -9.5. ЖЫЛЫНА 50 км<sup>3</sup> сумен жабдықтаудың мысалы. Бүкіл Арал

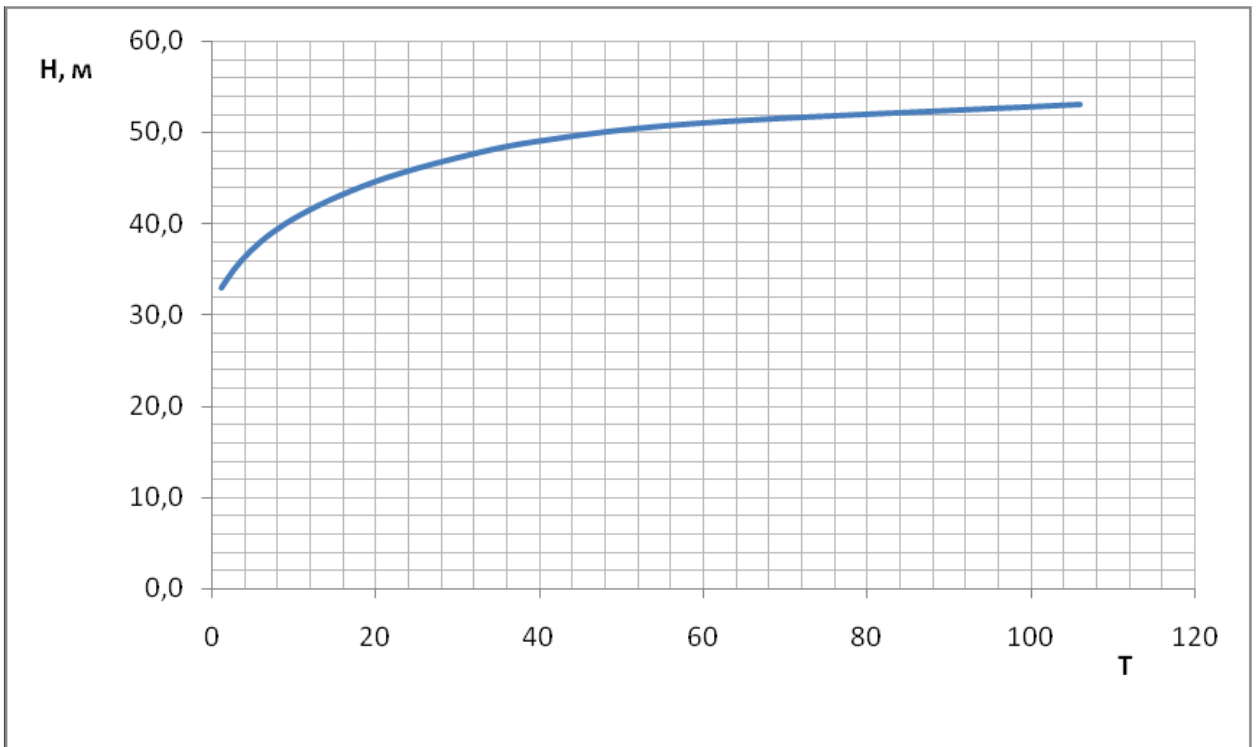
Изобара	H	F	V <sub>ис</sub>	V <sub>ос</sub>	V <sub>ис</sub> -V <sub>ос</sub>	ΔV <sub>пр</sub>	ΔV <sub>i</sub>	Δt <sub>i</sub>	T
0	33,0	23383	25,7	9,00	16,7	50	51,4	1,54	1,54
2	35,0	28000	29,9	9,00	20,9	50	59,8	2,05	3,59
4	37,0	31800	34,4	9,00	25,4	50	68,7	2,79	6,38
6	39,0	36900	39,3	9,00	30,3	50	78,5	3,98	10,4
8	41,0	41600	44,1	9,00	35,1	50	88,2	5,92	16,3
10	43,0	46648	48,1	9,00	39,1	50	96,2	8,83	25,1
12	45,0	49500	51,3	9,00	42,3	50	103,0	13,4	38,5
14	47,0	53250	55,0	9,00	46,0	50	110,0	27,5	65,9
16	49,0	56700	58,2	9,00	49,2	50	116,0		
18	51,0	59610	62,8	9,00	53,8	50	126,0		



9.2-Сурет- Тепе-теңдік деңгейге жеткенше деңгейдің қисығы өседі жылына 60

9.6 Кесте.

Изобара	H	F	$V_{ис}$	$V_{ос}$	$V_{ис}-V_{ос}$	$\Delta V_{пр}$	$\Delta V_i$	$\Delta t_i$	T
0	33,0	23383	25,7	9,00	16,7	60	51,4	1,19	1,19
2	35,0	28000	29,9	9,00	20,9	60	59,8	2,72	1,53
4	37,0	31800	34,4	9,00	25,4	60	68,7	1,99	4,71
6	39,0	36900	39,3	9,00	30,3	60	78,5	2,64	7,35
8	41,0	41600	44,1	9,00	35,1	60	88,2	3,54	10,9
10	43,0	46648	46648	9,00	39,1	60	96,2	4,60	15,5
12	45,0	49500	49500	9,00	42,3	60	103,0	5,82	21,3
14	47,0	53250	53250	9,00	46,0	60	110,0	7,86	29,2
16	49,0	56700	56700	9,00	49,2	60	116,0	10,7	39,9
18	51,0	59610	59610	9,00	53,8	60	126,0	20,3	60,2
20	53,0	66086	66086	9,00	57,1	60	132,0	45,5	106



9.3-Сурет- Теге-теңдік деңгейіне салыстырғандағы деңгейдің көтерілу қисығы

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бүгінгі күнге дейін Арал теңізі «шартты табиғи» күйінде өзінің көлемінің 90% -дан астамын жоғалтты. Сонымен бірге теңіздің тұздылығы шамадан жоғары дәрежеге артты (Кіші теңізді қоспағанда, мұнда тұздылықтың артуы оның бөлінуіне және ондағы Сырдария ағындарының жасанды ұсталуына байланысты айтарлықтай аз болған). Нәтижесінде Арал теңізі планетадағы ең тұзды ірі су қоймаларының біріне айналды. Арал теңізінің құрғауы жергілікті деңгейдегі антропогендік және климаттық әсерден болғанымен, Арал апаты әлемдік тенденциялардың экстремалды көрінісі деп санауға болады, өйткені әлемнің көптеген көлдері, су қоймалары және тіпті теңіз аймақтары жиырмамыншы жылдары бастан кешті. ғасыр және ұқсас табиғаттың әсерін сезінуді жалғастырыңыз. Бұл Арал теңізінің кеуіп кетуін аймақтық проблемалар шегінен тыс қабылдайды және Арал теңізіне үлкен типтегі су қоймасының антропогендік әсерлер мен климаттың өзгеруіне әсер етуінің экстремалды табиғи моделінің маңыздылығын береді.

Теңіздің таяздығы және соған байланысты оның морфометриялық сипаттамаларының өзгеруі, ең бастысы, теңіздің апатты тұздануы оның физикалық-химиялық режимдерінің, оның күйі мен динамикасын анықтайтын барлық процестердің - ауқымды айналымнан турбулентті араластыру және ион-тұз құрамының өзгергіштігінен атмосферамен энергия алмасуға дейін. ХХІ ғасырдың бірінші онжылдығында Арал теңізі өте нақты, гидрологиялық тұрғыдан өте күрделі және жеткіліксіз зерттелген табиғи объект болды, ол бір кездері ортада жақсы зерттелген теңізбен ортақтықтары аз болды. 20 ғасыр. Теңіздің физикалық күйіндегі мұндай түбегейлі өзгерістер оның биологиялық жүйелері мен қауымдастықтарын түбегейлі қайта құруға әкеп соқтырмауы мүмкін. Сыртқы жағдайлардың өзгеруінің әсерінен экожүйелердің эволюциясы барлық жерде жүреді, бірақ дәл осы Арал теңізі тарихы су ағзаларының осындай масштабтағы қоршаған ортаның өзгеруіне реакциясын қадағалауға мүмкіндік береді, бұл әдетте көп уақыт аралықтарына тән. , салыстырмалы түрде қысқа мерзімде. Биологиялық әртүрліліктің орасан зор жоғалуына қарамастан, «тірі» болып қала беретін Арал теңізінің биологиялық қауымдастықтарының мәжбүрлі өзгерістері кейбір организмдердің өмір сүрудің қолайсыз жағдайларына таңғажайып бейімделуінің мысалы болып табылады.

Біздің көзқарасымыз бойынша, Арал теңізінің осы уақытқа дейін кеуіп қалуының үш кезеңін ажыратуға болады (яғни 1961 жылдан 2011 жылға дейін). Бірінші, 1960 жылдардың басынан 1980 жылдардың аяғына дейін шамамен үш онжылдыққа созылған, кептірудің бастапқы кезеңі деп атауға болады. Оған теңіздің физикалық-химиялық және биологиялық күйіндегі біртіндеп жинақталатын, салыстырмалы түрде баяу және біркелкі ілгерілейтін өзгерістер тән болды, теңіздің барлық бөліктерінде біркелкі жүрді. Бұл кезеңде теңіздің жылу режимі, оның стратификациясы шартты табиғи кезеңмен салыстырғанда айтарлықтай аз бұзылған күйінде қалды және бейнелеп айтқанда, теңіз кеуіп кету салдарын толығымен «сезінуге» үлгермеген. Кептірудің сапалы басқа, екінші кезеңіне жылдам көшу 1990 жылдардың басында болды. Бұл кезең

акваториядағы морфологиялық өзгерістерден басталды (Кіші теңіздің бөлінуі, Үлкен теңіздің батыс және шығыс бассейндерінің пайда болуы, олардың арасында шектеулі алмасу бар), теңіздің жалғасқан тайыздануы мен сортаңдануы кейбір сыни сызықтан өтіп, іске қосылды. жүйеде күшті кері байланыс. Бұл кезеңнің басты сипаттамасы өте жоғары тік галина мен тығыздықтың стратификациясы болды, ол өз кезегінде су бағанының вертикалды араластыру және желдетудің мүлдем жаңа режимдерін анықтады. Бұл кезеңде теңіздің жекелеген бөліктері арасындағы су алмасу, әсіресе Үлкен теңіздің батысы мен шығысы бассейндері, олардың суы сол уақытқа дейін әр түрлі қасиеттерге ие болды, маңыздылыққа ие болды. Бұл кезеңге минералдардың аса қаныққан су бағанынан түбіне дейінгі ең қарқынды кен орны, қалған су массасының ион-тұз құрамының және Арал теңізінің негізгі физикалық қасиеттерінің айтарлықтай өзгеруі, сондай-ақ күрт төмендеуі кіреді. биоалуантүрлілік және биологиялық қауымдастықтарды терең қайта құру. Жалпы бұл кезеңді теңіздің құрғауының апатты кезеңі ретінде сипаттауға болады. Ақырында, ХХІ ғасырдың бірінші онжылдығының аяғында оның орнына жаңа кезең келді, ол біздің ойымызша, теңіздің тұрақтануына бірден жетеді. Осы уақытқа дейін теңіз беті айнасының азаюы соншалық, өзендердің ағынды суының аз мөлшерін де (сонымен қатар, теңіздегі жер асты суларының белгілі бір көлемінде бар) булануды да өтей алады. Бұл кезең, шамасы, Үлкен теңіздің шығыс бассейнінің күйінің үлкен өзгергіштігімен сипатталатын болады, ол оған кіретін дренаждардың салыстырмалы түрде аз өзгеруімен күйлерді толық кептіруден қабылдай алады (байқалғандай) 2010 жылдың жазында) салыстырмалы түрде жоғары суға, жоғалу және батыс бассейнімен байланысын қалпына келтіру..

Сонымен, ХХІ ғасырдың бірінші онжылдығы Арал теңізінің жаңа тарихындағы өтпелі кезең және оның физикалық, биологиялық және химиялық жүйелерінің күйіндегі маңызды сапалық өзгерістер кезеңі болды. Біз осы процестердің кейбірін байқап, мүмкіндігінше оларды құжаттай алдық.

Бұл ақпаратты жариялау диссертацияның негізгі міндеті болды. Арал теңізі жүйесінің заманауи эволюциясын бақылау бойынша зерттеулер жалғасады деп үміттенеміз. Әрі қарайғы зерттеулердің нәтижелері Арал дағдарысымен байланысты практикалық мәселелерді шешуге де, жаһандық климаттың өзгеруі мен қоршаған ортаға антропогендік әсер ету жағдайында да қызығушылық тудырады.

Жұмыста Аралға Амудария мен Сырдария өзендерінің ағыны арқылы әр түрлі мөлшерде су жібере отырып, Арал теңізін сумен толтыру уақыты есептелген. Оған мыналар кіреді:

- а) алдымен Үлкен Аралды Кіші Арал бөлінгенге дейін Амудария өзенімен толтыру;
- б) Кіші Аралмен біріккеннен кейін, Сырдариямен бірге сумен қамтамасыз ету және оның деңгейін 1960 жылға сәйкес деңгейге көтеру.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Аладин Н.В. Критический характер биологического действия каспийской воды соленостью 7-11 г/кг и аральской воды соленостью 8-13 г/кг // Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1989. -Т. 196. -С. 12-21.
2. Аладин Н.В., Плотников И.С. Современная фауна остаточных водоемов, образовавшихся на месте бывшего Аральского моря, Труды Зоологического Института РАН, том 312, № ½, 2008, с. 145-154.
3. Алекин О.А. Основы гидрохимии. Л.ГИМИЗ, 1970, 444 с.
4. Андреев Н.И. Гидрофауна Аральского моря в условиях экологического кризиса. - Омск: Изд-во ОмГПУ, 1999.-454 с.
5. Андреев Н.И. (1989) Зоопланктон Аральского моря в начальный период его осолонения. Труды Зоол. Инст. АН СССР 199:26-51
6. Андреев Н.И., Андреева С.И. Акклиматизация беспозвоночных в Аральском море // Рукопись деп. в ВИНТИ РАН. 01.08.95. № 2319-В 95. - Омск. - 1995а. - 43 с.
7. Андреев Н.И., Лим Р.М., Ермаханов З. Акклиматизация рыб в Аральском море // Рукопись деп. в ВИНТИ РАН. 01.08.95. № 2318-В 95. - Омск. - 1995. - 51 с.
8. Андреева С.И. Макрозообентос Аральского моря в начальный период его осолонения // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. - 1989. - Т. 199. - С. 53-82.
9. Андреева С.И., Андреев Н.И. Роль соленостных барьеров в формировании эндемичных фаун двустворчатых моллюсков // Рукопись деп. в ВИНТИ РАН. - 24.04.01. № 1078-В 01. - Омск. - 2001б. - 39 с.
10. Арсеньева Н.М., Давыдов Л.К., Дубровина Л.Н., Конкина Н.Г., 1963. Сейши на озерах СССР. Л.: ЛГУ, 184 с.
11. Бадер Ф.Ф. Состав воды Аральского моря // Исследование озер СССР. - 1934. - Вып. 6.-С. 5-12.
12. Берг Л.С., 1908. Аральское море. Опыт физико-географической монографии. Изв. Туркест. отд. Русск. геогр. общ-ва, СПб., Т. 5, Вып. 9, 580 с.
13. Блинов Л.К., 1956. Гидрохимия Аральского моря. Л.: Гидрометеиздат, 152 с.
14. Биология океана / под ред. Виноградова М. Е.. -Москва : Наука. (Океанология) Т.1 : Биологическая структура океана 1977. - 398 с.
15. Бортник В.Н., Чистяева С.П. (Ред.) Гидрометеорология и гидрохимия морей СССР. Т.7: Аральское море. Л.: Гидрометеиздат, 1990, 196 с.
16. Бродская Н.Г. Донные отложения и процессы осадконакопления в Аральском море. Тр. Института геол. Наук АН СССР, сер.Геологическая. Вып. 115, 1952, с. 80-94.
17. Булатов С. А. Структура и состояние диатомовых сообществ высокоминерализованных вод залива Кара-Богаз-Гол// Тезисы докладов VIII школы диатомологов России и стран СНГ. 16-19 сентября 2002 г. Борок, 2002.-С. 11-12.
18. Валеева Э.И. Некоторые сведения об альгофлоре озер юга лесостепной зоны Тюменской области // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. - 2006.-6:26-34



19. Вейнбергс И.Г., Стелле В.Я. Позднечетвертичные стадии развития Аральского моря и их связь с изменениями климатических условий этого времени. М., 1979, с.175-181.
20. Гинзбург А. И., Костяной А. Г., Шеремет Н. А. 2002. Термический режим Аральского моря в современный период (1982-2000 гг.) по спутниковым данным. - Исследование Земли из космоса, № 4, с. 62-69.
21. Гинзбург А. И., Костяной А. Г., Шеремет Н. А., Лебедев С. А. 2008. Межгодовая изменчивость температуры поверхности и уровня Черного, Мраморного и Эгейского морей (по спутниковым данным). - Программа фундаментальных исследований президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология». Итоговая конференция. Тезисы докладов. 27-28 ноября 2008 г. Москва, С. 139.
22. Григорьев А. А., Липатов В. Б. 1982. Динамика и очаг пылевых бурь в Приаралье по наблюдениям из космоса. - Известия АН СССР, серия географическая, № 5, с. 93-98.
23. Грузов Л.Н., Алексеева Л.Г. О зависимости между весом и длиной тела у основных групп зоопланктона Экваториальной Атлантики. Тр. АтлантНИРО, 1971, 37, 378-400.
24. Джиноридзе Р.Н. Диатомовые водоросли из донных осадков Белого моря в связи с его историей в голоцене: Авто- реф. дис. ... канд. биол. наук. Л., 1971. 23 с.
25. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Том 1. Практическое руководство. Редакционная коллегия: З.И.Глезер, А.П.Жузе, И.В.Макарова, А.И.Прошкина-Лавренко (ответственный редактор), В.С.Шешукова-Порецкая. - Л.: Наука, 1974
26. Доброхотова К.В. Некоторые данные о продуктивности гидромакрофитов Аральского моря // Ботан. журн. - 1971. - № 12. - С. 1759-1771.
27. Добрынин Э.Г., Королева Н.Г., Буркова Т.М. Оценка экологического состояния Аральского моря в районе острова Барсакельмес // Труды зоол. ин-та АН СССР. 1990. Т.223. С. 31-35.
28. Духовный В. А., Навратил П., Рузиев И., Стулина Г., Рощенко Е. (ред.). 2008. Комплексные дистанционные и наземные исследования осушенного дна Аральского моря. - Ташкент: НИЦ МКВК, 190 с.
29. Елибаев Н. К вопросу об изменении солености Аральского моря в условиях зарегулированного стока Амударьи и Сырдарьи // Рыбные ресурсы водоемов Казахстана и их использование. - Алма-Ата, Кайнар, 1970. - Вып. 6. - С. 43 - 51.
30. Жданько С.М., 1940. Течения в Аральском море. Метеорология и гидрология, № 1-2, с. 78-82.
31. Жолдасова И.М., Павловская Л.П., Елбаева М.К. (1999) Кардинальные изменения в составе биоты Аральского моря. Узбекский биологический журнал. 5:68-70
32. Завьялов П.О., Андрулионис Е.Е., Арашкевич Е.Г. и др 2008. Экспедиционные исследования в западном бассейне Аральского моря в сентябре 2006 г. Океанология, т. 48, № 4, с. 648-654.
33. Завьялов П. О., Е. Г. Арашкевич, А. В. Грабовский и др. (2006) Квасисиноптические экспедиционные исследования в западном и восточном бассейнах Аральского моря (октябрь 2005 г.) // Океанология, т 46, №6, с. 750-754.
34. Завьялов П. О., Е. Г. Арашкевич, С. Н. Дикарев и др. (2006) Мониторинг

- состояния физических, химических и биологических систем Аральского моря в условиях экологического кризиса.// Сб. Современные проблемы аридных и семиаридных экосистем России. (Ред. Г.Г. Матишев), ЮНЦ РАН, Ростов, стр. 529-562.
35. Завьялов П. О., Гинзбург А. И., Сапожников Ф. В., Абдуллаев У. Р., Амбросимов А. К., Андреев Н. И., Валиджанов Р., Ишниязов Д. П., Колдаев А. А., Кудышкин Т. В., Курбаниязов А. К., Ни А. А., Петров М. А., Строганов О. Ю., Томашевская И. Г., Хан В. М. 2004. Комплексные экспедиционные исследования в западной части Аральского моря в октябре 2003 г. - Океанология, т. 44, № 4, с. 632-635.
  36. Завьялов П. О., Костяной А. Г., Сапожников Ф. В., Щеглов М. А., Хан В. М., Ни А. А., Кудышкин Т. В., Пинхасов Б. И., Ишниязов Д., Петров М. А., Курбаниязов А. К., Абдуллаев У.Р. 2003. Современное гидрофизическое и гидробиологическое состояние западной части Аральского моря. - Океанология, т. 43, №2, с. 316-319.
  37. Зенкевич Л.А., 1963. Аральское море. В кн.: Биология морей СССР. М.: АН СССР, с. 507-524.
  38. Зенкович В.П., 1947. Донные отложения Аральского моря. Бюлл. МОИП, Отд. геол. Т. 22, Вып. 4.
  39. Караева Н.И. Диатомовые водоросли бентоса Каспийского моря. - Баку: Элм, 1972.-258 с.
  40. Карпевич А.Ф., 1975. Теория и практика акклиматизации водных организмов. - М.: Пищевая промышленность. - 432 с.
  41. Карта динамики Аральского моря с 1957 по 1989 гг. с прогнозом до 2000 г., 1990. М.:ГУГКСССР
  42. Каталог наблюдений над уровнем моря. Аральское море. - Алма-Ата: Каз EURC? 1987/-Вып. 4.-40 с.
  43. Киселев И.А., 1927. Новые данные о водорослях Аральского моря. Изд-во Отд. прикл. ихтиол. и научно-промысл. исследований. Л. Т. V. Вып. 2. с. 270-305.
  44. Ковалева Г.В., 2008. Систематический список микроводорослей бентоса и планктона прибрежной части Азовского моря и прилегающих водоемов // Современные проблемы альгологии: Материалы международной научной конференции и VII Школы по морской биологии (9-13 июня 2008 г., г. Ростов-на-Дону). Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН. с. 174-192.
  45. Картунова Т.А., 1970. Некоторые данные по акклиматизированным кормовым беспозвоночным Аральского моря // Тр. ВНИРО. - Т. 76, Вып. 3. - С. 178-184.
  46. Косарев А. Н. 1975. Гидрология Каспийского и Аральского морей. - М.: Изд. МГУ, 272 с.
  47. Кравцова В. И., Лурье И. К., Марков Д. В. 2001. Картографирование изменений береговой линии Аральского моря по космическим снимкам. - Геодезия и картография, № 4, с. 32-39.
  48. Кравцова В. И., Лурье И. К., Мудря Т. М., 2002. Космический мониторинг усыхания Арала. - Геодезия и картография, № 10, с. 46-52.
  49. Кравцова В. И., Мудря Т. М. 2004. Сезонные изменения береговой зоны Аральского моря по материалам космической съемки. - Вестн. Моск. ун-та, сер. 5 геогр., № 5, с. 46-53.
  50. Лымарев В.И., 1967. Берега Аральского моря - внутреннего водоема аридной зоны. - Л., 252 с.
  51. Маев Е.Г. и др., 1983. Новые данные по голоценовой истории Аральского

- моря. В сб. Палеогеография Каспийского и Аральского морей в кайнозое. Ч.2, МГУ, с.133-144.
52. Маркова Е.Л. Результаты акклиматизационных работ, проведенных в Аральском море за период с 1963 по 1971 гг. // Изв. ГОСНИОРХ. - 1975. - Т. 103. - С. 164-168.
  53. Мирабдуллаев И.М., 2004. Развитие артемии в Аральском море. В кн.: Биоразнообразии артемии в странах СНГ: современное состояние ее запасов и их использование. Сб. докладов Международного научно-исследовательского семинара. Под ред. А.И. Литвиненко, Тюмень, с. 51-55.
  54. Мирабдуллаев И.М., Жолдасова И.М., Казахбаев С., Любимова С.К., Абдуллаева Л.Н., Туремуратова Г.И., 2001. Современное состояние экосистемы Западной части Аральского моря. В кн.: Проблемы сохранения и рационального использования биологических ресурсов водоемов Узбекистана. Под ред. И.И. Мирабдуллаева, Ташкент, с. 74-78.
  55. Мирабдуллаев И.М., Мусаев А., Жуманиезова Н.И., 2006. Новые данные о зоопланктоне Аральского моря // Сборник статей по проблемам рыбного хозяйства Узбекистана. Ташкент: KARRLA, с. 110-115.
  56. Михайлов В. Н., Кравцова В. И., Гуров Ф. Н., Марков Д. В., Грегуар Ф. 2001. Оценка современного состояния Аральского моря. - Вестн. Моск. ун-та, сер. 5 геогр., № 6. С. 14-21
  57. Можайцева Н.Ф., Некрасова Т.Ф. Метод подсчета ветрового выноса солей с обсохшего дна Аральского моря. В сб. Проблемы освоения пустынь, 1984, №6, с.15-21.
  58. Методы анализа рассолов и солей / Под ред. Ю.В. Морачевского, Е.М. Петровой. -М.: Химия, 1964.-406 с.
  59. Мусаев А., Ханкулиев К., Марден Б., Жуманиезова Н.И., Абдуллаева Л.Н., Мирабдуллаев И.М., 2007. Динамика популяции артемии Аральского моря. // В кн.: Биоразнообразии Узбекистана - мониторинг и использование. Ташкент, с. 177-179.
  60. Неврова Е. Л., Шадрин Н. В., 2005. Донные диатомовые водоросли соленых озер Крыма // *Morskyji ehkologichnyji zhurnal*, 4(4). p. 61-71.
  61. Новожилова М.Н., 1973. Микробиология Аральского моря. Алма-Ата: Наука, 179 с.
  62. Новожилова М.И., Березина Ф.С., 1970. Первичная продукция фитопланктона в Аральском море // Биологические процессы в морских и континентальных водоемах: Тез. докл. 2 съезда ВГБО. - Кишнев. - С. 282-283.
  63. Околотков Ю.Б. Фитопланктон прибрежных вод о. Барсакельмес (Аральское море) // Труды зоол. ин-та АН СССР. 1989. Т. 199. С. 103-109.
  64. Песенко Ю.А., 1982. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М.: Наука, 288 с.
  65. Пичкилы Л.О. Динамика численности и биомассы фитопланктона Аральского моря // Гидробиол. журн. - 1970. - Т. 6, № 1. - С.31-36.
  66. Пичкилы Л.О. Состав и динамика фитопланктона Аральского моря: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. - Л. - 1971. - 20 с.
  67. Пичкилы Л.О. Фитопланктона Аральского моря в условиях Антропогенного воздействия // IV съезд Всесоюзн. гидробиол. об-ва: Тез. докл., Киев, 1—4 дек. 1981 г. -Киев: Наук. думка, 1981. -Ч. 1. -С. 142-144.
  68. Рафиков А.А., 1982. Природные условия осушающегося южного побережья Аральского моря, Ташкент: ФАН, 148 с.
  69. Романова Н.Д., Сажин А.Ф. Взаимосвязь между объемом бактериальной

- клетки и содержанием в ней углерода. // Океанология. 2010. Т. 50. № 4. С. 1-10.
70. Рубанов И.В., Ишниязов Д.П., Баскакова М.А, Чистяков П.А., 1987. Геология Аральского моря. Ташкент: ФАН, 248 с.
  71. Рубанов И.В., Пинхасов Б.И., Курбаниязов А.К., 1998. Процессы соленакопления в акватории Аральского моря. В сб. Проблемы освоения пустынь. №3-4, с.31-37.
  72. Рябушко Л.И., 2009. Микрофитобентос Черного моря: Автореф. дис... д-ра биол. наук: 03.00.17-гидробиология, Севастополь, 44 с.
  73. Самойленко В. С. 1953. О предстоящих изменениях в температурном режиме Аральского моря. - Тр. ГОИН, вып. 012, с. 130-142.
  74. Сигалов В. М. 1986. Динамическое картографирование Аральского моря. - Геодезия и картография, № 4, с. 39-42.
  75. Симонов А.И., 1954. К вопросу о причинах антициклональной циркуляции вод Аральского моря. Метеорология и гидрология, № 2, с. 50-52.
  76. Симонов А. И., 1962. Происхождение относительно высокосоленых вод западной впадины Аральского моря. Труды ГОИН, Вып. 68, с 103-107.
  77. Скляр В. Е. 2008. Апвеллинг в Аральском море. - Программа фундаментальных исследований президиума РАН «Фундаментальные проблемы океанологии: физика, геология, биология, экология». Итоговая конференция. Тезисы докладов. 27-28 ноября 2008 г., Москва. С. 165.
  78. Сопач Э.Д., 1958. Электропроводность как метод определения солености морских вод. М.: Гидрометеиздат, 139 с.
  79. Степанов Н.И. Анализ воды Аральского моря // Изв. Туркест. отд. Русск. геогр. об-ва. - 1907. - Т. 6, Вып. 7. - С. 39-41.
  80. Сулалина А.В., Смуров О.А., 1993. Состояние бактериопланктона Аральского моря в 1992 г. Труды Зоологического института РАН, 250: с. 108-113.
  81. Суцня Л.М. (1975) Количественные характеристики питания ракообразных. Наука и Техника. Минск
  82. Успенский А.П. К гидрохимии Аральского моря // Изв. Всесоюзн. географ. об-ва. - 1950. - Т. 82, № 1. - С. 59-64.
  83. Федоров К. Н., Гинзбург А. И., 1988. Приповерхностный слой океана. Л.: Гидрометеиздат, 303 с.
  84. Хлебович В.В. Критическая соленость биологических процессов. - Л.: Наука. - 1974.-236 с.
  85. Хлебович В.В. Критическая соленость и хорогалиникум: современный анализ понятий // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. - 1989. - Т. 196. - С. 5-11.
  86. Хлебович В.В. Особенности состава водной фауны в зависимости от солености среды // Жкрн. общей биологии, 1962, 23, № 2.
  87. Хрусталеv Ю.П., Резников С.А., Туровский Д.С. Литология и геохимия донных осадков Аральского моря. Ростов на Дону, 1977, 159 с.
  88. Численко Л.Л. Номограммы для определения веса водных организмов по размеру и форме тела. Л.: Наука, 1968, 106 с.
  89. Численко Л.Л. Положения минимумов и максимумов видов в водах различной солености // Гидробиологический журнал, 1970, т. 6, № 4, с. 65-70
  90. Чуб В. Е., 2000. Изменение климата и его влияние на природно-ресурсный потенциал республики Узбекистан. - Ташкент: Среднеазиатский научно-исследовательский гидрометеорологический институт им. В.А. Бугаева, 252 с.
  91. Шкудова Г. Я., Ковалев Н. П. Опыт применения

- гидродинамической стационарной модели для расчета течений в мелком море // Метеорол. И гидрология, 1969, №10, с. 76 - 86.
92. Шнитников А.В. Арал в голоцене и природные тенденции его эволюции.//Палеогеография Каспийского и Аральского морей в кайнозое. Часть 2, Изд-воМГУ, 1983. С.106-109.
  93. Шокальский Ю.М., 1959. Физика моря., Л: Гидрометиздат, 537 с.
  94. Яблонская Е.А. К вопросу о значении фитопланктона и фитобентоса в пищевых цепях организмов Аральского моря // Запасы морских растений и их использование. -М.: Наука. - 1964. -С. 71-92.
  95. Якушев Е.В., Лукашев Ю.Ф., Часовников В.К., Чжу В.П. Современное представление о вертикальной гидрохимической структуре редокс-зоны Черного моря // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря / Под ред. Зацепина А.Г., ФлантаМ.В. М.: Наука, 2002. С. 119-132.
  96. Abtzopoulos TJ, El-Bermawi N, Vaskedis C., 2003. Effects of salinity and temperature on reproductive and life span characteristics of clonal Artemia. (International Study on Artemia. LXVI) Hydrobiologia 492:191-199
  97. Aladin N., Crйtaux J.-F., Plotnikov I. S., Kouraev A. V., Smurov A. O., Cazenave A., Egorov A. N., Papa F. 2005. Modern hydro-biological state of the Small Aral Sea. - Environmetrics, V. 16(4): 375. DOI: 10.1002/env.709.
  98. Aladin N.V., Filippov A.A., Plotnikov I.S., Orlova M.I., Williams W.D. Changes in the structure and function of biological communities in the Aral Sea, with particular reference to the northern part (Small Aral Sea), 1985-1994: A review. Intern J Salt Lake Res, 1998, 7, 301-343.
  99. Aladin NV and Potts WTW (1992) Changes of the Aral Sea ecosystems during the period 1960-1990. Hydrobiologia 237(2):67-79
  100. Ali G. H., 1999. Phytoplankton Activities in Hypersaline, Anoxic Conditions. I. Dynamics of Phytoplankton Succession in the Solar Lake (Taba, Egypt) // Water Science and Technology, Vol. 40, No 7, pp. 117-126