

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық емес
акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау - кен металлургия институты

Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтан

Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың экожүйесін бағалау

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

О.А.Байқоңыров атындағы Тау - кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНITU им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі,
т.ғ.к., қауымдастырылған профессор
Мейрамбек Г.
"2" 06 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың
экожүйесін бағалау»

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

Орындаған

Әнуаров Сұлтан
Оралбек Ұлықбек

Рецензент
ҚазҰАЗУ, т.ғ.к., қауымдастырылған
профессор

Сарыбаев О.А.
"2" 06 2025 ж.
РЕСУРСТАРЫ ФАКУЛЬТЕТІ

Ғылыми жетекші
PhD, қауымдастырылған профессор
Айтказинова Ш.К.
"2" 06 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғамы

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

6В07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауымдастырылған профессор
Мейрамбек Г.
«06» 06 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтан

Тақырыбы: «Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың
экожүйесін бағалау»

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор 2025 жылғы «29» желтоқсан № 548-П/Ө
бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «2» 06 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері: 1987, 1998, 2008, 2018, 2021, 2024
жылдардағы Landsat-5, Landsat-8 және Landsat-9 спутнигінен алынған ғарыштық
суреттер, ArcGIS бағдарламасы.

Дипломдық жұмыста әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) 1987, 1998, 2008, 2018, 2021, 2024 жылдар аралығындағы ғарыштық суреттерін
бақылау арқылы салыстыру

б) NDVI, MNDWI, NDSI, NDBI индекстерін есептеп, жылдары бойынша өзгеру
динамикасын көрсету

в) GoogleEarthEngine бағдарламасы арқылы LST көрсеткішін есептеп ресми деректермен
салыстыру жұмыстарын жүргізу

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

а) Арал теңізі маңы бойынша экологиялық картасы

Жұмыс презентациясы слайдтарда 20 көрсетілген

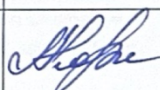
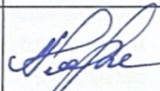
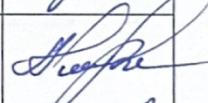
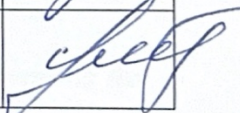
Ұсынылатын негізгі әдебиеттер 2 атаулардан

1 Т. К. Карлыханов, Г. Т. Далдабаева, О. К. Карлыханов және С. Р. Ибатуллин., Арал:
прошлое, настоящее, будущее - Астана, 2016 г.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, зерттеп дайындалатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Зерттеу объектісі жайында жалпы мәліметтер	08.05.2025	-
Объектіні зерттеу	22.05.2025	-
Негізгі бөлім	28.05.2025	-

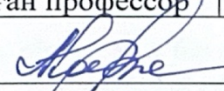
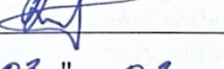
Аяқталған дипломдық жұмыс үшін, оған қатысты бөлімдердің жұмыстарын көрсетумен, кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолдары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Зерттеу объектісі жайында жалпы мәліметтер	Айтказинова Ш.Қ. PhD докторы, қауымдастырылған профессор	08.05.2025	
Объектіні зерттеу	Айтказинова Ш.Қ. PhD докторы, қауымдастырылған профессор	22.05.2025	
Негізгі бөлім	Айтказинова Ш.Қ. PhD докторы, қауымдастырылған профессор	28.05.2025	
Норма бақылаушы	Мадимарова Г.С. т.ғ.к., қауымдастырылған профессор	02.06.2025	

Ғылыми жетекші

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

Күні

 Айтказинова Ш. Қ.
 Оралбек Ұ.Ә.
 Әнуаров С.Б.
" 03 " 02 2025 ж.

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізіліп, аумақтың экожүйесіне баға берілді.

Зерттеудің басты мақсаты – Арал теңізінің жағалау сызықтарының жылдар бойындағы өзгерістерін бақылау және олардың динамикасын талдау. Зерттеу міндеттері ретінде 2015, 2018 және 2023 жылдары алынған спутниктік суреттерді салыстыра отырып, олардың негізінде өзгерістерді бағалау қарастырылды.

Аталған міндеттерді орындау барысында спутниктік суреттермен жұмыс жүргізілді, арнайы индекстердің көрсеткіштері есептеліп, олар тұзды топырақтарды зерттеу мақсатында қолданылды. Зерттеу барысында тек Қазақстан аумағындағы ғана емес, сондай-ақ шетелдік тәжірибелер де қарастырылып, тұзданған жерлерді қалпына келтіруге бағытталған тиімді іс-шаралар зерттелді.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе проведён мониторинг береговой линии Аральского моря и дана оценка экосистемы региона.

Цель исследования – отслеживание изменений береговой линии Аральского моря в разные годы. В качестве задач рассматривается анализ и сравнение спутниковых снимков, полученных в 2015, 2018 и 2023 годах.

В ходе выполнения поставленных задач были использованы спутниковые изображения, рассчитаны показатели индексов, применяемые при исследовании засоленных почв. В рамках данного исследования изучены мероприятия, способствующие улучшению состояния засоленных земель, не только на территории Казахстана, но и за рубежом.

ANNOTATION

This thesis focuses on monitoring the shoreline changes of the Aral Sea and assessing the ecosystem of the surrounding area.

The aim of the research is to observe the changes in the shoreline of the Aral Sea over different years. The objectives include evaluating and comparing satellite images obtained in 2015, 2018, and 2023.

To achieve these objectives, satellite imagery was analyzed, relevant index indicators were calculated, and these were applied in the study of saline soils. The research also examined measures aimed at improving saline land conditions, not only within Kazakhstan but also in other countries.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Арал теңізі жайында жалпы мәліметтер	8
1.1 Арал теңізінің физика – географиялық жағдайлары	8
1.2 Арал теңізінің экологиялық мәселелері	11
2 Арал теңізінің өзгеріске ұшырау жағдайы	14
2.1 Климаттық жағдайлардың Арал теңізі алабындағы өзен ағынын қалыптастыру үдерісіне әсері	14
2.2 Сырдария өзенінің су балансын талдау – кіші Аралдың су ресурстарының көзі	18
2.3 Арал теңізінің деградациясы және оның себеп-салдарлық байланыстары	24
3 Арал теңізін зерттеу әдістері	29
3.1 Бастапқы кеңістік мәліметтерімен жұмыс	29
4 Қазіргі таңда Орталық Азиядағы суды пайдаланудағы сын-қатерлер мен қауіптер	51
5 Экожүйенің бұзылуының алдын алу немесе Арал теңізінің құрғау салдарымен күресу әдістеріне талдау	53
Қорытынды	60
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	62

КІРІСПЕ

Тақырыптың өзектілігі. Арал теңізінің дағдарысының салдары 65 жылдан астам уақыт ішінде үздіксіз жалғасып келеді, бұл мәселе бірнеше мәрте талқыланып, түрлі шешімдер айтылып келе жатқанына қарамастан, осы аумақтың мәселесін шешуге бағытталған нақты әрі тиімді іс-шаралар жүзеге асқан жоқ, және бұл дағдарыс әлі күнге дейін жалғасу үстінде. Мәселенің маңыздылығы келесі негізгі үш фактормен сипатталады:

1. Арал теңізінің су деңгейінің төмендеуі;
2. Жағалаудағы экожүйенің құлдырауы;
3. Ауыл шаруашылығының өнімділігіне және адам денсаулығына кері әсерлері.

Арал теңізі дағдарысы тек аймақтық қана емес, ғаламдық экологиялық апаттың үлгісі ретінде қарастырылады. Ол табиғат пен адам әрекеті арасындағы теңгерімнің бұзылуынан туындаған қайғылы салдардың айғағы. Осы себептіде бұл мәселе ұзақмерзімді, жүйелі, ғылыми негізделген шешімдерді қажет етеді және оған халықаралық қауымдастықтың белсенді қатысуы маңызды.

Жұмыстың мақсаты. Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу арқылы экологиялық жағдайды зерттеу болып табылады.

Зерттеу нысаны - Орталық Азияда, Қазақстан мен Өзбекстан шекарасында орналасқан ірі ағынсыз тұзды Арал теңізі.

Зерттеу жүргізу әдісі: Арал теңізі маңындағы экологиялық жағдайды бағалау барысында адамның шаруашылық қызметі үшін аумақтың қауіпсіздігін қамтамасыз ету маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Бұл үшін зерттеу барысында, табиғи-климаттық және антропогендік әсерлердің кеңістіктік-сандық көрінісін анықтау мақсатында бірнеше экологиялық индекстерге талдау жүргізілді. Атап айтқанда, NDSI (Normalized Difference Salinity Index), NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index), NDBI (Normalized Difference Built-up Index) және LST (Land Surface Temperature) көрсеткіштері ғарыштық түсірілімдер негізінде есептеліп, олардың уақыт бойынша өзгерісі мен аумақтық таралуы қарастырылды. Бұл көрсеткіштерді қолдану арқылы топырақтың тұздану деңгейі, өсімдіктердің даму жағдайы, су айдындарының динамикасы, құрылыс алаптарының кеңеюі және жер беті температурасының өзгерісі жан-жақты зерттелді.

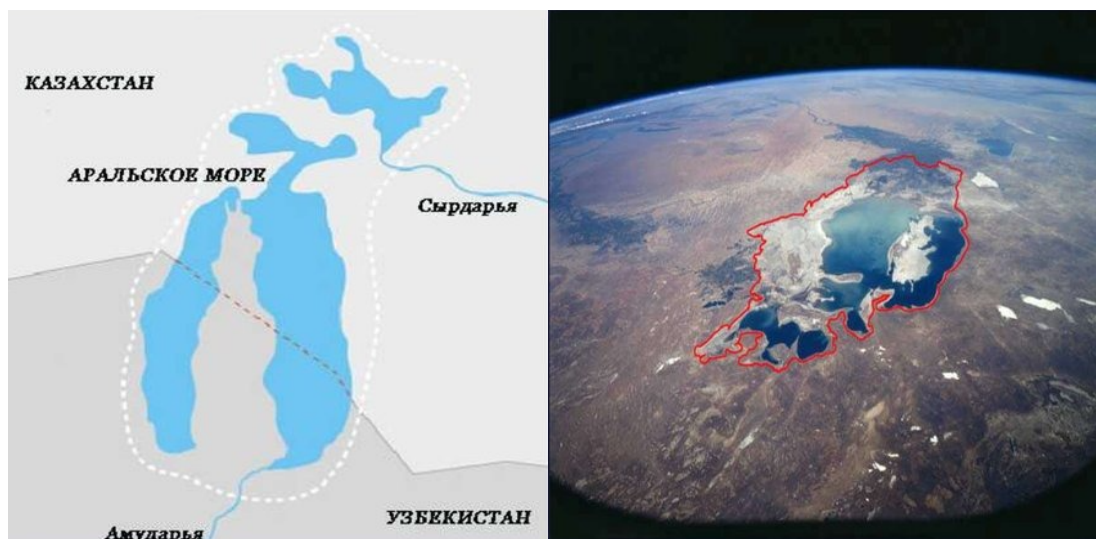
Зерттеу нәтижелері және олардың жаңалығы: Арал теңізі маңындағы аймақта жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде теңіз аумағының тіршілікке жарамдылығы бағаланды.

1 Арал теңізі жайында жалпы мәліметтер

1.1 Арал теңізінің физика-географиялық жағдайлары

Арал теңізі - Орталық Азияда, Қазақстан мен Өзбекстан шекарасында орналасқан ірі ағынсыз тұзды көл болған. XX ғасырдың ортасына дейін ол әлемдегі ең үлкен көл ретінде есептелінді.

Арал теңізі Орта Азияның орталық бөлігінде, Арал ойпатында орналасты. Судың тартылуы басталғанға дейін оның ауданы шамамен 68000 км² құраған. 1989 жылы су көлемінің айтарлықтай төмендеуінен кейін ол екі су айдынына бөлінді: Солтүстік (кіші) және Оңтүстік (үлкен) Арал теңізі. Бүгінгі күні бұрынғы теңіз түбінің көп бөлігін 1- сурет сәйкес Аралқұм шөлі алып жатыр.



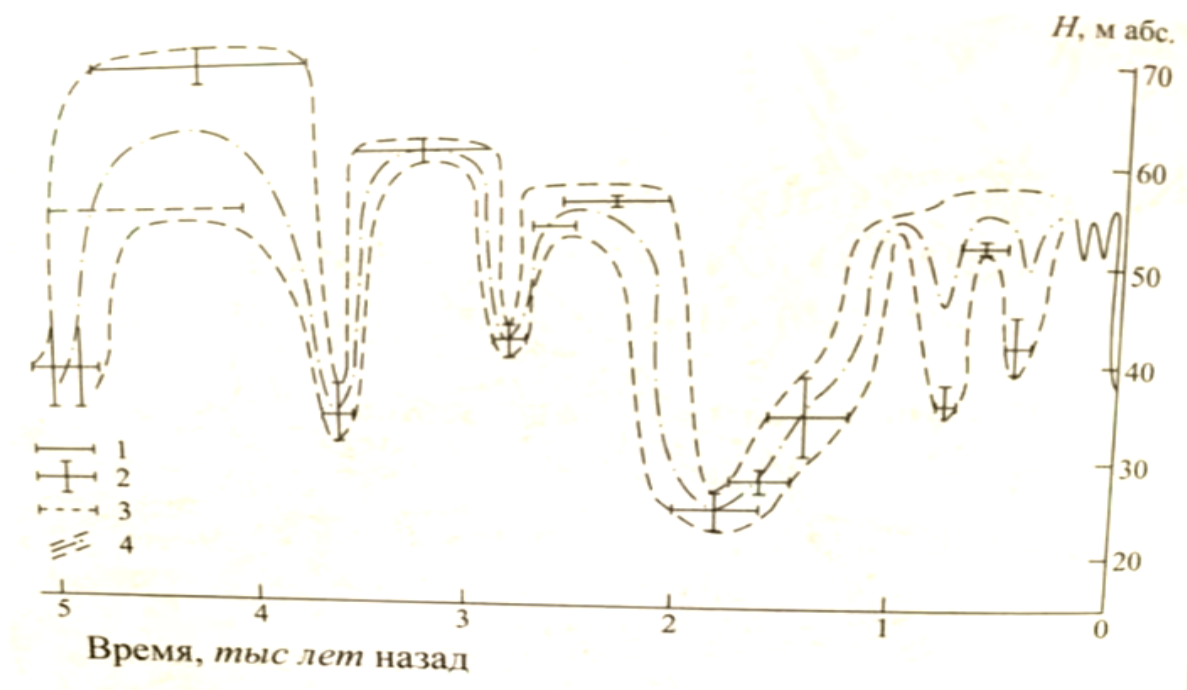
1- сурет – Арал теңізінің ғарыштан көрінісі

Өлшемі жағынан Арал теңізі Каспий теңізі, Жоғарғы көл (Озеро Верхнее) және Виктория көлінен кейінгі төртінші орынды иеленген; сондықтан да оны "теңіз" деп атайды. Табиғи жағдайда теңіз суының бетіндегі деңгейі Балтық биіктік жүйесі (абс) бойынша 53 метрді құраған, бұл Каспий теңізі деңгейінен шамамен 80 метрге жоғары. Арал теңізінің ұзындығы 428 км, ені 234 км, ең терең жері 69 метр болған. Су көлемі - 1064 км³, ал су айдынының ауданы - 66,4 мың км² (The Times Comprehensive Atlas of the World, 1967).

Теңіздің негізгі гидрологиялық сипаттамаларын есепке алу жөніндегі ресми статистика 1911 жылдан басталады.

Теңіздің су балансы мынадай түрде қалыптасқан: кіріс бөлігін өзен ағыны - 55,5 км³ және жауын-шашын - 8,3 км³ құраған, барлығы - 63,8 км³. Шығыс бөлігін су айдынынан булану мен сүзілулер - 63,8 км³ құраған.

Тарихи кезеңде (соңғы 5–6 мың жыл ішінде) теңіз деңгейінің режимі едәуір ауытқумен сипатталып, оның деңгейі 2-суретке сәйкес көрсетілгендей 25-тен 70 метрге дейін (абс бойынша) көтеріліп-төмендеп отырған.



2 - сурет – Арал теңізінің соңғы 5 мың жылдағы даму сатысы мен деңгейінің өзгеруі: 1-тарихи және археологиялық деректер бойынша; 2-геологиялық және радиокөміртекті деректер бойынша; 3-геологиялық-геоморфологиялық деректер бойынша; 4-орташа қисық және өзгеруі мүмкін деңгейі

Соңғы 200 жыл ішінде де теңіз деңгейінің ауытқуы байқалған, алайда олардың амплитудасы 4 метр шегінде болған, ал XX ғасырдың бірінші жартысындағы ауытқу 1 метрден аспаған. 1911–1960 жылдар аралығында теңізге орта есеппен жыл сайын 56 км³ өзен суы құйылып отырған, ал шамамен 10 км³ жауын-шашын су айдынына түскен. Осы кезеңде теңіз деңгейінің жылдық орташа көрсеткіштері 52,2–53,4 метр абс аралығында тұрақты болып, су айдынының ауданы 65–67 мың км², ал көлемі 1040–1090 км³ шамасында сақталған, яғни теңіз шамамен соңғы 4–6 мың жылдағы шекараларында орналасқан. Тарихи және археологиялық, геологиялық және радиокөміртекті, сондай-ақ геологиялық-геоморфологиялық деректерге негізделген ретроспективті талдау нәтижесінде, Арал теңізінің даму тарихында соңғы мұздық дәуірден (кейінгі гляциалдық кезеңнен) бастап алты кезең айқындалған.

Теңіз деңгейінің өзгеруіне әсер ететін негізгі себептердің бірі - Орта Азия аймағындағы климаттың ылғалдылық ауытқуы, Памир мен Тянь-Шань тауларындағы мұздықтардың еру қарқындылығы және, болжам бойынша,

олардың солтүстік жарты шардағы орташа жылдық ауа температурасының аномалияларымен байланысы болып табылады.

Климаттық фактордан бөлек, теңіз тарихында аса маңызды рөл атқарған – өзен арналарының ауытқуы, әсіресе негізгі қоректендіруші өзен – Өмудария арнасының өзгеруі. Бұл өзенге тән ерекшелік - аса мол мөлшердегі шөгінділер тасымалы, олар уақыт өте келе өзен аңғарын толтырып, әртүрлі жастағы дельталарды қалыптастырған. Көптеген зерттеушілердің пікірінше, өзеннің бағыты ауысып, бірде Сарықамыс ойысына, бірде Арал теңізіне, ал кейбір кезеңдерде Узбой арқылы Каспий теңізіне құйған болуы мүмкін.

Соңғы мыңжылдықтардағы теңіз деңгейінің әртүрлі биіктіктерде қайталануы теңіз деңгейінің 50–55 метр абс аралығындағы белгілері өзен режимінің тұрақты күйімен тығыз байланысты екенін көрсетеді. Тарихи кезеңдерде теңіз деңгейінің айтарлықтай ауытқуы жоғарыда аталған табиғи құбылыстардың күшеюімен байланысты. 1960 жылдарға дейін Арал теңізі КСРО-дағы ішкі су айдындары арасында үшінші орында болған және жыл сайын балық аулаудың жалпы көлемінің шамамен 13%-ын берген. Негізгі кәсіптік маңызы бар балық түрлеріне, усачтан бөлек, табан, сазан, шемая, вобла, көксерке, жерек кірген және олар жалпы аулаудың 80%-ын құраған. Мұнда қазіргі таңда Қызыл кітапқа енген арал лососі де кездескен. 1984 жылы Арал теңізіндегі балық шаруашылығы толықтай тоқтатылды. Балық өңдейтін зауыттар жабылып, мыңдаған адам жұмыссыз қалды. Теңіз жағалауындағы елді мекендер әлеуметтік және экономикалық дағдарысқа ұшырады. Арал теңізі маңындағы халықтың денсаулығына да үлкен қауіп төнді: тұзды шаң дауылы көбейіп, тыныс жолдары аурулары мен басқа да дерттер белең алды. Бұл жағдай Арал апатының тек экологиялық емес, сонымен қатар әлеуметтік-экономикалық дағдарыс екенін көрсетті. Жұмыссыздық деңгейі күрт артты, халық табысы төмендеп, әлеуметтік жағдай нашарлады. Теңіз жағалауындағы көптеген елді мекендер өмір сүруге қолайсыз аймаққа айналды. Сонымен қатар, теңіз түбінен көтерілген тұзды шаң ауыл шаруашылығына зиян келтіріп, халық денсаулығына қауіп төндірді. Арал маңында тыныс алу жолдарының аурулары, сәбилер өлімі, анемия және басқа да аурулар кең таралды. Бұл дағдарыс тек экологиялық мәселе ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік-экономикалық, демографиялық және медициналық салаларға да орасан зор зиян келтірді. Қазіргі таңда Арал теңізін қалпына келтіру бағытында түрлі жобалар қолға алынуда [1].

1.2 Арал теңізінің экологиялық мәселелері

Теңіз екі ірі өзеннен қоректенеді - оңтүстік-батыстан Әмудария мен солтүстік-шығыстан Сырдария. 1965 жылы теңіз деңгейі 53,4 метрді құрап, осы өзендер арқылы теңізге жыл сайын 56,0 км³ су келіп түсетін.

1965 жылдан кейін теңіздегі гидрологиялық сипаттамалардың қарқынды өзгеруі басталды, Арал теңізінің су балансының динамикасы кезеңдер бойынша 1- кестеде көрсетілген.

Кесте 1 - Арал теңізінің су балансының кезеңдер бойынша өзгеру динамикасы

Жылдар	Орташа аудан, мың км ²	Ағын көлемі, км ³			Булану шығындары, км ³	Көлемнің өзгеруі, таза, км ³
		өзен ағыны	жауын-шашын	барлығы		
1926-1960	65,78	55,2	8,2	63,4	64,1	-0,7
1961-1970	64,47	42,8	8,4	57,2	63,3	-6,1
1971-1985	53,66	16,3	6,6	22,9	56,2	-33,3
1986-2000	33,45	14,4	4,7	19,1	35,0	-15,9
2001-2015	20,33	8,6	3,8	12,4	14,8	-2,4

Жер асты суларының ағыны онша үлкен емес - шамамен 3-4 км³. 1 - кестеден көрініп тұрғандай, теңіздің су балансы 1926 жылдан 1960 жылға дейін жеткілікті түрде тепе-теңдікте болды, және теңіз деңгейі тұрақты еді.

1960 жылдан 1970 жылға дейін өзен ағыны айтарлықтай қысқарды, нәтижесінде теңіз деңгейі біртіндеп төмендеді. 1970-1985 жылдары өзен ағынының күрт азаюы теңіз деңгейінің тез төмендеуіне әкелді. 1971-1985 жылдар аралығы барлық ғалымдар тарапынан теңіздің терең деградациясы және апатты жағдайы ретінде сипатталады.

Теңіздің өткен кездегі су балансына тән ерекшелік - өзен ағынының аз өзгергіштігі. 70-жылдардың соңы мен одан кейінгі кезеңдерде теңізге су келуі үзіліссіз сипатқа ие болды - аз суы бар немесе орташа су молшылығымен жылдары су теңізге жетпей, санитарлық мақсатта су ағындары дельтада жұмсалатын.

1960 жылдан 1990 жылға дейінгі 30 жыл ішінде теңіз 830 км³-тан астам өзен суын ала алмады, нәтижесінде оның деңгейі шамамен 16 метрге төмендеп, көлемі 75%-ға, ал су айдынының ауданы екі есеге қысқарды. Теңіздің су бетінің

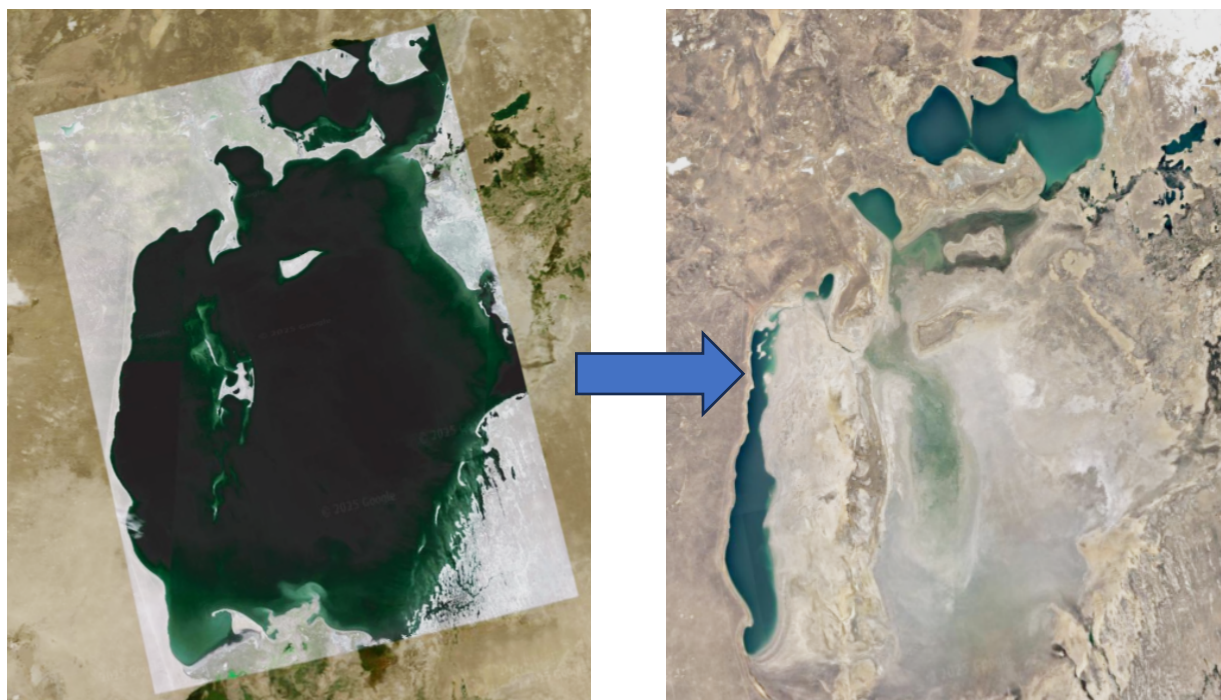
қысқаруының хронологиясы 50 жыл уақыт аралығы ішінде (1973 жылдан 2020 жылға дейін) космостық бақылау суреттерінде 3 – суретке сәйкес жақсы көрінеді.

Соңғы жылдары теңізге су келу көлемі жыл сайын 8-13 км³ аралығында тұрақтанды, бұл өзен суының мөлшеріне байланысты, ал Сырдария өзені арқылы су келу жалғасуда, ал Өмудария өзенінен су келуі 2000 жылдан бастап тоқтады.

Барлық осы өзгерістер өзеннің төменгі ағысында су ағынының шамадан тыс азаюынан болды: 1974-1986 жылдары Сырдария өзені арқылы Арал теңізіне су жетпеді, ал Өмудария өзенінде су 1982, 1983, 1985, 1986 және 1989 жылдары төменгі ағысында болмаған. Су ағынының азаюымен бірге су бетінің ауданы да қысқарып, бұрынғы теңіз табанында Аралқұм деп аталатын шөл пайда болды.

1960 жылдары теңіз деңгейі орта есеппен жылына 0,2 метрге төмендеді, 1970 жылдары - 0,6 метрге, 1980 жылдары - 0,85 метрге, ал 1987 жылдың басында теңіз деңгейі 36,4 метрге жетіп, 1961 жылғы орташа көпжылдық деңгейден 16,6 метрге төмендеді. 1987 жылы теңіз екі бөлікке бөлініп, Батыс Аралда Үлкен Арал, Шығыс Аралда Кіші Арал қалыптасты. Үлкен Арал бөлікке бөлініп, әрқайсысының өз ерекшеліктері 2 – кестеге сәйкес бар.

Теңіз екіге бөлінген кезде, яғни 1987 жылы Үлкен Аралдың аумағы 36,7 мың км², көлемі 360 км³, ал Кіші Аралдың аумағы 3,1 мың км², көлемі 21,6 км³ құрады.



3 - сурет - 1973 жылдан 2020 жылға дейінгі су бетінің Google Earth платформасынан ғарыштық суреті

1960 жылдардың басынан 1990 жылдың сәуіріне дейін теңіз деңгейі 14,4 метрге төмендеп, 53 метрден 38,6 метрге дейін жетті, теңіз ауданы 30,5 мың км²-

ге қысқарып, көлемі 755 км³-ке азайды. Осыған сәйкес, 30,5 мың км² теңіз табаны құрғап қалды.

Кесте 2 - Арал теңізінің әртүрлі абсолюттік деңгей белгілері бойынша ауданы мен су көлемі

Абсолюттік биіктігі, м	Ауданы, мың км ²				Көлемі, км ³			
	Кіші Арал	Үлкен Арал		Барлығы	Кіші Арал	Үлкен Арал		Барлығы
		батыс	шығыс			батыс	шығыс	
53	6,0	13,6	46,5	66,0	79,7	302	681	1063
51	5,3	13,3	41,0	59,6	68,7	275	593	938
48	4,8	13,0	37,6	55,3	53,7	236	476	766
43	3,8	11,4	31,4	46,6	31,9	175	304	511
33	1,3	6,2	16,0	23,4	6,0	85	70	161

Теңіз екіге бөлінген кезде, яғни 1987 жылы Үлкен Аралдың аумағы 36,7 мың км², көлемі 360 км³, ал Кіші Аралдың аумағы 3,1 мың км², көлемі 21,6 км³ құрады. 1960 жылдардың басынан 1990 жылдың сәуіріне дейін теңіз деңгейі 14,4 метрге төмендеп, 53 метрден 38,6 метрге дейін жетті, теңіз ауданы 30,5 мың км²-ге қысқарып, көлемі 755 км³-ке азайды. Осыған сәйкес, 30,5 мың км² теңіз табаны құрғап қалды.

Осылайша, Әмудария мен Сырдария өзендерінен экологиялық және санитарлық мақсаттағы су ағындарының негізсіз қысқаруы, теңіздің қажеттіліктері мен қоршаған орта талаптарын ескерместен, теңіздің екі бөлікке бөлінуіне әкелді. Теңіз шекарасы кейбір жерлерде 100-150 км-ге дейін шегініп, бұрынғы теңіз табанының 4 – суретке сәйкес 33 мың км² тұзданған бөлігі ашылды [2].



4 - сурет – Арал теңізінің тартылуының жылдық өзгерісі

2 Арал теңізінің өзгеріске ұшырау жағдайы

2.1 Климаттық жағдайлардың Арал теңізі алабындағы өзен ағынын қалыптастыру үдерісіне әсері

Соңғы 50 жылда Орталық Азия аймағында, әсіресе Арал теңізі алабында су шаруашылығы мен экологиялық мәселелер ерекше өзектілікке ие болды. Бұл мәселелердің себебі көп факторлы, олардың бірі - климаттың өзгеруі, ол болжам бойынша болашақта күшейетін болады. Бұған Сырдария өзенінің ағынының қалыптасу аймағындағы климаттық көрсеткіштердің нақты тіркелген деректері куәлік етеді.

Тянь-Шань мұздықтарының еруінің себептерінің бірі - климаттың жаһандық жылынуы. Дүниежүзілік метеорологиялық ұйымның пікірінше, соңғы бірнеше онжылдықта жер бетінің температурасы көтеріле бастады.

Жер климатында соңғы 500 мың жылда 100 000 жылдық циклмен ауытқулар болды, бұл кезеңдерде мұз дәуірлері мен қысқа мерзімді аралық кезеңдер болды, олардың ұзақтығы шамамен 10 000 жылды құрады. Голоцен (соңғы 10 000 жыл) кезеңіндегі температура ауытқуы 6°C құрады, ал климаттық оптимумнан кейін, шамамен 6,5 мың жыл бұрын, температура қазіргі деңгейден 2°C жоғары болды, климаттың жаһандық салқындауға қарай бет алған тенденциясы байқалады. Бұл салқындау, бұрынғы кезеңдерде болғандай, біркелкі емес, қысқа мерзімді тербелістер түрінде жүреді, ал 1700 жылдан бастап (кіші мұздық кезеңнің минимумынан) температураның уақытша көтерілуі байқалады.

Парниктік эффект әсерінен (су буы, көмірқышқыл газы, метан және басқалар) климаттық жағдайлардың өзгеруі антропогендік сипатқа ие болуы мүмкін. Алайда, бұл мәселені шешу әлі де аяқталмаған, және көптеген есепке алынбаған факторлар салдарынан климаттық салдарлар әлі де шешілмеген мәселелер ретінде қала береді.

Тянь-Шань тау мұздықтары соңғы 150 жылда тұрақты түрде кері шегініп, деградацияға ұшырады. Жылынудың жедел үдеуі мұздықтардың деградациясын күшейтіп, бұл тек Қырғызстанда ғана емес, көрші елдерде де халықтың өмір сүру жағдайлары үшін өте теріс салдарларға әкеледі. Сондықтан климаттық жағдайлардың өңірлік өзгергіштігі мәселесі өзінің өмірлік маңызы мен күрделілігіне байланысты өте өзекті болып табылады.

1850 жылдан бастап орташа жаһандық температура шамамен 1°C ауытқып отырды. Болжау бойынша, бұл температураның өсуі 2025-2030 жылдарға дейін байқалмайтын болады, алайда кейінірек бұл өзгерістер катастрофалық ауқымға ие болуы мүмкін деп күтілуде.

Алдағы уақытта бұл температураның көтерілуі, ең алдымен, атмосферадағы көмірқышқыл газының көбейуімен байланысты болады. Нарын метеостанциясындағы (2040 м) соңғы 115 жылдағы орташа жылдық температура

мен жауын-шашын мөлшерінің ауытқулары, сондай-ақ Тянь-Шань метеостанциясындағы (3614 м) 68 жылдағы деректер келесі нәтижелерді көрсетеді:

- Температура жоғарылауға бейім, кездейсоқ ауытқулар есептелген сызықтық трендтердің маңында орын алады, Нарын метеостанциясында соңғы 115 жылда жалпы тренд бойынша температура $1,3^{\circ}\text{C}$ ($0,011^{\circ}\text{C}/\text{жыл}$) өсті, ал суық мезгілде бұл өсім 2°C -ке жетсе, жылы мезгілде тек $0,5^{\circ}\text{C}$ болды. Жылдық температураның ауытқуы $5,7^{\circ}\text{C}$ құрады (1904 жылы $0,1^{\circ}\text{C}$ -тан 1997 жылы $5,8^{\circ}\text{C}$ -қа дейін), климаттық нормадан ауытқу орташа квадратикалық мәні $1,01^{\circ}\text{C}$ болды;

- Тянь-Шань метеостанциясында 68 жылда жалпы тренд бойынша температура $0,55^{\circ}\text{C}$ (тренд $0,008^{\circ}\text{C}/\text{жыл}$) өсті, яғни өсу жылдамдығы Нарын метеостанциясымен шамалас болды, бірақ жылы мезгілде ол әлдеқайда қарқынды болды ($0,8^{\circ}\text{C}$), ал суық мезгілде тек $0,4^{\circ}\text{C}$ болды [21].

Барлық кезең үшін климаттық норма $-7,8^{\circ}\text{C}$ болды, ал жеке жылдардағы ауытқулар айтарлықтай аз, тек $1,9^{\circ}\text{C}$ (1993 жылы $-8,2^{\circ}\text{C}$ -тан 1997 жылы $-6,3^{\circ}\text{C}$ -қа дейін), орташа квадратикалық ауытқу $0,56^{\circ}\text{C}$ құрады.

Қазіргі уақытта Памиро-Алтайда 1081 мұздық жоғалып кеткен, Занлий Алатауында 71 мұздық жоғалып, Акшырақ массивінің мұздықтарының көлемі айтарлықтай азайған.

Орташа алғанда, Тянь-Шаньның аңғарлы мұздықтары жыл сайын 7,5-13,1 метрге шегінеді, сонымен қатар олардың қалыңдығы да азайып келеді.

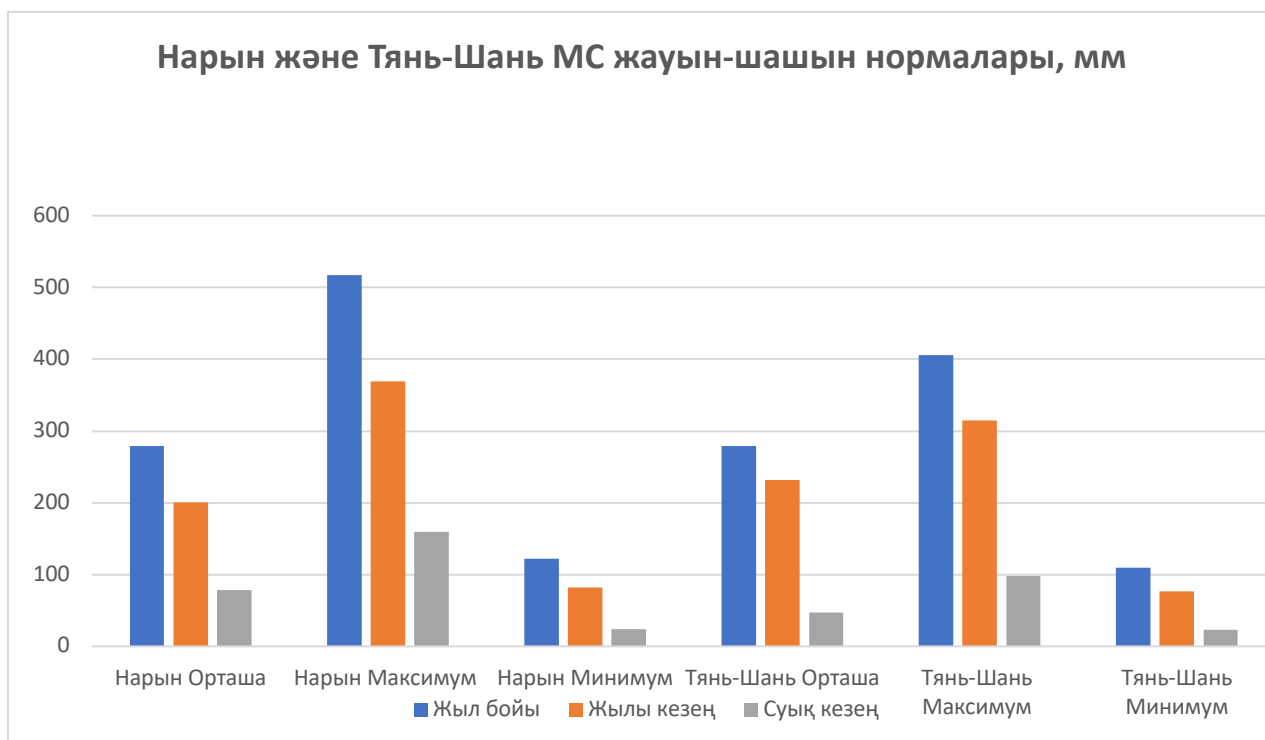
Бұл процестер құрғақ аймақ үшін қауіпті, себебі Орталық Азияда таулы мұздықтар тұщы судың ғасырлық қорларының жалғыз қоймалары болып табылады және аймақтағы атмосфералық ылғалдың негізгі конденсацияланатын орны болып саналады. Егер «моренналық шөгінділер» ұлғая берсе, олар ылғалды конденсациялауды тоқтатып, Амудария мен Сырдария өзендерінің ағысы күрт азая бастайды.

Климаттың ең өзгергіш элементтерінің бірі – жауын-шашын. Нарын және Тянь-Шань метеостанцияларының климаттық жауын-шашын нормалары 3 - кестеде келтірілген.

Кесте 3 - Нарын және Тянь-Шань МС жауын-шашын нормалары, мм

Жауын-шашынның сипаттамасы	Нарын			Тянь-Шань		
	Жыл бойы	Жылы кезең	Суық кезең	Жыл бойы	Жылы кезең	Суық кезең
Орташа	279,5	200,9	78,6	279	232	47
Максимум	517	369	160	406	315	98
Минимум	122	82	24	110	77	23
Вариация	0,245	0,285	0,365	0,241	0,251	0,355

Нарын метеостанциясында жылы кезеңде жылдық жауын-шашынның 72%-ы түскен, ал Тянь-Шань метеостанциясында шамамен 83%, бұл Ішкі Тянь-Шанның жалпы климаттық жағдайларына сәйкес келеді. Нарын станциясында 111 жыл ішінде жылдық жауын-шашынның мөлшері кездейсоқ түрде норманың (280 мм) айналасында ауытқыған, және 5-суретке сәйкес бұл деректерде дерлік нөлдік тренд (-0,063 мм/жыл) байқалады.



5 - сурет – Нарын және Тянь-Шань МС жауын-шашын нормалары

Алдағы онжылдықтардағы климаттық жағдайлар туралы аймақтық болжам жасау мәселесі күрделі міндет болып табылады, оның шешімі физикалық-математикалық әдістер негізінде әлі толық өңделмеген.

Ортақ жаһандық температураның өзгеруі Орталық Азияның трансшекаралық өзендерінің ағымына айтарлықтай әсер етеді. Казгидрометпен сынақтан өткен климаттық сценарийлердің ешқайсысы Амудария мен Сырдария өзендерінің ағысының артуын болжаған жоқ, керісінше, болашақта өзен ағысының айтарлықтай төмендеуі күтілуде. Арал теңізі алабының негізгі өзендері бойынша болжамды ағыс бағалауы көрсеткендей, климаттың жалпы жылынуы мен таулардағы қар мен мұз қорының 15-20%-ға азаюына байланысты Сырдария өзенінің ағысы 15-20%-ға, ал Амудария өзенінің ағысы 20-30%-ға азаяды.

2007 жылы БҰҰ Экономикалық және әлеуметтік мәселелер департаментінің тапсырмасымен халықаралық сарапшылар тобы климаттың өзгеруінің тұрақты даму перспективасына әсері туралы баяндама ұсынды. Баяндама тақырыбы «Бақыланбайтындықты болдырмау және қажеттілікке

басқару», онда Жердің температурасы біртіндеп көтерілуі туралы айтылған. Бұл қорытындыға ғалымдар спутниктік бақылаулардың нәтижелері бойынша келді, олар 1982 жылдан бастап жүргізіледі, сондай-ақ өткен онжылдықтарда кемелерде жүргізілген бақылауларға негізделген.

Орталық Азия елдерінде климаттың өзгеруінің қоршаған ортаға және халықтың әлеуметтік-экономикалық өміріне әсерін анықтауға бағытталған ғылыми зерттеулер жүргізілуде. Мысалы, Өзбекстан Республикасында қазіргі заманғы атмосфералық циркуляцияның жалпы тепе-теңдік модельдері арқылы алынған жаңа климаттық сценарийлер әзірленіп, сынақтан өткізілуде. Бұл сценарийлер А2 (жағымсыз) және В2 (орташа) эмиссия сценарийлеріне сәйкес жасалған және қысқа мерзімді (2030 жыл) және орта мерзімді (2050 жыл) перспективалар үшін есептелген (Чуб В.Е., Агальцева Н.А., Узгидромет орталығы, Өзбекстан Республикасы Министрлер Кабинеті, Ғылыми-зерттеу гидрометеорологиялық институты).

Бұл мекемелердің зерттеулерінде Орталық Азия өңіріндегі негізгі өзендердің экстремалды су мөлшері мен экстремалды жауын-шашын және ауа температурасы жағдайында климаттық аномалиялардың пайда болу ықтималдығының бағалануы ерекше қызығушылық тудырады. Сондай-ақ, қауіпті құбылыс ретінде құрғақшылықтың экстремалды жағдайларын зерттеуге және оны болжаудың мүмкіндіктеріне назар аударылады. Өзбекстанда су ағынын қалыптастыруға арналған математикалық модельдер кешенінің негізінде құрғақшылық туралы ерте ескерту жүйесі құрылды, оның мақсаты - құрғақшылық пен су тапшылығының салдарын жұмсарту.

Ұқсас зерттеулер Қазақстан Республикасында да мамандандырылған орталықтарда жүргізілуде. Климат динамикасын бақылау қатарлары бойынша зерттеулер қазіргі таңда өңірде климаттық жүйенің түрлі компоненттерінде өзгерістер байқалып отырғанын көрсетуде. Қазақстан аумағында, әсіресе, жылыну тенденциясы айқын байқалады. Соңғы 25-30 жыл ішінде осы орталықтардың деректері бойынша Қазақстанда орташа жылдық ауа температурасы 0,2-0,6 градусқа дейін көтерілген, бұл өзгерістер ылғалдылық аймақтарына байланысты өзгеріп отырады. Бұл деректер NASA-ның Годдард ғарыштық зерттеулер институтының ғалымдарының зерттеулерімен расталады.

2009 жылы МФСА-ның Атқарушы комитеті (Алматы) Орталық Азия елдерінің мамандарымен және Еуразиялық Даму Банкінің қаржылық қолдауымен «Климат өзгерісінің Орталық Азияның су ресурстарына әсері» жобасын әзірледі. Зерттеулер нәтижесінде 2050 жылға дейін Амудария өзенінің ағысының 10-13%-ға, ал Сырдария өзенінің ағысының 6-10%-ға төмендейтіні болжанған, бұл мұздықтардың еруімен байланысты.

Өңірдегі су ресурстарының мөлшері мен режимі жаһандық климаттың жылынуымен қатар, өзен бассейндерінде суармалы егіншіліктің қарқынды дамуы әсерінен де өзгеріп жатыр. XX ғасыр бойы осы факторлар Иссык-Куль, Балқаш көлдері және ең айқын түрде Арал теңізінің деңгейінің өзгеруінде өз әсерін көрсетті [2].

2.2 Сырдария өзенінің су балансын талдау

Сырдария өзені Қазақстанның Арал теңізінің, соның ішінде Кіші Аралдың су көзін құрайды. Сырдария өзені сонымен қатар Қырғызстан, Өзбекстан және Қазақстан республикаларындағы суармалы жерлерді сумен қамтамасыз етеді. Сырдария өзені алабындағы жалпы ауыл шаруашылығы алқаптары 34 млн га, соның ішінде егістік жерлер 4,2 млн га құрайды.

Алабтағы су ресурстары Сырдария өзенінің орташа көпжылдық ағысы көлемінде 37,2 км³, суармалаудан қайтарылатын сулар 14,1 км³ және жерасты суларындағы қорлар 3,3 км³ көлемінде ұсынылған.

Өзеннің табиғи ағындарының қалыптасуы бассейн елдері арасында айтарлықтай теңсіздікпен бөлінген: Қырғызстан 74,2%, Өзбекстан - 13,8%, Қазақстан - 9,3%, Тәжікстан - 2,7%.

Өңірдегі елдер арасында негізгі су пайдаланушы болып Өзбекстан Республикасы табылады, ол өз қажеттіліктері үшін қолда бар су ресурстарының 51,1%-ын пайдаланады. Қазақстан су ресурстарын 34,3% көлемінде пайдаланады, оның ішінде 11,2-ден 14,4 км³-ке дейінгі су қайтарылатын сулар түрінде алынған.

Халықаралық ірі жобаларды жүзеге асыру кезеңінде (1993-2007 жж.) Сырдария өзенінің төменгі ағысында жылдық орташа су тұтыну көлемі 9,8 км³, соның ішінде Оңтүстік Қазақстан облысына (ОҚО) 4,5 км³ (45%), Қызылорда облысына (ҚЗО) 5,4 км³ (55%) тиесілі болды. Осы кезеңде экономика салаларының су ресурстарын пайдалану көлемінің өсуі байқалады (кесте 3.1).

Сырдария өзенінің су ресурстарын экономика салалары бойынша соңғы жылдары нақты пайдалану келесі түрде болды: ауыл шаруашылығының тұрақты суармалауы - 5458,1 млн м³, өнеркәсіптік қажеттіліктер - 51,4 млн м³, тұрғын жайлар мен қала, аудан орталықтары және т.б. коммуналдық-тұрмыстық қажеттіліктер - 61,0 млн м³, балық шаруашылығының қажеттіліктері - 11,1 млн м³, табиғи шабындықтар мен лимандық суарудың су шығыны - 558,5 млн м³. Мәдени қажеттіліктер бойынша су алу - 1139,9 млн м³, Арал теңізіне ағызу - 6619,0 млн м³.

Өзеннің төменгі ағысындағы су пайдалану былайша сипатталады: лимит 9124,0 млн м³ болғанда, 7671,3 млн м³ су алынған, оның ішінде Қызылорда облысында лимит 4632,0 млн м³ болғанда - 4333,2 млн м³ су алынған, Оңтүстік Қазақстан облысында лимит 4492,0 млн м³ болғанда - 3338,1 млн м³ су алынған.

Жылдық тұрғыда тұрғын үй-коммуналдық қажеттіліктер үшін 69,7 млн м³ су алынған, оның ішінде Оңтүстік Қазақстан облысында 40,2 млн м³, Қызылорда облысында 29,5 млн м³ су алынған. Осылайша, қайтарымсыз су тұтыну мен шығындар 64,0 млн м³ құрады, оның ішінде 40,1 млн м³ Оңтүстік Қазақстан облысында және 28,9 млн м³ Қызылорда облысында 4-кестеге сәйкес. Соңғы жылдардағы ерекшелік – өндірістік қажеттіліктерге пайдаланылатын су көлемінің біртіндеп өсуі.

Кесте 4 - Қазақстан Республикасының ОҚО және ҚЗО-да экономика саласында су ресурстарын пайдалануы, млн м³

Жыл	Коммунальдық шаруашылық	Өнеркәсіп	Ауыл шаруашылығы	Балық шаруашылығы	Гидроэнергетика	Барлығы
2001	16,29	31,11	3277,64	44,44	3885	7254,5
2002	32,54	35,08	3215,45	48,17	5696	9027,2
2003	23,32	21,34	4227,81	53,46	6157	10482,9
2004	27,76	9,01	4150,56	17,18	5813	10017,8
2005	21,65	4,64	4511,53	14,13	6274	10825,9

Орташа жылдық балық шаруашылығының қажеттіліктері үшін су алу көлемі 11,1 млн м³ құрады, оның ішінде Оңтүстік Қазақстан облысында – 6,5 млн м³, Қызылорда облысында – 4,6 млн м³.

Арыстың өзенінің ағыны мен қайтарымдық ағынды ескере отырып, Сырдария өзенінің төменгі ағысында су тұтынушылардың жиынтық талаптары 5 - кестеде көрсетілген.

Кесте 5 – Өндірістік қажеттіліктерге су алу көрсеткіштері, млн м³

Облыс	Жыл						
	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013
ОҚО	34,63	29,08	31,85	32,48	19,56	33,23	36,96
ҚЗО	15,89	18,43	10,56	12,29	12,90	13,66	14,61
Барлығы	50,52	47,51	42,41	44,77	32,46	46,89	51,57

Осылайша, Сырдария өзенінің төменгі ағысында су тұтынушылардың құрамы мен қуаты 6 - кесте түрде сипатталды: суару массиві 300 мың га (ОҚО-да 75 мың га және ҚЗО-да 225 мың га); табиғи-экологиялық комплекстер төменгі ағыста - 250 мың га (шөп шабу, көлдер, жайылымдар, өзен аңғары); өзеннің делтасы - 250-300 мың га; кіші Арал - 3,0 мың км².

Сырдария өзенінің ағынын ауыл шаруашылығында пайдалану бағасы Сырдария өзенінің алабы интенсивті гидро-мелиоративті шаралар негізінде ауыл шаруашылығын игеру аймағына жатады.

Сырдария өзенінің алабында жеті су шаруашылығы учаскелері бар:

1. Нарын өзенінің жоғарғы ағысы, бұл аймақ өзеннің бастауларынан бастап, оның Ферғана ойпатына шығатын жеріне дейінгі жоғары таулы аймақты қамтиды, Қырғызстан Республикасында орналасқан.

2. Ферғана ойпаты, бұл аймақ Нарын өзенінің ағысындағы Карадария мен Сырдарияның шығуынан Ферғана гидроузлына дейінгі бөлігін қамтиды, оның жазық бөлігін Өзбекстан Республикасы, ал таулы аймағын Қырғызстан мен Тәжікстан Республикасының бөліктері құрайды.

3. Орта ағыс - Фархад гидроузлына дейін, Шардарин гидроузлына дейінгі аймақты қамтиды, оның құрамына Дальверзин, Голодная және Джизак далалары мен Түркістан жотасының солтүстік беткейіндегі кіші суару жүйелері кіреді.

4. Чаргиин даласы, бұл аймақ Куратин жотасының етегінде орналасқан.

5. Чирчик - Ахангаран - Келес суару аймағы (ЧАКИР), Өзбекстан, Қазақстан және Қырғызстанның жерлерін қамтиды, ЮКО-ның оң жағалық бөлігін алады.

6. Арысь - Түркістан суару аймағы (АРТУР), осы аймақтың жерлерін қамтиды.

7. Сырдария өзенінің төменгі ағысы, Шардарин су қоймасынан Арал теңізіне дейінгі аймақты қамтиды.

Кесте 6 – Сырдария өзенінің төменгі ағысында су тұтынушылардың құрамы мен қуаты

Ағын сулардың тұтынушылары және су шығындары	Орташа көпжылдық көрсеткіш	Қамтылуы, %		
		20	50	90
Суару	5,50	6,10	5,45	5,00
Табиғи-экологиялық жүйелер	1,00	1,50	0,72	0,33
Дельта	1,20	1,60	1,26	0,77
Шығындар	2,92	3,65	2,50	1,90
Кіші Аралға ағын	2,78	3,70	2,53	1,70
Барлығы	13,4	16,6	12,5	9,7

Бассейн Сырдария өзенінің дамуы, су ресурстарын пайдалану, судың сапасын қалыптастыру және су-тұз режимінің қалыптасуында ерекше орын алатын аймақ - бұл Ферғана ойпаты мен АРТУР арасындағы суару аймағы. Бұл жерде өзеннің минералдануы оның су шығыны мен режимнің фазаларына байланысты болады. Орта ағыс пен өзеннің төменгі ағысында табиғи факторлардың гидрохимиялық режимді қалыптастырудағы рөлі азаяды, ал коллекторлы-дренажды сулардың, олардың көлемі мен минералдануының әсері арта түседі, соның салдарынан судың жалпы минералдануы өзгереді.

Сырдария өзенінің су ресурстары табиғи режимде, 95% қамтамасыз ету кезінде 26,1 км³ құрайды, ал реттелген жағдайда бұл көлем 35,2 км³ болады, және жер асты суларын ескере отырып - 2,5 км³, оларды ауыл шаруашылығында пайдалану көлемі 37,7 км³ болып табылады. Су шығындары мен су жоғалтуларын ескерместен, жалпы ағын көлемі 34,6 км³ деп болжануда. Сонымен қатар, дренажды-сіңірілген және подрусловые сулардан тұратын қайтарым сулар көлемі 17,4 км³-ты құрайды.

Айта кету керек, су ресурстарының едәуір көлемі бола тұра, өңір қоршаған ортаны сақтап қалу үшін су тапшылығын сезініп отыр. Бұл келесі жағдайлармен түсіндіріледі. Ауыл шаруашылығы өндірістерінің интенсификациясы өңірдегі өзен су ресурстарын сарқылуына әкелді. 1965 жылдан 1987 жылға дейінгі кезең экологиялық тепе-теңдікті және эколого-экономикалық жүйелерді сақтау үшін ең қолайсыз кезең болып саналады. Жерді игеру және ұсақ ирригацияны дамыту жоспары, ол өңірдің экожүйесіне антропогендік әсердің күшеюіне әкелген, дәл осы кезеңде жүзеге асырылды.

Адам әрекетінің әсерінен өзеннің су режимінің өзгеруі оның табиғи режимінен айырмашылығы бар және бұл түсінікті себеппен түсіндіріледі; ол табиғи жағдайлармен емес, шаруашылық қызметінің нәтижесінде болды, бұл қысқа уақыт ішінде өзеннің ғасырлар бойы қалыптасқан режимін түбегейлі өзгертуге әкелді.

Аталған кезеңдегі шаруашылық-антропогендік қызмет тез қарқынмен дамыды, бұл су ресурстарын шамадан тыс реттеу мен пайдалану сияқты көптеген процестерге айтарлықтай әсер етті. Сонымен қатар, Приарал аймағындағы табиғи орта жағдайлары деградация процесіне әкелді.

1960-1970 жылдары өзен бассейнінде ескі суару жүйелерін кеңейту және жаңа жартылай шөлейт және шөлді жерлерді игеру бойынша ірі су шаруашылығы шаралары жүргізілді. Ферғана алқабының (шамамен 750 мың га), ЧАКИР (шамамен 220 мың га), Ашық дала (50 мың га) және Дальверзин дала алқабының (35 мың га) суару жүйелері қайта құрудан кейін айтарлықтай кеңейтілді, олардың жалпы алаңы 1055 мың гектарға жетті. Жаңа суару каналдары салынды, негізінен, су өткізбейтін қабықшасыз, бұл судың қайтымсыз шығындарын арттырды, сондай-ақ гидротехникалық құрылымдар, суару жүйелеріне су бөлу қамтамасыз ететін, өзеннің табиғи гидрологиялық режимін өзгертіп жіберді.

Осы уақытта өзеннің ағындысын реттеу бойынша шаралар да қабылданды, оның ішінде ірі су қоймалары гидроқұрылымдарын салу. 1955 жылдан 1980 жылға дейін Кайраккум (1956 ж.), Шардарин (1965 ж.), Шарвак (1970 ж.), Токтогул (1975 ж.) және Андижан (1978 ж.) су қоймалары сияқты құрылымдар салынды, олардың жалпы пайдалы сыйымдылығы шамамен 35 км³ болды, бұл өзеннің орташа жылдық ағындысымен салыстырылатын көлем.

Су қоймаларын салумен бірге оларды қызмет көрсету үшін суару жүйелері мен магистральды каналдар іске қосылды: Үлкен Ферғана каналы, өткізу қабілеті 150 м³/с, Солтүстік Ферғана каналы – 100 м³/с, Оңтүстік Ферғана каналы – 85 м³/с, Шахрихан бағыты үшін суаруға бағытталған арна – 50 м³/с, Үлкен Андижан каналы – 300 м³/с, Оңтүстік Голодностеп каналы – 300 м³/с, Солтүстік Голодностеп каналы – 130 м³/с, Дальверзин каналы – 78 м³/с, Новошиелийский МК – 122 м³/с, Келинтьубинский МК – 25 м³/с, Қызылорда сол жағалауы МК – 210 м³/с, Қызылорда оң жағалауы МК – 80 м³/с, Казалинский сол жағалауы МК – 100 м³/с және басқа да каналдар.

Қазіргі уақытта өзен бассейнінде әр түрлі мақсаттағы 100-ден астам каналдар (магистралды, аралық, шаруашылықтық және т.б.) пайдаланылады,

олардың жалпы ұзындығы шамамен 75 мың км-ге жетеді. Сондай-ақ, коллекторлы-дренаждық жүйелер мен ағызар коллекторларының кең желісі бар, олардың жалпы ұзындығы 55 мың км-ден асады. 1950 жылдан 1995 жылға дейін өзен бассейніндегі суару алаңы екі есе ұлғайып, 10,14 миллион гектарға жетті.

Бұл кезең ішінде өңірде суарылатын жерлердің алаңы 94%-ға артты; онжылдықтар бойынша бұл ұлғаюлар келесідей болды: 1950-1965 жж. – 12%; 1965-1975 жж. – 20%; 1975-1985 жж. – 44%; 1985-1995 жж. – 25%; бұл экологиялық жүйелер үшін артық жүктеме болып табылады.

Сондықтан Арал теңізі бассейні аймағындағы қоршаған табиғи ортаның экологиялық жағдайының нашарлауы өзен бассейніндегі суарылатын жерлердің шектен тыс кеңейуінің тікелей нәтижесі болып табылады.

1960 жылдан 2005 жылға дейін суарылатын жерлердің кеңейу динамикасы көрсеткендей, өңірде жаңа жерлерді енгізу қарқыны өте жоғары болды (кесте 3.4). Жыл сайын шаруашылық айналымына 1,2-ден 2,8 миллион гектарға дейін жаңа жерлер енгізілді, ал бұл көрсеткіш Тәжікстан мен Өзбекстанда рекордтық деңгейге жетті – сәйкесінше 3,4% және 3,3%, бұл табиғи ресурстарды өндіріске енгізудің жылдық экологиялық тұрғыдан қолайлы деңгейі бойынша 7 – кестеге сәйкес Реймерстің «1% ережесіне» қайшы келеді.

Русовалық шығындар мен булану есебінен дельта мен табиғи-экологиялық жүйелерді суару үшін Арал теңізінің деңгейін сақтау үшін жылына шамамен 10 км³ су қажет, бұл Аралмаңы аймағының гидроэкологиялық жағдайын белгілі бір дәрежеде қолдап отырды.

Кесте 7 – Суармалы жерлердің 1950–2005 жылдар аралығындағы ұлғаюы (мың га/өсім %, сызықша -алаңдардың қысқаруы)

Ел	Кезеңдер				
	1960 дейін	1960-1975	1976-1985	1986-1995	1996-2005
Өзбекстан	2226	2639/18	3006/14	3930/31	5207/33
Қырғызстан	937	861/-	911/6	1009/11	595/-
Тәжікстан	361	468/30	567/24	653/15	874/34
Қазақстан	1393	1368/-	1618/18	2172/34	1658/-
Барлығы	5226	5850/12	6921/18	8871/28	10141/14

Жағдайдың нашарлауы 1971 жылдан 1985 жылға дейінгі кезеңде орын алды. Біріншіден, аймақта ұзақ уақыт бойы су тапшылығы болды. Екіншіден, су тұтынудың үлесі 35,1 мың м³/га-ға дейін төмендегеніне қарамастан, суарылатын жерлердің ауданы 199 мың га-ға дейін ұлғайды. Суару үшін қажетті сток көлемі жылына 7 км³-ға жетті.

Шардаринск су қоймасынан төмен кезеңде жылына 8,9 км³ су төгіліп, оның ішінде экологиялық қорғау үшін қажетті су мөлшері 1,9 км³/жыл болды, бұл қоршаған ортаны қолдау үшін жеткіліксіз еді.

Осылайша, Арал теңізі алабындағы су балансының талдауы мен бағалауы келесі су шаруашылығы өзгерістерін көрсетті: Қарастырылған кезеңде Сырдария өзенінің жылдық орташа сток көлемі 37,2 км³ болған кезде экономика су ресурстарымен, негізінен, қажетті деңгейде қамтамасыз етілді, бірақ Арал теңізінің су ресурстары айтарлықтай шектелді. Теңіздің экожүйесін қолдау үшін экологиялық қорғаныс суы жыл сайынғы су тұтыну жоспарына енгізілмеді.

Су тапшылығы жылдарында тек суарылатын ауыл шаруашылығы сақталды, ал басқа су тұтынушылар су ресурстарында өткір тапшылықты сезінді. Теңіз бұл кезеңнің дерлік барлық уақытында теріс балансқа ие болды.

Аралмаңы экожүйесінің деградациясының негізгі факторы - теңіздің біртұтас су айдыны ретінде жоғалуы және Сырдария мен Амудария өзендерінің төменгі ағыстарынан табиғат қорғау су босатудың қысқаруы.

Осылайша, қазіргі даму кезеңінде жағдайды шешу үшін аймақтың су- жер ресурстарын тиімді әрі кешенді пайдалану керек, бұл қоршаған ортаның табиғи тепе-теңдігін сақтау мақсатында жүзеге асырылуы тиіс. Су және жер ресурстары – адамзат тіршілігінің негізі болып табылатын стратегиялық маңызы бар табиғи байлықтар. Бұл ресурстарды тиімді пайдалану мен басқару – қазіргі кезеңдегі ең өзекті мәселелердің бірі. Ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп, коммуналдық шаруашылық пен энергетика салалары су мен жер ресурстарына тікелей тәуелді. Сондықтан бұл ресурстарды басқару мен пайдалануды жоспарлау кезінде тек экономикалық тиімділік пен халықтың әлеуметтік қажеттіліктерін ғана емес, сонымен қатар табиғаттың шектеулі мүмкіндіктерін де ескеру аса маңызды. Табиғи жүйелердің өзіндік қалпына келу мүмкіндігі мен төзімділігі белгілі бір деңгейден аспауы тиіс. Егер осы тепе-теңдік бұзылса, экологиялық апаттарға алып келуі мүмкін, мұның айқын мысалы – Арал теңізі бассейніндегі жағдай. Кең аумақтарда су және жер ресурстарын басқаруда олардың біртұтастығын сақтау басты қағида болуы қажет. Су мен жер бір-бірімен тығыз байланысты: жердің құнарлылығы, өсімдіктердің өсуі, ауыл шаруашылығы өнімділігі су ресурстарының сапасы мен қолжетімділігіне тәуелді. Сонымен қатар, ирригациялық жүйелер мен мелиорациялық іс-шаралардың дұрыс ұйымдастырылмауы топырақтың тұздануына, эрозияға және шөлейттенуге әкелуі мүмкін. Сондықтан ресурстарды басқару тек жекелеген салаларға бағытталмай, экожүйе аясында кешенді түрде қарастырылуы тиіс. Су- жер ресурстарын тиімді басқару үшін ғылыми негізделген, аймақтық ерекшеліктерді ескеретін жоспарлау қажет. Бұл ретте табиғи-шаруашылық жүйелердің тұрақтылығын сақтай отырып, халықтың тұрмысын жақсарту, азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету және өндірістің экологиялық қауіпсіздігін арттыру негізгі мақсаттар болып саналады. Сонымен бірге, трансшекаралық су ресурстарын әділ әрі тиімді бөлу, суды үнемдейтін технологияларды енгізу, мелиорациялық жүйелерді жаңғырту сынды шаралар да үлкен маңызға ие. Қоршаған ортаның жағдайын жақсарту, табиғи ресурстарды сақтап қалу үшін су және жер ресурстарын біріктіріп басқаруға негізделген интеграциялық тәсілдерді дамыту қажет. Бұл экожүйелердің тепе-теңдігін сақтауға, табиғат пен адамзат мүдделерін үйлестіруге мүмкіндік береді [3].

2.3 Арал теңізінің деградациясы және оның себеп-салдарлық байланыстары

1960 жылдан бастап Өмудария мен Сырдария өзендерінің бассейнінде кең ауқымды су шаруашылығы шаралары (үлкен су қоймалары арқылы өзендердің ағысын реттеу, жаңа жерлерді суару үшін игеру және т.б.) жүзеге асырылды, бұл Орталық Азияның кең аумағында болжауға болмайтын экологиялық салдарларға алып келді. Кейінірек белгілі болғандай, Өмудария мен Сырдария өзендері тарихи мақсатын орындауды тоқтатты - Арал теңізін суару, ал ғасырлар бойы қалыптасқан гидроэкологиялық тепе-теңдікті сақтау мүмкін болмады, нәтижесінде теңіз өзін-өзі реттейтін су-тұз режимімен географиялық нысан ретінде жойылып кетті. Нәтижесінде аймақтың климатында құрғақшылық пен континенттіліктің артуы байқалды, әсіресе теңіз жағалауынан 60 километрлік жерде. Теңіз түбінің құрғауымен байланысты шанды дауылдар әдеттегі құбылысқа айналды, олардың жиілігі айтарлықтай артты. Бұл барлық процесс ғаламдық жылу мен ылғал алмасу аномалиясы мен жаһандық ауқымдағы жауын-шашын мөлшерінің өзгеруі фонында жүрді.

Бұл өзгерістердің себеп-салдарлық негіздері мен байланыстары отандық және шетелдік әдебиетте әртүрлі ғылыми бағыттар бойынша мамандар тарапынан жеткілікті түрде талданған.

Негізгі себеп, 1965 жылдан бастап аймақта ирригацияның дамуы салдарынан Өмудария мен Сырдария өзендерінен Арал теңізіне құйылатын су ағыны соншалықты азайып, оның деңгейін сақтау мүмкін болмай қалды. Санитарлық су шығару және экологиялық су беру іс-шаралары, яғни өзендердің дельталарына және жағалаудағы көл жүйелеріне биоәртүрлілікті сақтау үшін қажетті су мөлшері екінші орынға қойылып, олардың су қамтамасыз етілуі қалдық принципі бойынша жүргізілді.

Аз су алынатын және орташа су алынатын жылдарда өзендердің дельталарына тек минималды су мөлшері жіберілді, ол өзендердің сағасына дейін жетіп, теңізге жетпей қалды. Өмудария мен Сырдарияның су ресурстарын осылайша бөлу, өзендер бассейніндегі антропогендік жүктемелердің күшеюі жағдайында салыстырмалы түрде қысқа уақыт ішінде (1960 жылдан 2002 жылға дейін) Арал теңізінің барлық гидрологиялық-гидрографиялық параметрлерінің қайта қалпына келмейтін өзгерістеріне әкелді. Теңіздегі су көлемі жартысынан көпке азайып, соның салдарынан оның тереңдігі мен су бетінің ауданы айтарлықтай төмендеді.

Арал теңізі 1965 жылы су деңгейі 53 м абс бойынша келесі параметрлерге ие болды:

- Үлкен теңіз алаңы - 60,1 мың км², көлемі - 991,0 км³;
- Кіші теңіз алаңы - 5,65 мың км², көлемі - 70,0 км³.

1987 жылы теңіз су деңгейі 39 м болғанда, ол Берг перешеки бойынша екі бөлікке бөлініп, екі су айдынын қалыптастырды. Олардың параметрлері келесідей болды:

- Үлкен теңіз алаңы - 36,7 мың км², көлемі - 360 км³;

- Кіші теңіз алаңы - 3,1 мың км², көлемі - 21,6 км³.

1965 жылдан 1986 жылға дейін теңіз деңгейі 14 м-ден астам төмендеді. Су деңгейінің жылдық құлауы 0,8-1,1 м аралығында болды, бұл өз кезегінде су бетінің алаңын 40%-ға, ал көлемін 64%-ға азайтуға әкелді.

2012 жылдың соңында Арал теңізінің құрғаған түбі шамамен 11,2 мың км² (барлық алаңның 17%-ы) болды, ал көлемі 90,5 куб км (немесе 9%), ал атмосфераға аймаққа түсетін құм, тұз және ұсақ дисперсті шаңның жалпы салмағы 185 мың т/жылға жетті (әртүрлі бағалаулар бойынша бұл көрсеткіш 75 мыңнан 250 мың т/жылға дейін өзгеріп отыр).

Үлкен Аралдың суындағы орташа тұздығы 10%-дан 31%-ға дейін артты, бұл теңіздегі судың тұщы балықтар үшін жарамсыз екенін білдіреді. Теңіздің жағалау сызығының оңтүстік және шығыс бөлігінде 30-100 км аралығында артқа шегінді.

Теңіз суында балықтар мен микроорганизмдер үшін зиянды улы ластаушы заттар пайда болды, бұл теңіздегі коммерциялық балықтардың жойылуына себеп болды. Міне, бұл 90-шы жылдардың басына қарай теңіз бассейнідегі су шаруашылығы жағдайының қысқаша сипаттамасы.

Осы жағдайда 1990 жылы ғылыми әлем Арал теңізін біртұтас су акваториясымен және экология үшін қабылданатын су деңгейімен сақтау мәселесіне қатысты "ми шабуылы" жасалды. "Арал" деп аталатын ғылыми-зерттеу байқауы жарияланып, жетекші ғылыми ұйымдарға, авторлық топтарға, жеке ғалымдар мен мамандарға Арал дағдарысынан шығудың жолдарын іздеуге белсенді қатысуға мүмкіндік берілді.

Конкурсқа өте белсенді жауап берілді, көптеген концепциялар мен теңізді құтқару және бүкіл аймақты қайта құрудың әртүрлі нұсқалары ұсынылды. Барлығы 219 конкурс жұмысы ұсынылды, олар су шаруашылығы, экологиялық-экономикалық, әлеуметтік-экономикалық және медико-гигиеналық мәселелердің толық спектрін қамтыды.

Барлық жұмыстарда дағдарыстан шығудың түрлі жолдары көрсетілген, сондай-ақ теңіздің деңгейін қалпына келтіру және оның біртұтас су акваториясын сақтап қалу бойынша өте қызықты сценарийлер ұсынылды. Конкурс жұмыстарының көбінде Арал теңізіне су ағысының қалпына келтіру жолдары келесідей ұсынылған:

1. Аймаққа су ағынының бір бөлігін көрші алаптардан: Сібір өзендерінен немесе Волга өзенінен немесе Каспий немесе Қара теңіздерінен су жеткізу арқылы дотация беру.

2. Сырдария мен Әмудария ағындарын жоғары таулы мұздықтардың ерітілуін жасанды түрде күшейту немесе Сарез көлінің сияқты жоғары таулы су қоймаларының бір реттік ағызылуы арқылы ұлғайту.

3. Орта Азия өзендеріне су ағынын арттыру үшін, негізінен ірі егіс массивтері астындағы тұщы су қабаттарының айтарлықтай артқан қорларын оларды суару арқылы жасанды түрде насоспен жеткізу, сонымен қатар Амудария бойымен коллекторлар құрылысын салу арқылы коллектор-дренажды суды ағызуды қосуды қарастыру.

4. Тауларда қыстағы жауын-шашынды жасанды түрде көбейту, оның мақсаты - таулы мұздықтардың көлемі мен ауданын қалпына келтіру, демек, Памир мен Тянь-Шань таулы жүйелерінің су қалыптастыру күшін қалпына келтіру.

5. Арал теңізіне ағынды суды ұлғайту үшін өзен алабының ішкі қорларын пайдалану және тағы басқа.

Жалпы алғанда, теңіз деңгейін тұрақтандыру және оны сақтау бойынша ұсыныстарды үш негізгі топқа бөлуге болады:

- сыртқы көздерден су жеткізу;
- жауын-шашындарды жасанды түрде көбейту және климатты өзгерту;
- өзен, жер асты сулары мен басқа да су қорларын пайдалану.

Алайда уақыт көрсеткендей, ғылыми әлемнің осы бағыттағы күш-жігерлері қалаған нәтижелерге жеткен жоқ. Бұл тек конкурс жұмыстарының деңгейінің төмендігі немесе ұсынылған концепциялардың қабылданбауы емес, басқа себептермен болды.

Бұл жерде конкурс жұмыстарының барлық артықшылықтары мен кемшіліктерін және сол уақыттағы су шаруашылығы жағдайын толық талдауды қарастыру көзделмеген, біріншіден, бұл үлкен көлемді қажет ететін еді, екіншіден, бұл мәселелер баршаға белгілі. Мұнда басқа міндет қойылған - болашақта маңызды болатын кейбір жұмыстарының талдауы, олар су шаруашылығы шараларын әзірлеудің әдістемелік негізі бола алады, сонымен қатар экологиялық жағдайды тұрақтандыру мақсатында Қазақстанның Арал теңізінің бөлігіндегі су шаруашылығын ұйымдастыруға арналған шараларды әзірлеу.

Конкурсқа түскен жұмыстардың көпшілігі аймақта ирригациялық жүйелерді қайта құру қажеттілігін атап өтеді. Бұл бағыт бүгінгі күнге дейін өзекті болып отыр, бірақ нақты шешімдер бағдарламасы жоқ. Қазақстан 2014 жылы 2040 жылға дейін су ресурстарын басқарудың Мемлекеттік бағдарламасын қабылдады, онда магистральды арналардағы су тұтынуды тиімділігін арттыру үшін ирригациялық жүйелерді қайта құру арқылы 2020 жылға қарай 11%-дан 8%-ға және 2040 жылға қарай 5%-ға дейін төмендету қарастырылған.

Конкурс жұмыстарында Арал теңізінің суын тұзсыздандыру мәселелері дәстүрлі және дәстүрлі емес әдістермен қарастырылған.

Дәстүрлі әдіс бойынша, тұзсыздандырушы ретінде теңіздің батыс, терең бөлігі ұсынылады, оған су Шығыс Аралдан келуі керек. Бұл үшін қазіргі бұғаздарды бөгеп, суды Шығыс Аралдан батыс бөлігіне ағызып жіберу үшін су ағызу құрылғыларын салуды ұсынады.

Сонымен қатар, теңіз суының минералды құрамын төмендетудің дәстүрлі емес әдістері де ұсынылған (мысалы, электролиз арқылы тұзсыздандыру), бұл, өз кезегінде, терең ғылыми негіздеуді талап етеді.

Екінші бағыт - тұздардың олар пайда болатын жерлерде бекітілуі. Бұл тұзданған топырақты тұзсыздандыру мәселесінен айтарлықтай күрделі әрі принципті түрде өзгеше проблема, оны мамандар фитотехникалық тәсілдермен және орманмен жайқалту арқылы шешуді ұсынады, оның өзектілігі жыл сайын

артып келеді. Қазақстанның Арал теңізінің бөлігінде фитотехниканы қолданудың мүмкіндіктері зерттелуде және теңіз акваториясының локалды учаскелерінде тәжірибелік сынақтар жүргізілуде.

Академик В.А. Духов басқаратын топ ұсынған концепция табиғат қорғау шараларының кешенін қамтиды, ол суармалау, дельтаны қалпына келтіру, балық шаруашылығын және мал шаруашылығын дамыту бойынша іс-шараларды ұсынады. Бұл шаралар авандельта жүйесін, дамып келе жатқан польдерлер мен суқоймалардың (вентландтардың) тізбегін құруды, сондай-ақ ашылған теңіз түбін фитотехникалық әдістермен қалпына келтіруді қамтиды. Осы бағытта Амудария және Сырдария дельталарында қазіргі уақытта белгілі бір жұмыстар жүргізілуде: бірқатар польдерлік жүйелер және бірнеше суқоймалар (Аджибай, Жылтырбас және басқалары) құрылды.

Болашақта осындай іс-шаралар Сарышығанақ шығанағындағы Кіші Аралда да жоспарлануда. Бірақ польдерлік жүйелер, суқоймаларды және фитотехникалық жұмыстарды бұрынғы теңіз түбінің ашылған аймақтарына енгізу ауқымы өте шағын, оларды бұрынғы теңіз акваториясының барлық аумағында кешенді түрде жүргізу қажет.

Бұл шаралардың Призарлье аймағын қалпына келтірудегі маңызы мен қажеттілігін бағалау қиын, себебі бұл қазіргі уақытта (сыртқы су көздерінен су беру басталғанға дейін) Арал теңізінің Қазақстандық бөлігінде экологиялық жағдайды тұрақтандыру үшін бар қолда бар су ресурстарының көмегімен жүзеге асырылатын жалғыз жол болып табылады.

Көптеген концепцияларда сапалы жаңа деңгейде мониторинг ұйымдастыру және аэроғарыштық мониторинг жүйесін құру қажеттілігі атап көрсетілген. Бұл да өте маңызды мәселе.

Ұсынылған концепциялардың негізінде дағдарыс жағдайынан шығудың стратегиясы негізделді, оның негізгі аспектілері жарияланған.

Конкурсқа түскен жұмыстарды талдау көрсеткендей, Арал дағдарысынан шығудың түрлі жолдары бар, бірақ олардың көбі қажетті есептеулер мен схемалармен негізделмеген.

Арал теңізінің құрғауы экологиялық тұрғыдан өте ауыр, қайтымсыз процестерді тудырады. Аймақта екі есе шөлдену үдерісі жүріп жатыр. Біріншісі - теңіздің құрғаған түбінің пайда болуы, екіншісі - Амудария мен Сырдария өзендерінің орта және төменгі ағыстарында жасанды батпақтану. Нәтижесінде ұлы шөлдер белдеуінің ортасында жаңа «Аралкүм» шөлі пайда болды. Бұл шөлдің қауіптілігі оның тұзды топырақтан тұратынында, ол ұсақ дисперсті теңіз шөгінділері мен суармалы егістік алаңдарынан шайылып шыққан минералды қалдықтардан тұрады.

Қазіргі уақытта бұрынғы Арал теңізінен тек екі су айдыны қалды, оның оңтүстік бөлігінде су соншалықты тұзды, тіпті балықтар да жоғалып, нәтижесінде бұрын гүлденіп тұрған балық аулау флоты да тоқтап қалды. Бұрынғы жағалаудағы балықшы қалалар, елді мекендер мен ауылдар шаруашылық дағдарысты бастан кешіруде. Теңіздің құрғаған түбінің үлкен

учаскелері ашылды; жел тұзды және улы заттарды ауаны көтеріп, оларды аймаққа таратады, бұл адамдардың денсаулығына елеулі әсер етеді.

2005 жылы салынған Көкарал бөгеті арқасында осы су айдынының солтүстік бөлігінің алаңы жылдам өсе бастады, ал судың тұздылығы төмендеуде. Көкарал бөгеті – Арал теңізін қалпына келтіру бағытында жүзеге асырылған ең ірі экологиялық жобалардың бірі. Бұл бөгет Қазақстан Республикасы мен Дүниежүзілік Даму Банкі арасындағы серіктестік негізінде 2005 жылы пайдалануға берілді. Жобаның басты мақсаты – Солтүстік Арал теңізінің (Кіші Арал) су деңгейін тұрақтандыру және экожүйені қалпына келтіру арқылы аймақтың әлеуметтік-экономикалық жағдайын жақсарту болды. Көкарал бөгеті Сырдария өзенінің Арал теңізіне құяр тұсында салынған. Бұған дейін өзеннің суы тікелей Үлкен Аралға ағып, теңіз толыққанды қоректенбей келген. Ал бөгет арқылы Сырдария суы Кіші Аралда ұсталып, теңіз деңгейі көтеріле бастады. Нәтижесінде, бірнеше жыл ішінде теңіз суының көлемі айтарлықтай артты, тұздық деңгейі төмендеп, бұрынғыдай балық түрлері қайта пайда бола бастады. Балық шаруашылығы жанданып, Арал маңындағы халықтың тұрмыс-тіршілігі жақсарды. Сонымен қатар, бөгеттің арқасында ауа райының жергілікті өзгерістері байқалды – ылғалдылық артты, өсімдіктер жамылғысы көбейді. Бұл экологиялық жобаның табысты жүзеге асуы Арал өңірін тұрақты дамуға бастайтын нақты қадам болды. Көкарал бөгеті – Арал апатының салдарын жоюдағы үлгілі мысал ретінде танылып отыр. Қазіргі уақытта мұнда балық популяциялары мен батпақтанған жерлер қалпына келуде және экономикалық жаңару белгілері пайда болуда. Оңтүстікте орналасқан екі үлкен су айдынының өлі аймаққа айналмауы үшін, Амудария өзенінде бұрын су жеткізген жаңа гидротехникалық құрылыстарды салу қажет. Мұндай жоспарды іске асыру үшін екі өзен бассейніне орналасқан мемлекеттердің өзара келісімді саяси шешімдері қажет. Орта Азия елдері тарапынан Арал теңізінің бассейніндегі экологиялық жағдайды жақсартуға бағытталған шаралар қазіргі уақытта жеткілікті нәтиже бермей отыр [3].

2 Арал теңізін зерттеу әдістері

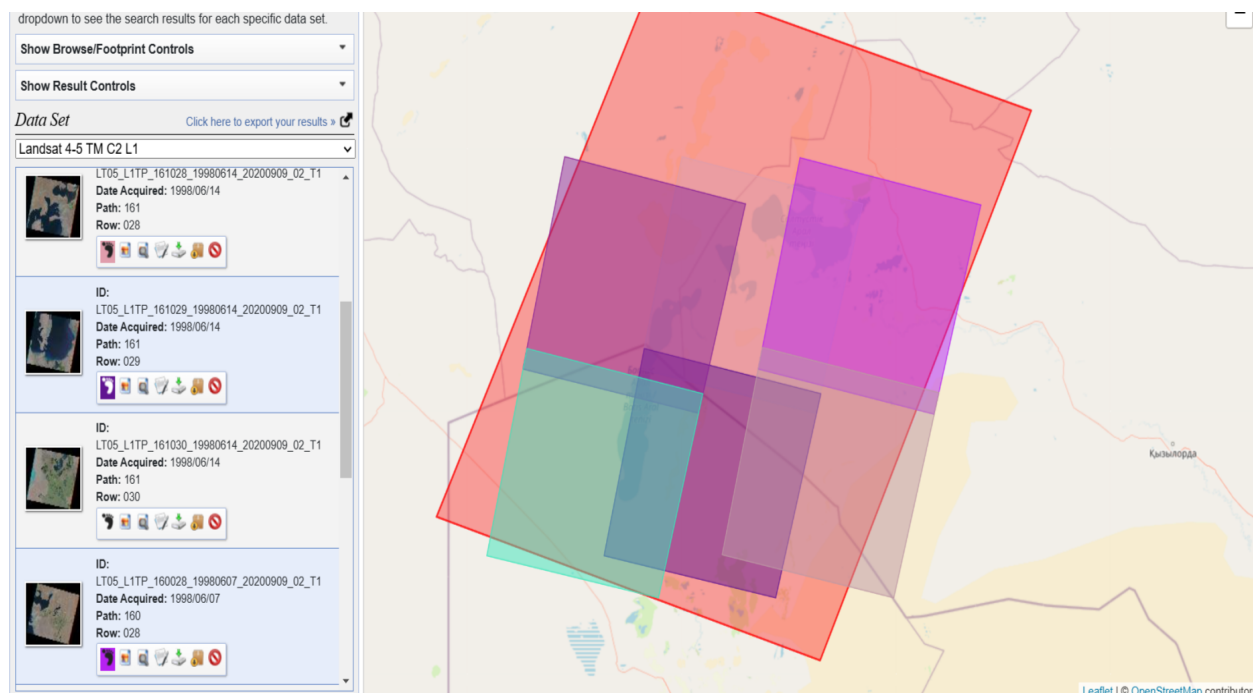
3.1 Бастапқы кеңістік мәліметтерімен жұмыс

Жерді қашықтықтан зондтау жер бетіндегі объектілердің жақсы немесе жаман күйге ауысу мониторингін үнемі бақылап отыруға, олардың қауіптерін алдын-ала анықтауға және оны болдырмауға мүмкіндік береді. Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың экожүйесін бағалауға зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін Landsat ғарыштық суреттерінен 1977-2024 жыл аралығындағы теңіздің аудан өзгерістері мен экологиялық жағдайын анықтадық. Арал теңізінің судың тартылу мәселесі басталған жылына байланысты ең бірінші ғарыштық суреттерді жүктеу мақсатында Landsat 1-5 MSS, одан кейін технологиялардың жаңартылуына байланысты Landsat 4-5 TM және қазіргі таңдағы соңғы технология Landsat 8-9 OLI/TIRS деректерін Earth Explorer онлайн платформасынан алынды.

Earth Explorer – бұл ғалым, географ, зерттеуші және т.б. мамандарға жер бетіндегі табиғи, экологиялық және климаттық процестерді зерттеуге керек кең көлемді ақпараттарды ұсынатын АҚШ Геологиялық Қызметінің веб-платформасы (USGS). Веб-платформа сандық жер бедері модельдері (DEM), радиолокациялық деректер, аэроғарыштық түсірістер және т.б. мәліметтерді Landsat, MODIS, сонымен қатар Sentinel спутниктерінің көмегімен алынған деректерді қамтиды. Бұл веб-платформа студенттер мен зерттеушілерге тегін қолжетімді түрде картографиялық мәліметтерді зерттеуге қолайлы интерфейспен жұмыс жасау мүмкіндігін береді. Пайдаланушы картадан қызығушылық аумағын полигонмен белгілеу немесе координатасын қолмен енгізу, сонымен қатар ізденіс қажет тудырған уақыт аралығын және бұлт жамылғысының пайызын белгілеп, өзгеде параметрлерін өзгерту арқылы дәл әрі мақсатты түрде зерттеуге мүмкіндік береді. Әр түсірістің метадеректері мен толық сипаттамасы болғандықтан, оларды әртүрлі өңдеу жұмыстары мен талдау жұмыстарын жүргізуге болады.

Платформаны қолдану барысында, бірінші қадам, платформаға тіркелу қажет. Екінші қадам, ізденіс көрсеткіштерін (search criteria) толтырамыз, соның ішінде Геокодтау (Geocoder) арқылы зерттеу нысанымызды іздейміз, ал KML/Shapefile Upload арқылы пайдаланушылар өздерінің географиялық деректерін жүктеу арқылы зерттеу немесе талдау жұмыстарын жүргізе алады. Менің зерттеу жұмысынымның нысаны Арал теңізі болғандықтан Дүниежүзілік (World) аумақты таңдаймын және 3.1-3.3 – суреттерде көрсетілгендей Көпбұрыш (Polygon) әдісі арқылы қызығушылық аумағымның шекарасын белгілеп, барлық алынған деректерде тамыз айын, ал бұлт жамылғысының 20%-ға дейін көрсеткіштері арқылы ізденіс жұмыстарын жүргіздім. Осындай көрсеткіштермен 1977 жылдан бастап 2024 жылға дейінгі өзгеріс болып отырған суреттерді GeoTIFF түрінде жүктеп алдым.

Landsat 1-5 MSS (Multispectral Scanner System) ең алғашқы алты спектрлік арна қамтыған, географиялық және экологиялық мәселелерді анықтаған, 1972 жылдан бастап 1992 жылға дейін жердің мониторингін ұзақ мерзімде жүргізген

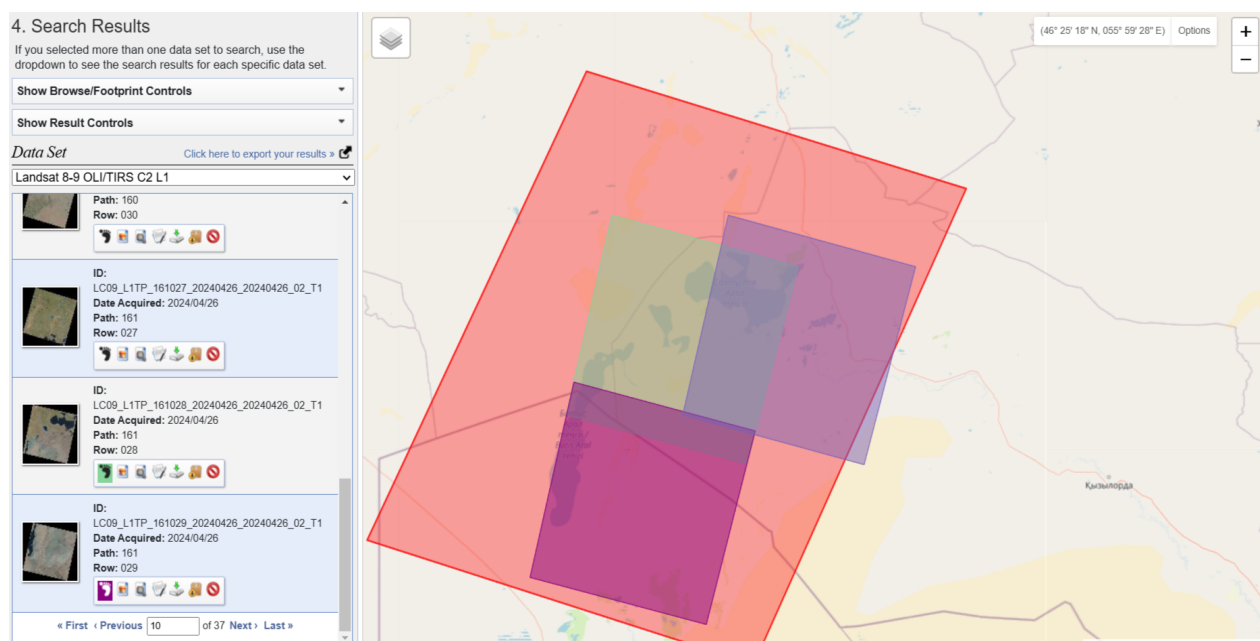


7 - сурет – USGS-дан Earthexplorer-дағы Landsat 4-5 TM сандық биіктік деректер жинағы

Landsat 8-9 спутниктері ең жоғары кеңістіктік шешім мен жоғары спектрлік сезімталдықты қамтиды. Landsat 8 2013 жылы, ал Landsat 9 2021 жылы өз жұмыстарына кірісіп бастады және әлі күнге дейін істен шықпады. Олар ең соңғы технология OLI/TIRS (Operational Land Imager / Thermal Infrared Sensor) жүйесін қолданады. Operational Land Imager жүйесі кеңістіктік шешімділігі 30 м, 9 спектрлі арнаны қамтиды және экологиялық, географиялық нысандарды толық зерттеуге мүмкіндік береді. Thermal Infrared Sensor жүйесі кеңістіктік шешімділігі 100 м, инфрақызыл спектрді қолданады және жердің температурасын өлшеу арқылы, су ресурстарын, ауыл мен орман шаруашылығын, сонымен қатар, қаланың дамуы мен климаттық жағдайларды бақылауға мүмкіндік береді. Екі жүйе қосыла жердің бүкіл қабаттарының көрінісі мен күйін толық түрде зерттеуге мүмкіндік береді.

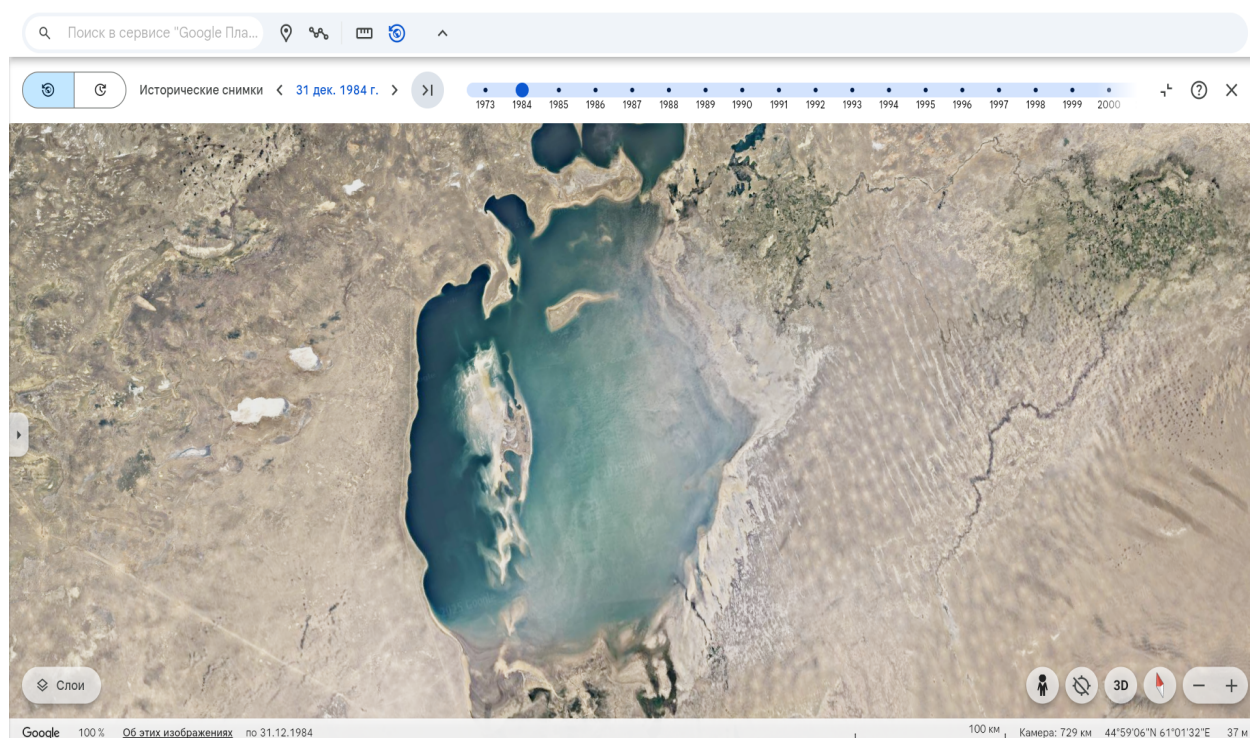
Landsat 8-9 спутниктері арқылы 2013 жылдан бастап 2024 дейінгі аэрофототүсірістерді 3 композициясы, Арал теңізінің бүкіл аумағына 8 – суретке сәйкес жеткілікті болды.

Сонымен қатар, Google Earth - бұл, Google компаниясының спутниктік суреттері арқылы жер бетін қозғалмалы глобус мүмкіншілігімен көруге болатын платформа. Бұл бағдарлама арқылы біз 1984 жылдан бастап әр жыл сайын жер бетіндегі болған өзгерістерді байқай аламыз. Бұл тегін платформа жылдарды өз қалауымызбен өзгертіп, сол бойда жер бетінің көрінісін алуға мүмкіндік береді [4].



8 - сурет – USGS-дан Earthexplorer-дағы Landsat 8-9 OLI/TIRS сандық биіктік деректер жинағы

Осы платформа арқылы тек қана Арал теңізінің шекара өзгерісін ғана емес, сонымен қатар, Арал маңындағы 9 – суретке сәйкес елді мекеннің өзгерісін көруге мүмкіндік алдым.



9 - сурет – Google Earth платформасының ғарыштық көрініс

3.2 Кеңістік мәліметтерді өңдеу

Үлкен көлемдегі теңіздің тартылуы мен оның құрғаған жеріндегі топырақтардың жағдайын және осы аумақтың маңына әкелген әсерін зерттеу, сол жердегі тұрғындар мен тіршілік үшін маңызды екені анық.

Спутниктік суреттерді өңдеу кезінде судың және топырақтың жағдайын зерттеу үшін бірнеше нормаланған индекстер қолданылады [1]. Олардың ішінде: NDSI, NDVI, NDWI, NDBI және LST көрсеткіштері.

Зерттеу аймағының экологиялық және аумаққа тигізіп жатқан әсерін зерттеу мақсатында, зерттеу нысанына сәйкес келетін индекстердің бірнеше түрі қолданылды. Олар осы таңдалған аумақтың ерекшеліктеріне, алдағы мақсаттарға байланысты және қолжетімді ресурстарға, яғни спутниктік түсірістердің тапшылығына байланысты таңдалды. Сонымен қатар, осы деректердің растылығы мен өзге ресурстармен сәйкестігі зерттелінді.

Нормаланған тұздылық айырмашылық индексі (NDSI, Normalized difference Salinity Index) – спутниктік суреттер арқылы өңдеу жұмыстарымен топырақтың тұздылығын анықтау үшін қолданылады. Ол қызыл арна мен жақын инфрақызыл арналарының айырмасының, олардың қосындысына қатынасын есептеу арқылы анықталады. Оның формуласы келесідей:

$$NDSI = (red - NIR)/(red + NIR) \quad (1)$$

яғни, NIR – жақын инфрақызыл арна,
red – қызыл арна.

Бұл формулаланы дұрыс қолданылған жағдайда, -1 ден 1 ге дейінгі мәндер өскен сайын тұздылықтың көбеюін көрсетеді, яғни индекс мәні ең шегіне жеткенде ол тұздың жер бетіне шығып тұрғанын көрсетеді.

Өсімдік жамылғысының нормаланған айырмашылық индексі (NDVI, Normalized Difference Vegetation Index) – спутниктік суреттерді өңдеу арқылы жер жамылғысының өсімдік жағдайын зерттеу үшін қолданылады. Ол екі мультиспектрлі растрлық мәліметтерді қамтитын, яғни қызыл арна, өсімдік жамылғысының хлорофилл көрсетуі арқылы және өсімдіктің шағылысуын анық көрсететін жақын инфрақызыл арналар арқылы жүзеге асады. Бұл индекс формуласында, жақын инфрақызыл арнаның қызыл арнадан айырымының, олардың қосындысына қатынасы арқылы есептеледі:

$$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED) \quad (2)$$

осы формулада, NIR – жақын инфрақызыл арна,
RED – қызыл арна.

Осы әдіс, жер бетіндегі өсімдіктердің өсу жағдайын қай аймақта жақсы дамып келе жатқанын және қанша аумақтың ауыл шаруашылығына пайдалы екенін көрсетеді.

Су айырмашылығы өзгерісінің модификацияланған индексі (MNDWI, Modified Normalized Difference Water Index) – ғарыштық суреттерді өңдеу арқылы су мен құрлықты бөлу үшін қолданылады. Мұндағы есептеуде жасыл арна мен қысқа толқынды инфрақызыл арналарының айырмасы мен олардың қосындысының қатынасы MDWI мәнін береді:

$$MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR) \quad (3)$$

мұндағы, Green – жасыл арна,

SWIR – қысқа толқынды инфрақызыл арна.

Жалпыға ортақ нормалар бойынша, MNDWI индексі көрсеткіші, 0,2-1 дейін - судың бетін, 0-0,2 дейін - жер бетінің су басуын, -0,3-0 дейін сусыз жердің бетін және -1 ден -0,3 дейін – құрғақшылықты көрсетеді. Бұл индекс арқылы су аумағының өзгерісін зерттеу жұмыстарын жүргізу үшін қолданылады.

Құрылыс өзгерістерінің нормаланған индексі (NDBI, Normalized Difference Built-up Index) – ғарыштық суреттерді өңдеу арқылы елді мекенді жерлердің құрылыс объектілерін көрсету үшін қолданылады. Бұл көрсеткіште, қысқа толқынды инфрақызыл арнасымен жақын инфрақызыл арналарының айырымының, олардың қосындысының қатынасы, бізге урбанизацияның мәнін көруге мүмкіндік береді. Қолданылатын формула келесідей:

$$NDBI = (SWIR - NIR) / (SWIR + NIR) \quad (4)$$

яғни мұнда, SWIR – қысқа толқынды инфрақызыл арнасы,

және NIR – жақын инфрақызыл арна.

Бұл әдісте, құрылыс аумағын халық көрсеткіштерімен толықтыра отырып, жердің халық тұрғынына қолайлы жағдайын көруге мүмкіндік береді. Осылайша, халықтың даму деңгейін көрсетеді.

Жер жамылғысының температурасы (LST, Land Surface Temperature) – жер бетінің ғарыштық суреттерін өңдеу арқылы жер бетінің қызу температурасын көрсетеді. Бұл көрсеткіште, жылулық арнасы (Landsat 8,9 үшін ST_10 Жылу инфрақызыл арнасы (TIRS, Thermal Infrared) және Landsat 5 үшін ST_6 Жылу арнасы (Thermal)) мен NDVI көрсеткіштерімен қоса бірнеше жұмыстар жүргізіледі, соның ішінде, TOA (Top of Atmosphere) – Атмосфера жоғарғы қабаты, BT (Brightness Temperature) – Жарқырау температурасы, Pv (Percent Vegetation) – Өсімдік жамылғысының пайызы, Em (Emissivity) – Эмиссивтілік (Сәуле шығару қабілеті) көрсеткіштерін есептегеннен кейін ғана келесі формуланы қолданамыз:

$$LST = (BT/1) + W * (BT/14380) * B(Em) \quad (5)$$

Мұндағы, BT – жарқырау температурасы,

W - эмиссивтілікпен байланысты түзету коэффициенті, оның мәндері, Landsat үшін келесідей:

Landsat 5 (LT05): $W = 0.004418$

Landsat 8 (LC08): $W = 0.003418$

Landsat 9 (LC09): $W = 0.003418$

Бұл көрсеткіш тек климаттық көрсеткішті, яғни температураның қызуын ғана бермей, жердегі тұздың топырақтың қызуын арттыру көрсеткішін алу үшін де қолданылады.

Жоғарыда Landsat ескеріп кеткендей, мен жоғарыда тізген барлық индекстерді осы спутниктік суреттер арқылы жүзеге асырып, өңдеу жұмыстарын жүргіземін.

Яғни, жоғарыда көрсетіп кеткен көрсеткіштер үшін, Landsat келесі арналарды қолданады:

Landsat 5 үшін:

- Жасыл арна (B2): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны 0.52-0.60 мкм.

- Қызыл арна (B3): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны 0.63-0.69 мкм.

- Жақын инфрақызыл арна (B4): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны 0.76-0.90 мкм.

- Қысқа толқынды инфрақызыл арна (B5 немесе B7): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны сәйкесінше 1.55-1.75 мкм немесе 2.08-2.35 мкм.

- Жылу арнасы (B6): ажыратымдылығы 120 м (қайта іріктеу 30 м дейін) және толқын ұзындығының диапазоны 10.40-12.50 мкм.

Landsat 8-9 үшін:

- Жасыл арна (B3): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны 0.53-0.59 мкм.

- Қызыл арна (B4): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны 0.64-0.67 мкм.

- Жақын инфрақызыл арна (B5): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны 0.85-0.88 мкм.

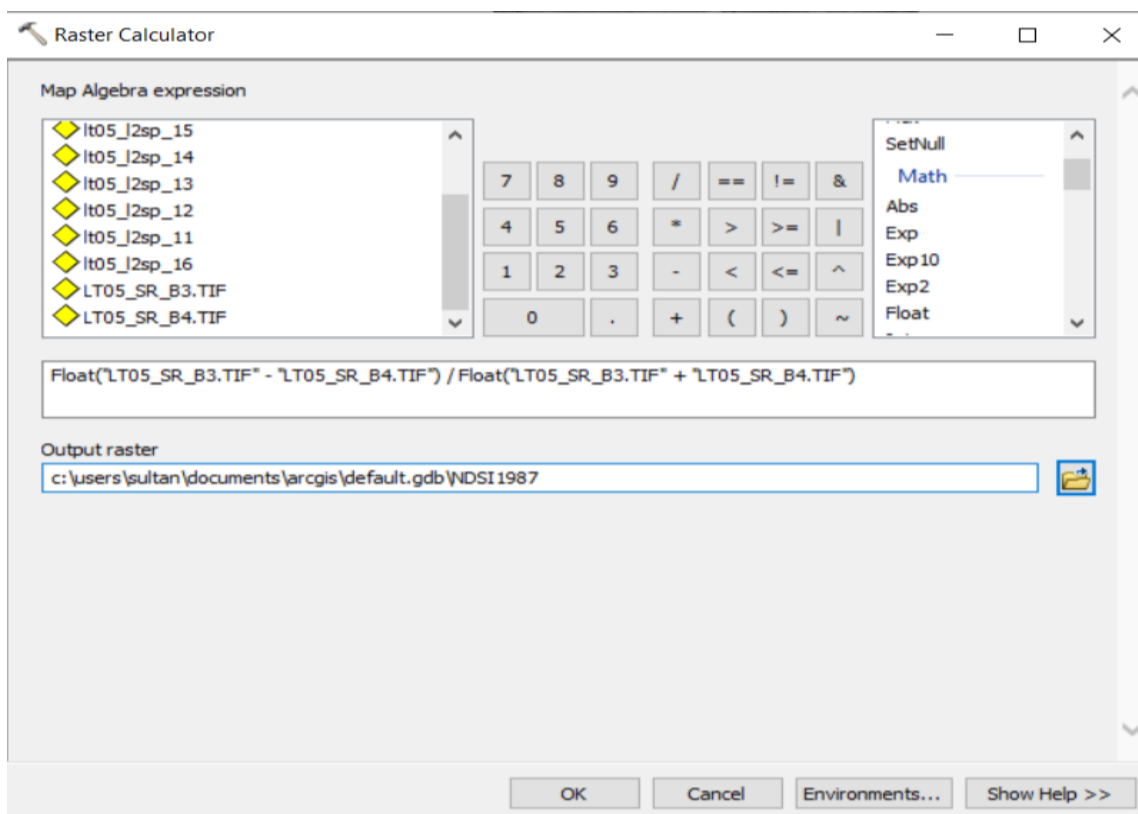
- Қысқа толқынды инфрақызыл арна (B6 немесе B7): ажыратымдылығы 30 м және толқын ұзындығының диапазоны сәйкесінше 1.57-1.65 мкм немесе 2.11-2.29 мкм.

- Жылу инфрақызыл арнасы (B10): ажыратымдылығы 100 м (қайта іріктеу 30 м дейін) және толқын ұзындығының диапазоны 10.6-11.19 мкм [4].

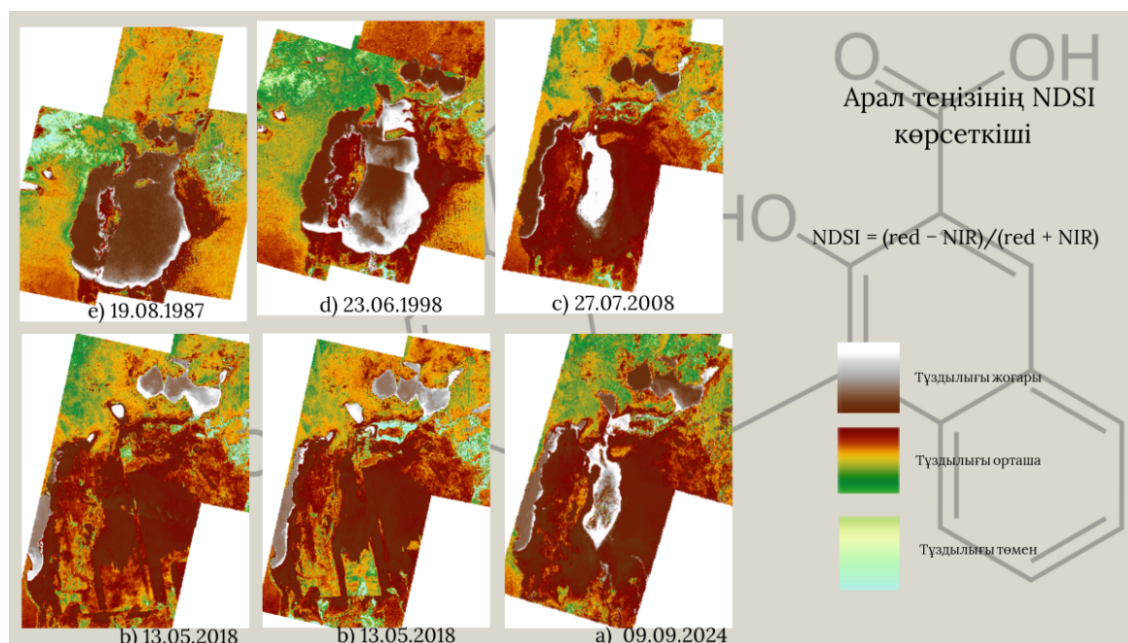
Арналарды ажыратып алғаннан кейін практикалық жұмысымды Arcgis және Google Earth Engine бағдарламаларында орындайтын боламын. Arcgis бағдарламасынан практикалық жұмысымды бастап, қабаттар бөліміне есептеу индексі көрсеткішіне байланысты арналарды каталог (Catalog) қосымшасынан қосып алынды. Келесі қадам, "Raster calculator" құралын қолдана отырып индекстерді есептеу. Аумақтың үлкендігіне байланысты, бірнеше құрамнан тұратын суреттерді біріктіру мақсатында "Мозайка" құралы арқылы біріктірілді.

1) Растрлық калькуляторда NDSI, нормаланған тұздылық айырмашылық индексі есептеу үшін (1) формулада көрсетілгендей мәндер енгізілді 10 - 11 –

суретке сәйкес, 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың NDSI индекс көрсеткіші көрсетілген.



10 - сурет – 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың NDSI индекс көрсеткіші



11 - сурет – 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың NDSI индексін есептеу нәтижесі

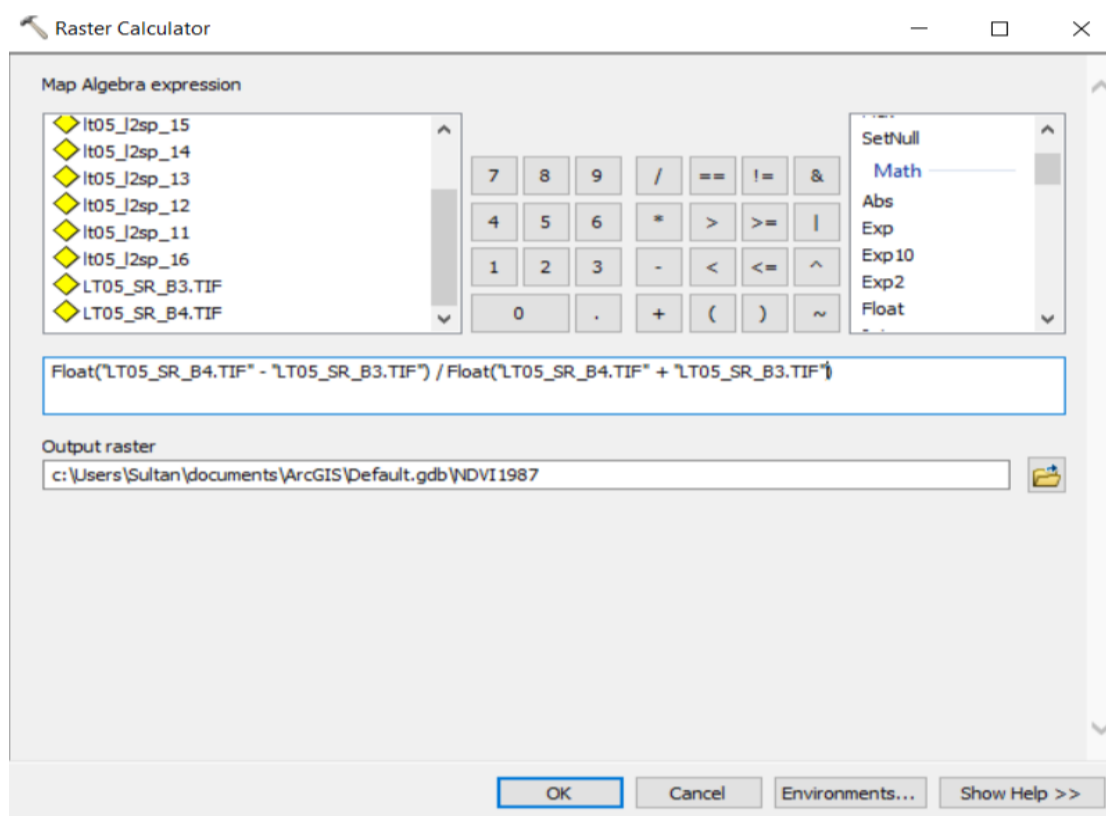
Есептеудің нәтижесінде, төмендегі кестедегідей мән аламыз. Бұның салдарлары, теңіз бетінің құрғануынан және топырақтың жалаңаштануынан болды. Тұздану басталуының бастапқы кезеңінде, көп суды қажет ететін егін шаруашылығының кесірінен Арал теңізінің көлемі азайып, жағалаулардың тартылуы себеп болды. Одан кейінгі кезеңінде, Аралда судың үздіксіз тартылуы салдарынан шөлді аймақтар пайда болып, желдің әсерінен тұздарының жиналуына әкелді, сонымен қатар, әлемдік жылыну салдарынан булану көбейді. Судың көлемі азаюы салдарынан тұзшылығы артып, тіршіліктің жойылуына әкелді. Осы себептермен қазіргі таңда, бұрынғы теңіз қалыптасқан жердің басым бөлігі жоғары тұздылыққа ие.

2) NDVI индексі есептеу үшін, растрлық калькуляторға формулада көрсетілген мәндер енгізілді. 12-суретке сәйкес, 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың NDVI индекс көрсеткіші 14-15 суретке сәйкес көрсетілген.



12 - сурет – 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың NDVI индекс көрсеткіші

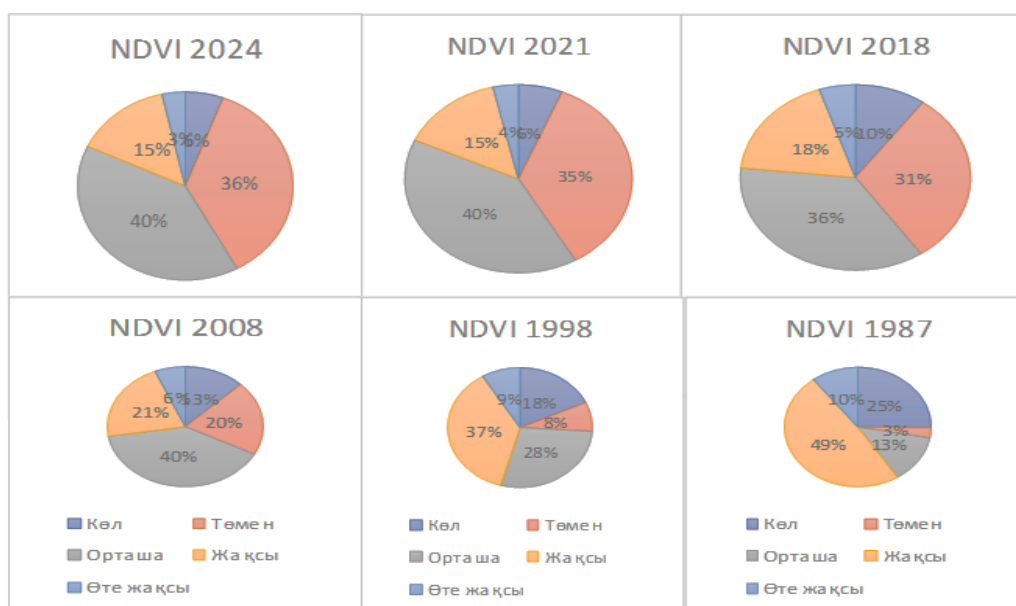
Жер жамылғысының өсімдік индексінің 6 жылдағы өзгерісін әр көрсеткіш бойынша мәнін ала отырып, судың ауданы азайған сайын, төмен көрсеткіштегі жерлердің көбейгендігін байқаймыз. Оның себебі, тартылған сулардың түбінде тұздардың жиналуы және топырақтың тұзсыздануы. Сонымен қатар, құрғақшылық кезеңдердің салдарынан топырақтың ылғалы азаюына әкелді.



13 - сурет – Растрлық калькуляторға формулада көрсетілген мәндерді енгізу



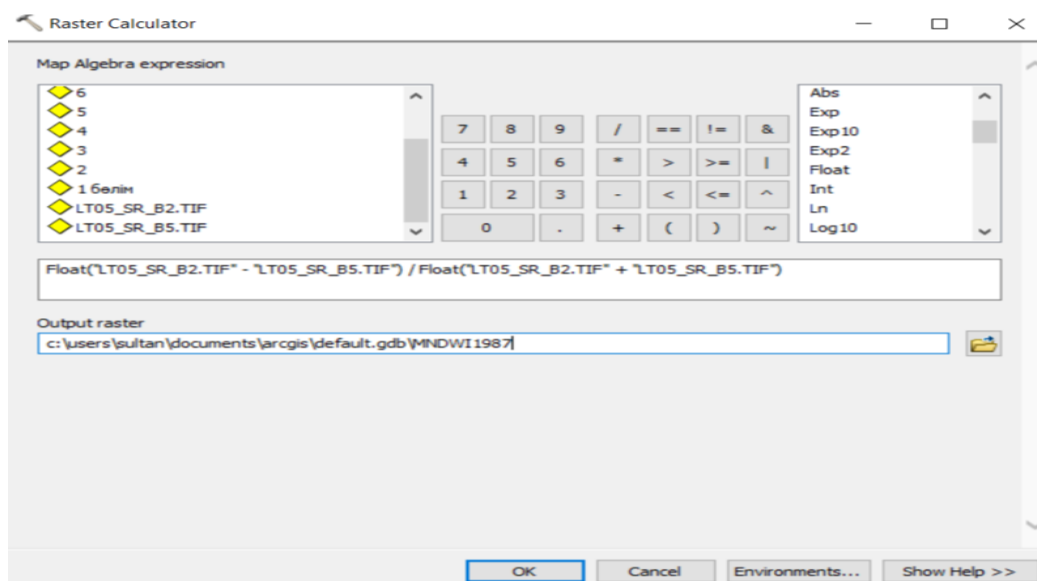
14 - сурет – 1987 ден 2024 жылға дейінгі алты жылдың NDVI индексын есептеу нәтижесі



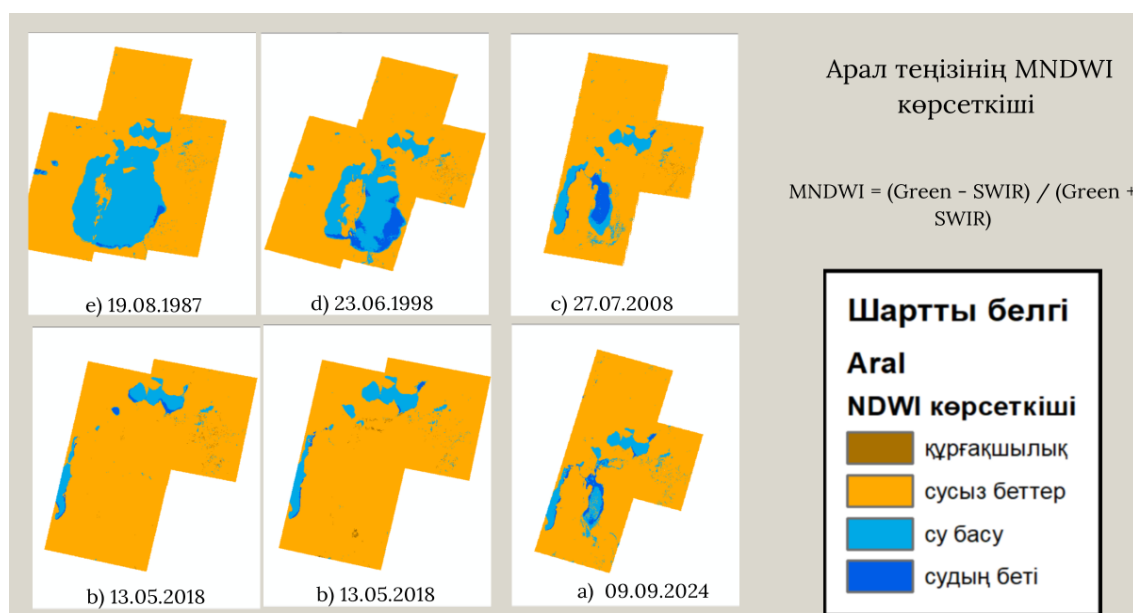
15 - сурет – Өсімдік жамылғысының индексінің 6 жылдағы өзгерісі динамикасы

Су тапшылығы мен топырақтағы тұздардың желмен айналаға тарау себебінен, индекс көрсеткіші жақсы және өте жақсы жерлердің азайып, төмен және орташа көрсеткіштердің үлкен көлемде өсуіне алып келді. Осылайша, бұрын тіршілікке өте қолайлы жер, қазіргі таңда тіршілік тапшылығына дейін жетті.

3) Дәл осылай MNDWI индексін есептеу мақсатында (3) формулаға сүйене отырып, сәйкесінше мәндер енгізілді. 16 - суретке сәйкес, 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың MNDWI индекс көрсеткіші 16 - 18 – суретке сәйкес көрсетілген .



16 - сурет – Растрлық калькуляторға формулада көрсетілген мәндерді енгізу



17 - сурет – 1987 - 2024 жылдар арасындағы MNDWI индексіні есептеу нәтижесі



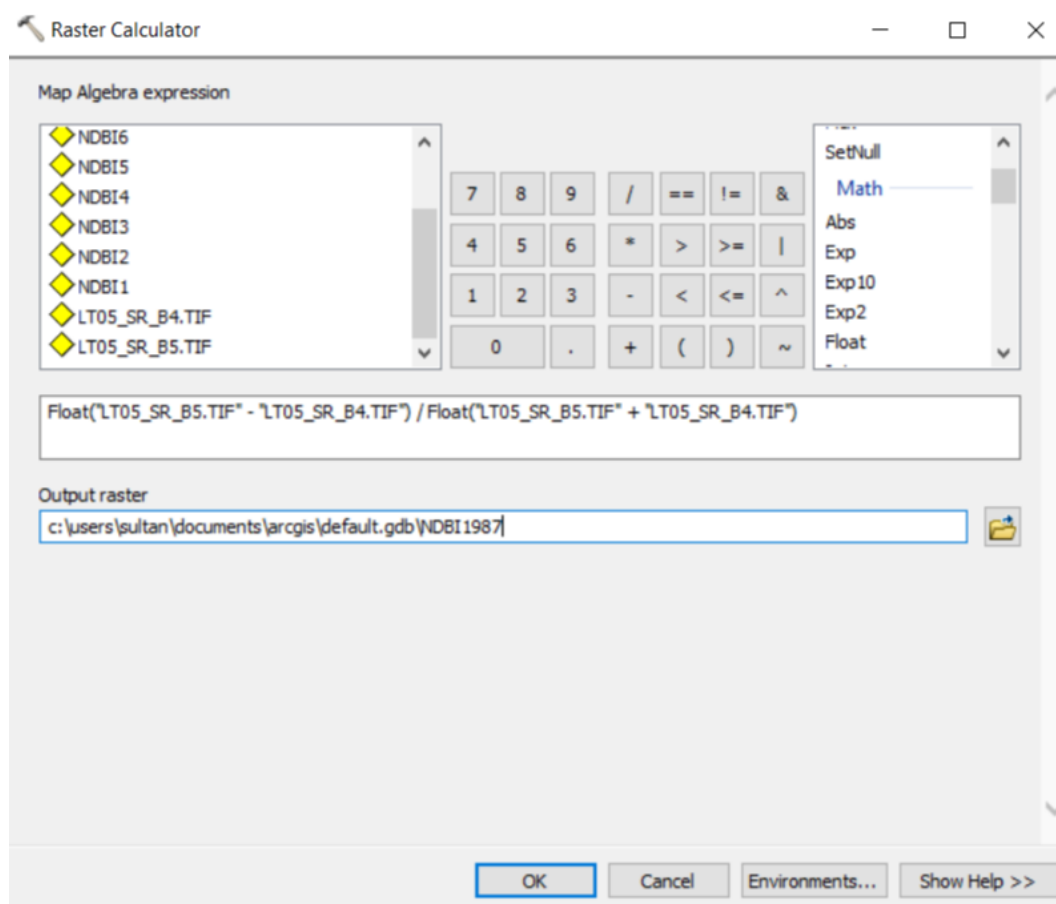
18 - сурет – 1987 - 2024 жылдар арасындағы MNDWI индексіні есептеу нәтижесі

Арал теңізі суының азаюы себептері бірнеше рет осыған дейін де, жоғарыда да айтылған. Соның ішіндегі басты себеп, егін шаруашылығы ең көп судың тұтынуы. Қазіргі таңда, климаттық жағдайларға байланысты теңіздің әр жылғы тұтынылған мөлшерін жаңбырлар мен өзен ағыстары толықтай толықтыра алмайды. Егер, осы мәселе ешқандай әрекетсіз жалғасатын болса, Оңтүстік Аралдың түгелдей жойылып кету мүмкіндігі аз емес, сонымен қатар, болашақта Солтүстік Аралдың да жағдайы 8 - кестеге сәйкес белгісіз күйде.

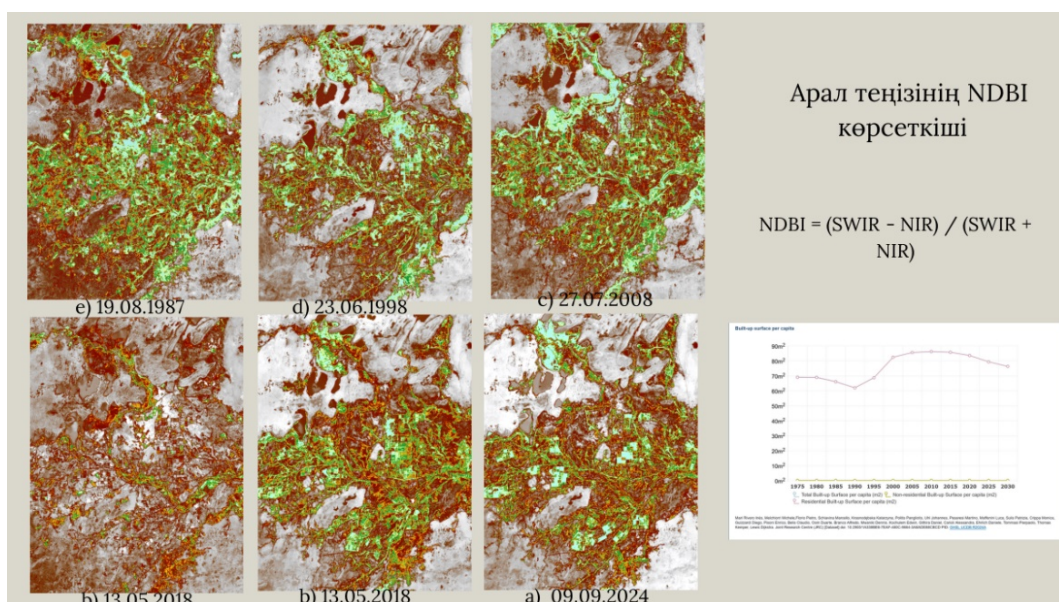
Кесте 8 - Арал теңізінің су балансының кезеңдер бойынша өзгеру динамикасы

Жылдар	Орташа аудан, мың км ²	Ағын көлемі, км ³			Булану шығындары, км ³	Көлемнің өзгеруі, таза, км ³
		өзен ағыны	жауын-шашын	барлығы		
1926-1960	65,78	55,2	8,2	63,4	64,1	-0,7
1961-1970	64,47	42,8	8,4	57,2	63,3	-6,1
1971-1985	53,66	16,3	6,6	22,9	56,2	-33,3
1986-2000	33,45	14,4	4,7	19,1	35,0	-15,9
2001-2015	20,33	8,6	3,8	12,4	14,8	-2,4

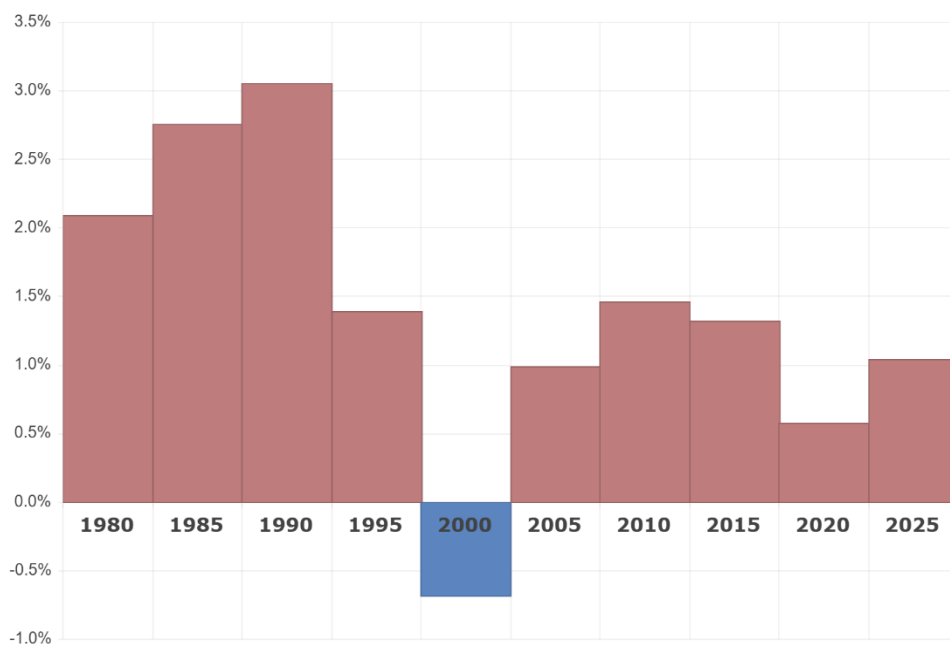
4) Сәйкесінше NDBI индексін есептеу мақсатында (4) формулаға сүйене отырып, керекті мәндер енгізілді, 18 – суретке сәйкес, 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың NDBI индекс көрсеткіші көрсетілген (19, 20, 21 - суретке сәйкес).



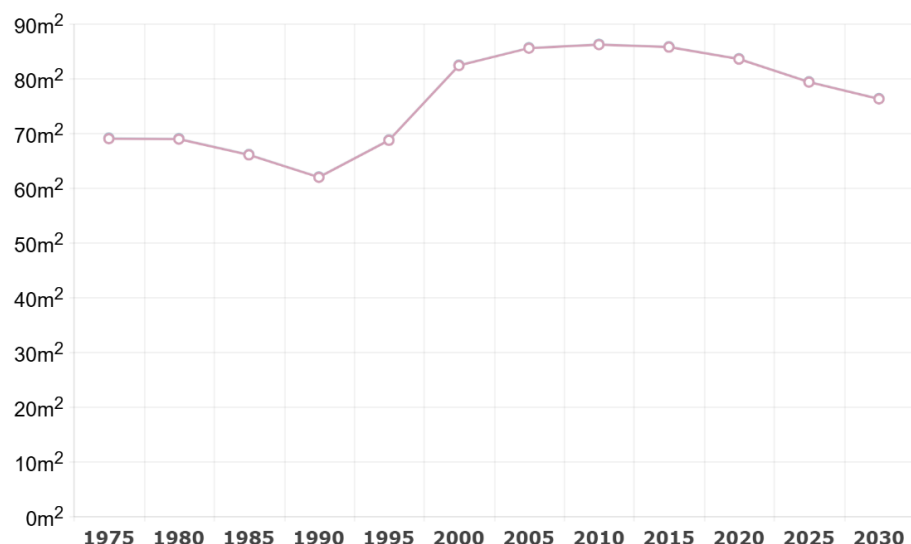
18 - сурет– Растрлық калькуляторға формулада көрсетілген мәндерді енгізу



19 - сурет – 1987 - 2024 жылдар NDBI индексін есептеу нәтижесі



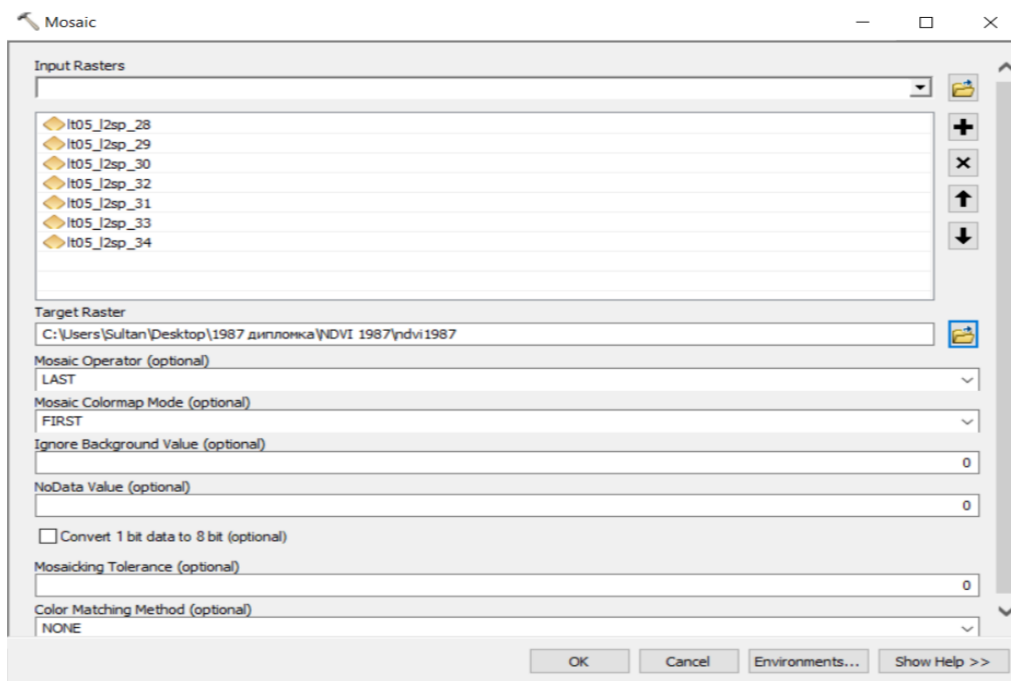
20 - сурет – 1987 - 2024 жылдар NDBI индексін есептеу нәтижесі



21 - сурет – 1987 - 2024 жылдар NDBI индексін есептеу нәтижесі

Мозаика құралын қолдану және түс өзгерістерін енгізу.

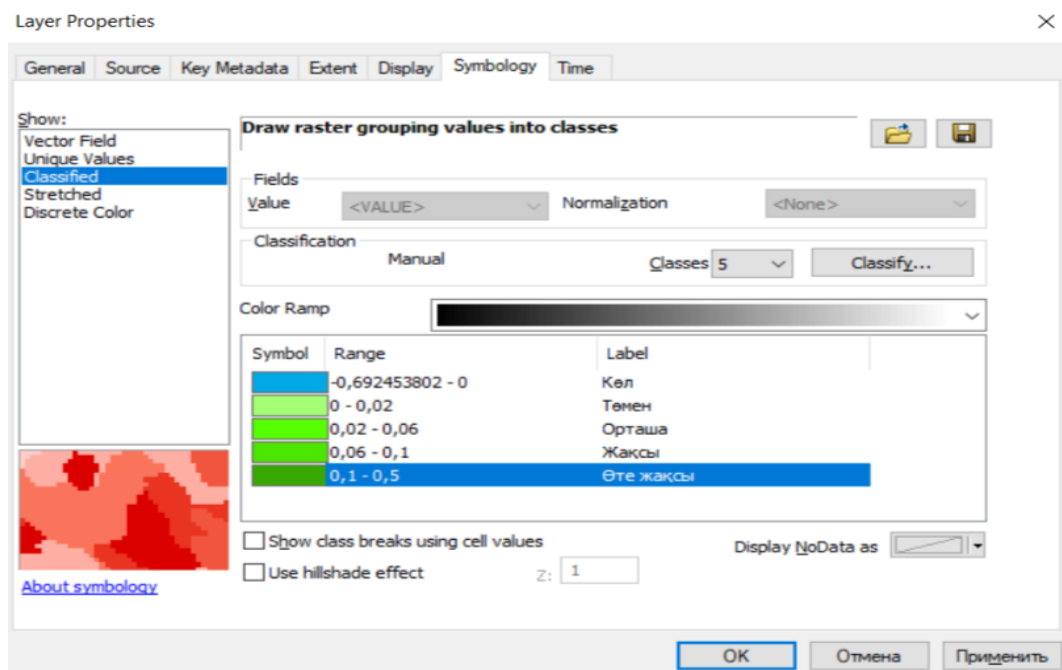
Ол үшін ArcToolbox қосымшасы арқылы жаңа Растрлық деректер жиынтығын құралы арқылы іргетас ретінде қабат құрамыз және сол қабатқа Мозаика құралы арқылы суреттерімізді қосып, біріктіреміз.



22 - сурет – Мозаика құралы арқылы суреттерімізді қосу

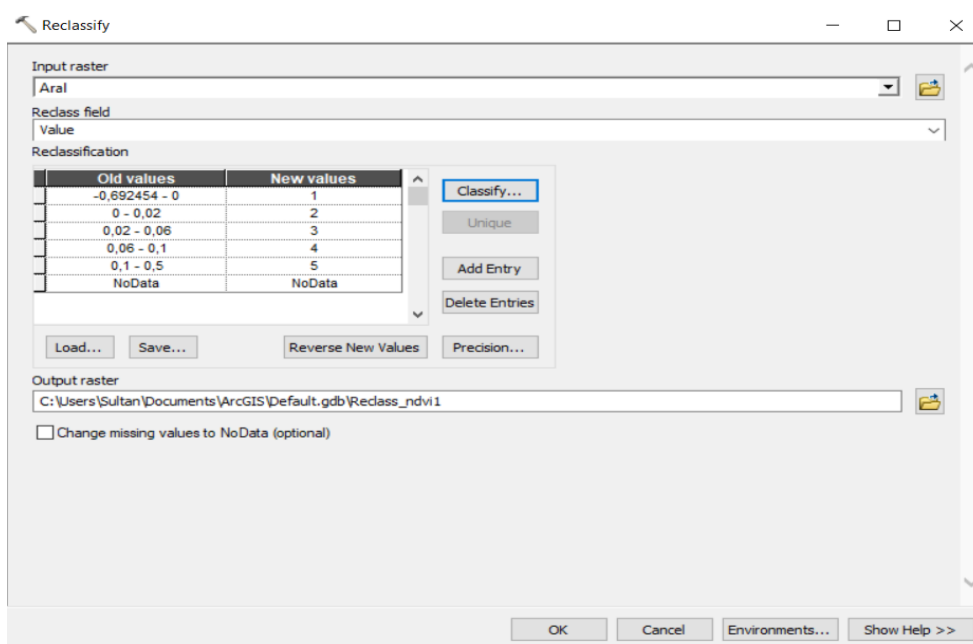
Түстерді өзгерту кезеңіне келер болсақ, біріктірілген суретіміздің Symbology параметріне өтеміз, оны қажетті класстарға бөліп, “Classify...” ішінде

“Break Values” мәндерін реттейміз. Ажыратуға ыңғайлы болатындай 23 – суретке сәйкес түстерді таңдаймыз.



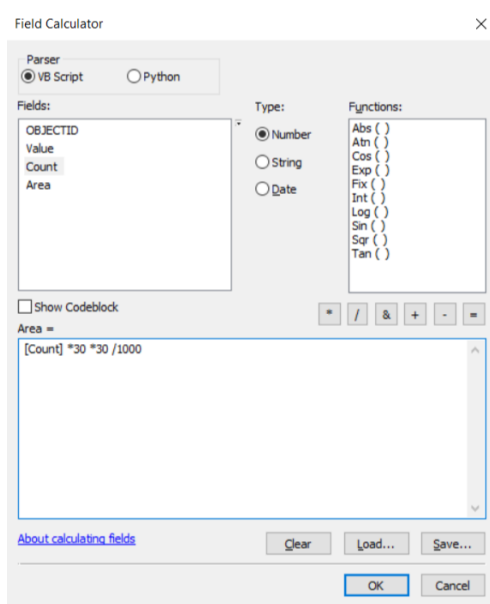
23 - сурет–Түстерді өзгерту кезеңі

Келесі қадам, аумақтың көрсеткіштерін көрсету мақсатында олардың ауданын есептеу үшін, алдымен Reclassify құралына осы суретімізді енгізілді. Төмендегі 24 – суретте көрсетілгендей, кіріс растрына сәйкесінше растрды таңдалады және классификация бөлімін қажетінше реттеледі.



24 - сурет– Reclassify құралына суретті енгізу

Жаңадан ашылған растрымыздың атрибуттық кестесіне кіріп, «Add Field» құралы арқылы жаңа өріс ашылады. Осы Өрісті қосуда Name - «Аудан», Type – «Float» деп таңдалады. Осы жаңадан ашылған өрісімізге Field Calculator арқылы төмендегі 25 – суретке сәйкес көрсетілгендей формула қолданамыз.



25 - сурет– Жаңадан ашылған өрісімізге Field Calculator арқылы формула қосамыз

Есептеу нәтижесі бойынша әр бағанның ауданы есептелінеді, нәтиже 26 – суретте көрсетілген.

Table				
Reclass_ndvi1				
	OBJECTID *	Value	Count	Area
	2	1	5932536	5339283
	3	2	6709865	6038879
	4	3	45033159	40529840
	5	4	37793022	34013720
	6	5	6950833	6255750

26 - сурет– Есептеу нәтижесіде әр бағанның ауданы есептелінеді

LST көрсеткішін Google Earth Engine бағдарламасында есептеу.

Google Earth Engine бағдарламасында сәйкесінше, Landsat 5, 8, 9 спутниктік суреттері қолданылады. Бұл бағдарлама код арқылы есептеулер жүргізеді және бастапқы деректерді қажет етпей, тек координаталар белгілеу арқылы енгізілген параметрлер бойынша барлық мүмкін осыған дейін түсірілген спутниктік суреттерді қолданады. Бұл бағдарламада формула өзінің кодтық ретімен қолданылады, оның көрінісі келесі 27 – суретте көрсетілген. 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың LST көрсеткіші көрсетілген (29 - сурет).

```

1 // Расширенный прямоугольник для охвата всей зоны Аральского моря
2 var aralRegion = ee.Geometry.Rectangle([51.5, 42.5, 62.5, 47.0]);
3
4 // Функция для расчёта LST с Landsat 5
5 var calculateAndExportLST_L5 = function(startDate, endDate, exportName, palette) {
6   var landsat5 = ee.ImageCollection("LANDSAT/LT05/C02/T1_L2")
7     .filterDate(startDate, endDate)
8     .filterBounds(aralRegion)
9     .filter(ee.Filter.lt("CLOUD_COVER", 10))
10     .median()
11     .clip(aralRegion);
12
13   // Конвертация цифровых значений в радиацию (TOA)
14   var thermalRadiance = landsat5.select("ST_B6")
15     .multiply(0.00341802) // масштабирующий коэффициент
16     .add(145.0); // добавочный коэффициент
17
18   // Преобразование радиации в температуру в Кельвинах
19   var kelvinTemp = thermalRadiance;
20
21   // Преобразование в температуру поверхности в Цельсиях
22   var lst = kelvinTemp.subtract(273.15).rename("LST");
23
24   // Расчёт среднего значения по региону
25   var meanLST = lst.reduceRegion({
26     reducer: ee.Reducer.mean(),
27     geometry: aralRegion,
28     scale: 10,
29     bestEffort: true
30   }).get("LST");
31   print(startDate + ' орташа LST мәні (Landsat 5):', meanLST);
32
33   // Вывод данных и экспорт
34   Map.centerObject(aralRegion, 6);
35   Map.addLayer(lst, {min: -10, max: 70, palette: palette}, exportName, true);
36
37   // Экспорт изображения в Drive
38   Export.image.toDrive({
39     image: lst,
40     description: exportName,
41     region: aralRegion,
42     scale: 10,
43     maxPixels: 1e13
44   });
45 };
46
47 // Палитра цветов
48 var paletteLST = ['blue', 'cyan', 'purple', 'green', 'yellow', 'red', 'darkred'];
49
50 // Вызовы функций
51 calculateAndExportLST_L5('1987-07-01', '1987-08-15', 'LST_1987_Landsat5', paletteLST);
52 calculateAndExportLST_L5('1988-07-01', '1988-08-15', 'LST_1988_Landsat5', paletteLST);
53 calculateAndExportLST_L5('1989-07-01', '1989-08-15', 'LST_1989_Landsat5', paletteLST);
54 calculateAndExportLST_L5('1990-07-01', '1990-08-15', 'LST_1990_Landsat5', paletteLST);
55 calculateAndExportLST_L5('1991-07-01', '1991-08-15', 'LST_1991_Landsat5', paletteLST);
56 calculateAndExportLST_L5('1992-07-01', '1992-08-15', 'LST_1992_Landsat5', paletteLST);
57 calculateAndExportLST_L5('1993-07-01', '1993-08-15', 'LST_1993_Landsat5', paletteLST);
58 calculateAndExportLST_L5('1994-07-01', '1994-08-15', 'LST_1994_Landsat5', paletteLST);
59 calculateAndExportLST_L5('1995-07-01', '1995-08-15', 'LST_1995_Landsat5', paletteLST);
60 calculateAndExportLST_L5('1996-07-01', '1996-08-15', 'LST_1996_Landsat5', paletteLST);
61 calculateAndExportLST_L5('1997-07-01', '1997-08-15', 'LST_1997_Landsat5', paletteLST);
62 calculateAndExportLST_L5('1998-07-01', '1998-08-15', 'LST_1998_Landsat5', paletteLST);
63 calculateAndExportLST_L5('1999-07-01', '1999-08-15', 'LST_1999_Landsat5', paletteLST);
64 calculateAndExportLST_L5('2000-07-01', '2000-08-15', 'LST_2000_Landsat5', paletteLST);
65 calculateAndExportLST_L5('2001-07-01', '2001-08-15', 'LST_2001_Landsat5', paletteLST);
66 calculateAndExportLST_L5('2002-07-01', '2002-08-15', 'LST_2002_Landsat5', paletteLST);
67 calculateAndExportLST_L5('2003-07-01', '2003-08-15', 'LST_2003_Landsat5', paletteLST);
68 calculateAndExportLST_L5('2004-07-01', '2004-08-15', 'LST_2004_Landsat5', paletteLST);
69 calculateAndExportLST_L5('2005-07-01', '2005-08-15', 'LST_2005_Landsat5', paletteLST);
70 calculateAndExportLST_L5('2006-07-01', '2006-08-15', 'LST_2006_Landsat5', paletteLST);
71 calculateAndExportLST_L5('2007-07-01', '2007-08-15', 'LST_2007_Landsat5', paletteLST);
72 calculateAndExportLST_L5('2008-07-01', '2008-08-15', 'LST_2008_Landsat5', paletteLST);
73 calculateAndExportLST_L5('2009-07-01', '2009-08-15', 'LST_2009_Landsat5', paletteLST);
74 calculateAndExportLST_L5('2010-07-01', '2010-08-15', 'LST_2010_Landsat5', paletteLST);
75 calculateAndExportLST_L5('2011-07-01', '2011-08-15', 'LST_2011_Landsat5', paletteLST);
76 calculateAndExportLST_L5('2012-07-01', '2012-08-15', 'LST_2012_Landsat5', paletteLST);
77 calculateAndExportLST_L5('2013-07-01', '2013-08-15', 'LST_2013_Landsat5', paletteLST);

```

26 - сурет–Бағдарламада формуланың кодтық ретімен қолданылуы

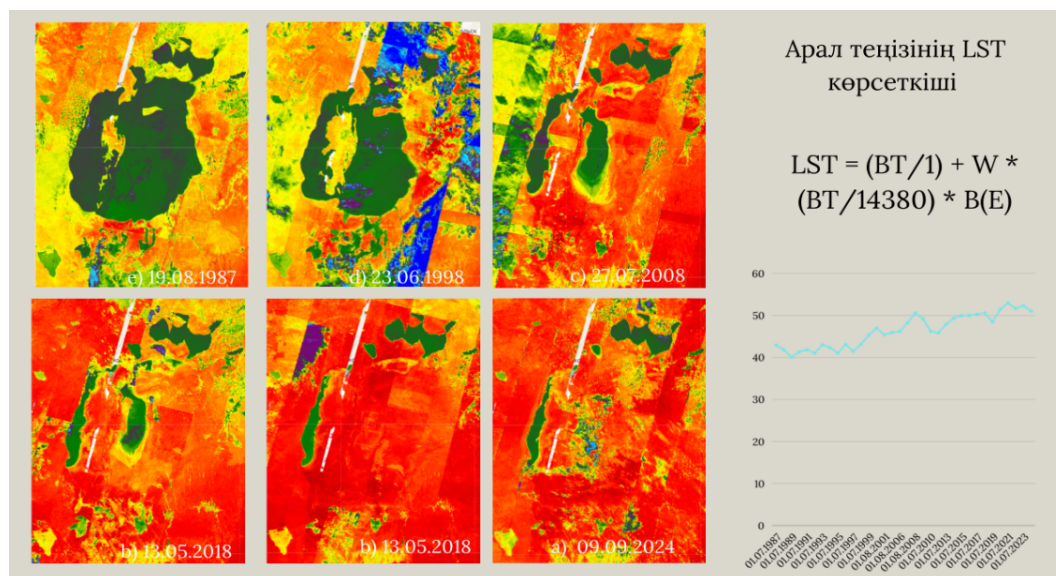
Сонымен қатар, уақыт аралығын көрсету өте маңызды, осы бағдарлама арқылы ең оңай қолжетімді түрде әр жылдағы көрсеткіштерді алуға болады (28 – сурет).

```

50 // Вызовы функций
51 calculateAndExportLST_L5('1987-07-01', '1987-08-15', 'LST_1987_Landsat5', paletteLST);
52 calculateAndExportLST_L5('1988-07-01', '1988-08-15', 'LST_1988_Landsat5', paletteLST);
53 calculateAndExportLST_L5('1989-07-01', '1989-08-15', 'LST_1989_Landsat5', paletteLST);
54 calculateAndExportLST_L5('1990-07-01', '1990-08-15', 'LST_1990_Landsat5', paletteLST);
55 calculateAndExportLST_L5('1991-07-01', '1991-08-15', 'LST_1991_Landsat5', paletteLST);
56 calculateAndExportLST_L5('1992-07-01', '1992-08-15', 'LST_1992_Landsat5', paletteLST);
57 calculateAndExportLST_L5('1993-07-01', '1993-08-15', 'LST_1993_Landsat5', paletteLST);
58 calculateAndExportLST_L5('1994-07-01', '1994-08-15', 'LST_1994_Landsat5', paletteLST);
59 calculateAndExportLST_L5('1995-07-01', '1995-08-15', 'LST_1995_Landsat5', paletteLST);
60 calculateAndExportLST_L5('1996-07-01', '1996-08-15', 'LST_1996_Landsat5', paletteLST);
61 calculateAndExportLST_L5('1997-07-01', '1997-08-15', 'LST_1997_Landsat5', paletteLST);
62 calculateAndExportLST_L5('1998-07-01', '1998-08-15', 'LST_1998_Landsat5', paletteLST);
63 calculateAndExportLST_L5('1999-07-01', '1999-08-15', 'LST_1999_Landsat5', paletteLST);
64 calculateAndExportLST_L5('2000-07-01', '2000-08-15', 'LST_2000_Landsat5', paletteLST);
65 calculateAndExportLST_L5('2001-07-01', '2001-08-15', 'LST_2001_Landsat5', paletteLST);
66 calculateAndExportLST_L5('2002-07-01', '2002-08-15', 'LST_2002_Landsat5', paletteLST);
67 calculateAndExportLST_L5('2003-07-01', '2003-08-15', 'LST_2003_Landsat5', paletteLST);
68 calculateAndExportLST_L5('2004-07-01', '2004-08-15', 'LST_2004_Landsat5', paletteLST);
69 calculateAndExportLST_L5('2005-07-01', '2005-08-15', 'LST_2005_Landsat5', paletteLST);
70 calculateAndExportLST_L5('2006-07-01', '2006-08-15', 'LST_2006_Landsat5', paletteLST);
71 calculateAndExportLST_L5('2007-07-01', '2007-08-15', 'LST_2007_Landsat5', paletteLST);
72 calculateAndExportLST_L5('2008-07-01', '2008-08-15', 'LST_2008_Landsat5', paletteLST);
73 calculateAndExportLST_L5('2009-07-01', '2009-08-15', 'LST_2009_Landsat5', paletteLST);
74 calculateAndExportLST_L5('2010-07-01', '2010-08-15', 'LST_2010_Landsat5', paletteLST);
75 calculateAndExportLST_L5('2011-07-01', '2011-08-15', 'LST_2011_Landsat5', paletteLST);
76 calculateAndExportLST_L5('2012-07-01', '2012-08-15', 'LST_2012_Landsat5', paletteLST);
77 calculateAndExportLST_L5('2013-07-01', '2013-08-15', 'LST_2013_Landsat5', paletteLST);

```

28 - сурет– Бағдарламада уақыт аралығын көрсету

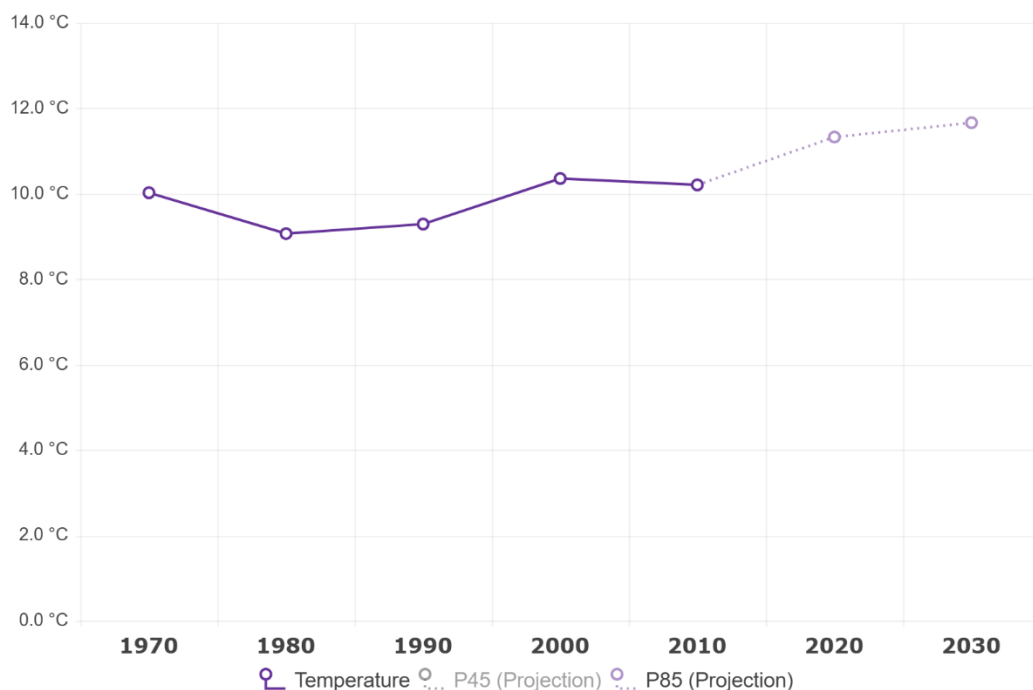


29 - сурет– 1987 ден 2024 ке дейінгі алты жылдың LST көрсеткішін есептеуің нәтижесі

Осы есептеулер арқылы арқылы келесі мәндер алынды, сонымен қатар жасанды интеллект көмегімен болашақ 30 жыл көлеміне болжам жасалынды. Бұл көрсеткіш бізге 1990 жылдар көлемінде 40°C айналасында болғанын және соңғы жылдардағы көрсеткіш 52°C қа дейін жеткенін көрсетті. Осы алынған көрсеткіштерді пайдалана отырып, Python бағдарламасы арқылы жасалынған болжамда жақын арада бұл көрсеткіш 60°C жету мүмкін екенін көрсетеді (30 – сурет).



30 - сурет– LST көрсеткіші °C



31 - сурет– LST көрсеткіші °C

Сонымен қатар, бұл жер температурасы көрсеткішін, осы аумақтың ауа райы температурасымен салыстырып, сәйкестік байқалды, бұл есептің дұрыс жүргізілгені көрсетілді жоғарыдағы 31 – суретке сәйкес. Әсіресе соңғы жылдарда күннің ыстығы артқаны физикалық түрде сезіліп жатыр, сондай-ақ, соңғы жылдардағы құрғақшылық оған дәлел [5].

4 Қазіргі таңда Орталық Азиядағы суды пайдаланудағы сын-қатерлер мен қауіптер

Қазіргі уақытта Орталық Азия елдерінің соңғы онжылдықтардағы басты қиындықтары мен қауіп-қатерлерінің арасында су ресурстарын басқаруға әсер ететін, сондай-ақ жүйелі және жергілікті сипатта болатын негізгі мәселелер бар.

Орталық Азия үшін олардың бірі - климаттың өзгеруі.

1. Климаттың өзгеруі Орталық Азияның барлық табиғи-шаруашылық кешені үшін, соның ішінде өңірдің су және жер ресурстарының жағдайы үшін үлкен қауіп тудырады. Қазіргі уақытта мұздықтардың кең ауқымда кетіп бара жатқаны байқалады: кішігірім мұздықтар жоғалып кетсе, үлкендері бөлініп жатыр. Глобалды жылыну осы тұрғыда көңіл көншітпейтін болжамдар жасап отыр. 1957 жылдан 2000 жылға дейін мұздықтардағы су қоры 25%-дан астамға азайып, бұл процесс қарқынды түрде жалғасуда. Сарапшылардың болжамдары бойынша 2030 жылға дейін мұз қоры 20%-ға азаяды. Орталық Азияның көп бөлігінде қысқы кезеңнің температурасы көтерілген. Көптеген аймақтарда атмосфералық жауын-шашынның өзгергіштігі мен қарқындылығы артып келеді: нөсерлі жаңбырлар құрғақшылық кезеңімен ауысады, бұл топырақ эрозиясының күшеюіне әсер етеді. Сел тасқынының және трансшекаралық өзендердің тасқындары қатты ұлғайды.

Ауа температурасының көтерілуі мен жауын-шашын мөлшерінің азаюы немесе онша көп болмауы климаттың құрғақшылығын күшейтеді, ауа температурасының жоғарылауы және атмосфералық жауын-шашынның артуына әкеледі. Нәтижесінде таулы аймақтар өздерінің мұздықтарының айтарлықтай бөлігін жоғалтуы мүмкін, бұл беттік ағынға елеулі әсер етеді. Мысалы, МФСА-ның Атқарушы комитетінің болжамды есептеулеріне сәйкес, 2050 жылға қарай Өмудария өзенінің су ағыны 10-15%-ға, ал Сырдарияның су ағыны 6-10%-ға азаяды.

2. Тағы бір қазіргі тұрақты даму үшін қауіп тудыратын фактор – су және жер ресурстарының деградация процестері, судың сапасының төмендеуі және бассейндердің шөлейттенуі.

Арал теңізінің деңгейінің төмендеуі мен оның көлемінің қысқаруы бірқатар теріс салдарға алып келді:

- су сапасының күрт нашарлауы және халықтың денсаулығының нашарлауы;

- үлкен көлемдегі шөлейттену, топырақтың тұздануы және батпақтануы;

- биологиялық әртүрліліктің азаюы және климатқа теріс әсердің артуы.

Орталық Азияның әл-ауқаты едәуір дәрежеде өзендердің қалыптасу аймақтарындағы табиғи тепе-теңдікке - Памир, Тянь-Шань және Алтай тау экожүйелеріне тәуелді. Биік таулы жүйелер негізінен Атлант мұхитынан тасымалданатын ауа массаларымен бірге атмосфераның жоғарғы қабаттарынан ылғалды ұстап қалып, тұщы судың алып аккумуляторлары ретінде қызмет атқарады. Алайда, Орталық Азия тауларында ормандардың жойылуы мен эрозия,

қалдықтармен ластану және жайылым жерлердің азаюы сияқты деградациялық үдерістер үдей түсуде.

Өткен ғасырдың ортасынан бері Орталық Азиядағы ормандардың аумағы 4–5 есеге қысқарды. Әсіресе сексеуіл мен жайылма ормандар (тұғайлар) күшті антропогендік қысымға ұшырады. Тек Амудария өзенінің жайылма бөлігінде соңғы онжылдықтар ішінде ормандардың көлемі 150 мың гектардан 22–23 мың гектарға дейін азайды. Бұл үдеріс қазіргі уақытта да жалғасып жатыр. Тұғайлы ормандардың деградациясына өзендердің гидрологиялық режимінің бұзылуы үлкен әсер етуде.

Экожүйелердің бұзылуы биологиялық әртүрліліктің айтарлықтай қысқаруына алып келді. Жойылып кеткен және жойылу қаупі төнген жануарлар мен өсімдіктер түрлерінің саны артып отыр. Кейбір жағдайларда бұл үдерістер қайтымсыз сипатқа ие бола бастады.

3. Орталық Азия елдеріндегі халық санының күрт өсуі – аймақтың алдында тұрған елеулі сын-қатерлердің бірі болып табылады. Бұл өсім жаһандық көрсеткіштерден әлдеқайда жоғары. Соңғы 40 жыл ішінде Орталық Азиядағы халық саны 3,5 есеге артты.

Халық санының өсуі экономиканың қарқынды дамуына себеп болды, бұл өз кезегінде мынадай көрсеткіштердің артуына алып келді:

- а) су ресурстарына техногендік жүктеменің артуына және су тапшылығы (су стресі) жағдайының күшеюіне;
- б) жан басына шаққандағы су қамтамасыздығының төмендеуіне;

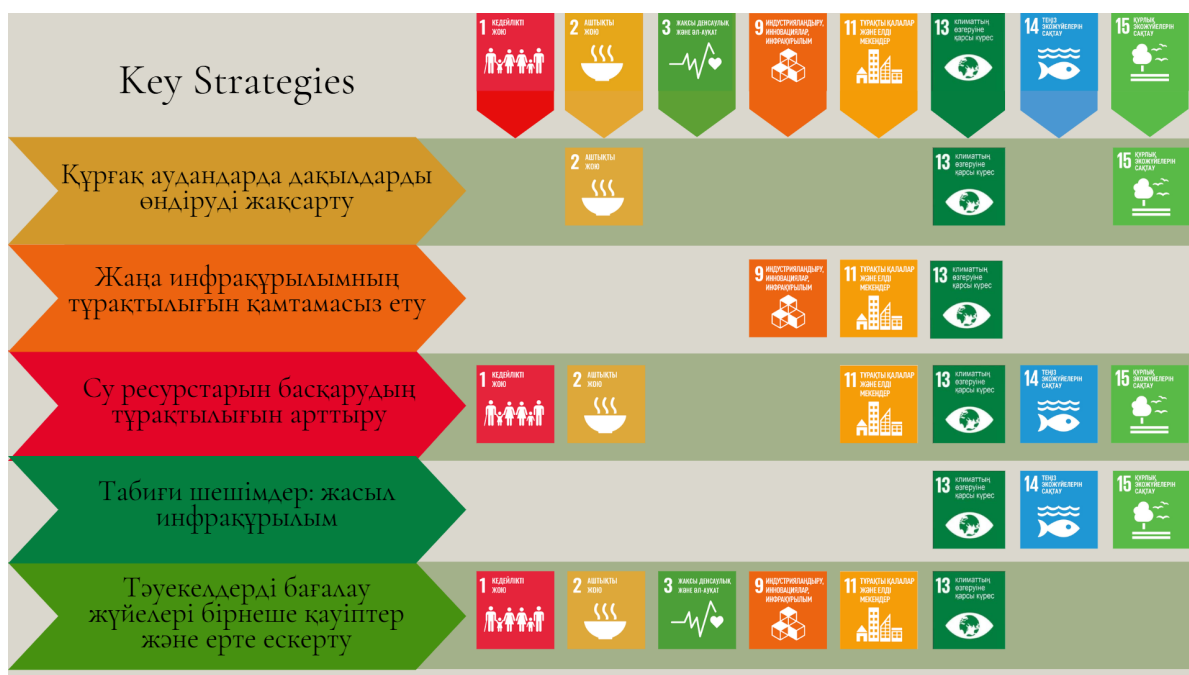
Өңір халқының санының артуы өзен ағыны көлемінің тұрақты сақталуы жағдайында су тапшылығының ұлғаюына алып келуде.

Орталық Азияда орташа жан басына шаққандағы су қамтамасыздығы өте жоғары қарқынмен төмендеуде. Соңғы қырық жыл ішінде бұл көрсеткіш бір адамға жылына 8,4 мың м³-тен 2,2 мың м³-ке дейін қысқарды және алдағы уақытта да төмендеу үрдісіне ие.

Қазіргі халық саны өсу қарқыны сақталатын болса, 2030 жылға қарай бұл көрсеткіш қауіпті шекке – жылына бір адамға 1,7 мың м³-тен төмен деңгейге жетуі мүмкін. Бұл ретте, халықтың өмір сүруін қамтамасыз ету үшін ең төменгі тұтыну деңгейінде де жыл сайын қосымша 500–700 млн м³ су көздерін табу қажеттігі туындайды [6].

5 Экожүйенің бұзылуының алдын алу немесе Арал теңізінің құрғау салдарымен күресу әдістеріне талдау

Арал теңізінің зардабы, тек қана сол аймаққа зардабын тигізе қоймай, қазіргі таңда оның зардабы әлемнің кейбір жерлеріне де таралып жатқаны мәлім. Сондай-ақ, бұл ғаламдық 17 нысаналы мақсаттың Келесі – суретте көріп отырғанымыздай 8 түрін қамтиды. Соның ішінде 5 кілттік жоспар бойынша жалпы мақсаттың саны 21 құрайды, бұл көрсеткіш бізге Арал теңізі мәселесінің жоғары маңыздылығын көрсетеді. Бұл ғаламдық нысаналы мақсат, қазіргі таңда әр ай сайын өзгеріп отырады, соның ішінде осы мақсаттардың біреуі түскен сайын, Арал теңізінің де мәселесі қарастырылуда (32 – сурет).



32 - сурет– Тұрақты дамудың мақсаттары

Жоғарыда айта кеткендей, Арал теңізі мәселесін алдын алу үшін бірнеше ұсыныстар келтірілген, бірақ өкінішке орай олардың нәтиже көрсеткіштері жоғары көрінбейді. Соның ішінде, Арал теңізінің оңтүстік шығыс бөлігін қалпына келтіру мүмкін емес-ті, сол себепті ол жердің желдің әсерімен тұз бен улы заттардың таралуын алдын алу істері қолға алынады. Сонымен қатар, Кіші Арал су қоймасын сақтап қалу Қазақстан үшін ұсыныстар мен қазіргі таңда жүзеге асырылып жатқан шараларды көрсетеміз [7].

Бұл мәселелердің алдын алу шараларын тиімділігін білу үшін, осыған дейін тарихта болған ұқсас жағдайлар мен ғылыми деректерге сүйенеміз. Соның ішінде, бірінші ұсыныс ретінде, аумақтың жағдайларына бейімделе алатын өсімдіктерді қарастыру.

Әр түрлі өсімдік түрлерін пайдалану үшін шешуші критерий олардың өсіп-өну орнының жағдайларына сәйкестігі болып табылады. Өсімдіктердің тіршілік

кабілетін арттыру және өмір ұзақтығы кемінде 20-30 жыл болатын тұрақты екпелерді қалыптастыру үшін өсімдіктердің келесі факторларға деген талаптарын ескеру қажет: су (жауын-шашын, грунт суы, топырақтың механикалық құрамы), тұз (топырақ суының тұздылығы, тұздану деңгейі және тұздардың топырақ қабатында таралуы), температура (вегетация кезеңіндегі оң температуралардың жиынтығы, жоғары және төмен температуралардың шекті мәндері, өсу кезінде төмен температураларға қажеттілік).

Аралдың жайылымдық жағдайлары үшін фитомелиорация жүргізу кезінде бірқатар галофиттердің грунт суын немесе капиллярлы ылғалды пайдалануға қабілетін ескеру маңызды. Мұндай галофиттер (фреатофиттер) топырақтың терең қабаттарында орналасқан түбірлік жүйелерімен сипатталады. Галофиттердің бұл морфологиялық ерекшелігін пайдалану арқылы олардың ашық жерлерде, яғни өсімдіктердің өсуі жоқ учаскелерде көпжылдық ағаштар мен бұталар екпелерін қалыптастыру үшін авангардтық түрлер ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Фитомелиорация үшін ең перспективалы галофиттерді таңдауға арналған геоботаникалық бағалау жүргізілді. Зерттеулер көрсеткендей, ең жоғары тұзға төзімділік пен топырақ суының капиллярлы қабатының деңгейіне жетуге қабілетті түбірлік жүйелерге ие галофиттер қатарына сарсазан, селитрянка, тамарикс (гребенщик), саксаул және жузгун жатады. Олар зерттеліп жатқан аймақта фитомелиорациялық шараларды жүзеге асыру үшін ең қолайлы түрлер болып табылады.

Сарсазан - сұр түсті бұта, биіктігі 50 см және одан жоғары жетеді. Сарсазанның жапырақтары мен сабақтарының екіжақты қабықшалары бар, ал сабақтарында су жинағыш мүшелері бар. Гүлдері кішкентай, үштен біреуі түтікшелерге енген.

Аралдың құрғаған аумағында оның оптималды доминирующие түрі (проекттік жабын 50%-дан астам) грунт суының деңгейі 0,5-1 м аралығында барлық механикалық құрамы мен тұздану деңгейлерінде байқалады. Грунт суының деңгейі 1-1,5 м аралығында, сарсазан глиналар мен суглиналарда 1-7% тұздану деңгейінде өседі.

Сарсазан негізінен вегетативті жолмен көбейеді. Бұл көбейту әдісі барлық градиенттерде кең аймақта басым болып табылады: глиналар мен суглиналарда, грунт суының деңгейі 0,5-3 м аралығында және барлық тұздану деңгейлерінде. Супесьте, грунт суының деңгейі 3 м-ге дейін, тұздану 0,2-4% болған жағдайда, сарсазан жақсы өседі, ал грунт суы 2 м-ге дейін болса, тұздану 0,2-7% аралығында болады. Грунт суының тереңдігі 1,5 м-ден аз болса, сарсазан кез келген тұздану деңгейінде өседі. Құмдарда грунт суының деңгейі 2 м-ге дейін, тұздану 0,2-4% болғанда қолайлы. Топырақ суы тереңдігі аз болған кезде, сарсазан 0,2-75% тұздануға төзімді. Субоптималды доминирование (проекттік жабын 60-50%) өсімдіктер топырақтарында байқалады, мұнда грунт суы 3 м-ден терең орналасқан.

Шобердің селитрянкасы (*Nitzazia Schobezii*) тұзды көлдердің жағалаулары мен тұзды жерлердің шеттерінде өте тән өсімдік болып табылады, жиі

жылжымалы құмдармен жабылып, фитогенді төбешіктер түзеді. Бұл үлкен бұта, биіктігі 2 м-ге дейін жетеді, жайылған, ақшыл қабығы бар. Оның тамыр жүйесі ерекше бір қасиетке ие. Терең грунт сулары бар жағдайда өсімдіктің тамыр жүйесі негізінен көлденең жайылып, 3-5 м дейін тарап, негізгі түбірі әлсіз дамып, тек 1 м тереңдікке дейін еніп кетеді. Ал егер грунт сулары жер бетіне жақын орналасса, онда селитрянқада вертикалды тамырлар көбейіп, олардан көптеген өскіндер шығады. Осылайша, селитрянқа үлкен құм массаларының жойылуына қарсы тұра алады. Бір бұтадан 200-ге дейін осындай өскіндер шығып, топырақты 5-6 шаршы метр аумақты толығымен жаптырады. Мұндай өсімдіктер әдетте айналасында көп құм мен шаң жинақтайды, ерекше ландшафтты құмды төбешіктер жасайды. Мұндай төбешіктер арасындағы төмен жерлерде жиі тұзды солончаки дамиды (бұл тұздың топырақтың жоғарғы қабаттарына көшуі мен селитрянқаның қалдықтарының жиналуы нәтижесінде болады). Кейде мұндай өсіп кеткен бұталар өте қалың өсімдіктер құрап, өту қиын болады.

Құмдардың қатты желмен ұшып кетуі (дефляция) кезінде өсімдіктердің қабықшалары жиі ашылып қалады, бірақ селитрянқа бұл жағдайға жақсы бейімделіп, осындай ортада да таралуын жалғастырады.

Селитрянқа өсетін негізгі жағдайлар: грунт суының деңгейі 0,5-2 м, тұздану 0,2-7%; грунт суының деңгейі 2-3 м, тұздану 0,2-4%; грунт суының тереңдігі 3 м-ден артық болса, тұздану минималды немесе мүлде болмауы керек. Суглинкалы топырақтарда (орташа және жеңіл) негізгі параметрлер: грунт суының деңгейі 1,5 м-ге дейін, тұздану 4-7%; грунт суының деңгейі 1,5-2 м, тұздану 1-7% және одан жоғары. Өсімдіктің физиологиялық сипаттамалары: гемигалофит, псаммопелитофит, мезоксерофит.

Тамарикс көпбұтақты (*Tamrix ramosissima*) түрі Аралдың осушылған аймағында таралу жағдайлары сипатталмаған. Бұл түр Арал теңізінің бұған дейін тұзданған топырақтарында кеңінен таралған және біздің ұсыныстарымыз бойынша Арал маңы тәжірибе станциясында (Шалқар қаласы) мәдениетке енгізілген. Осы түрдің отырғызу жұмыстары бойынша оң нәтиже Каспий маңы аймағында, Құлсары елді мекені маңында тұзданған топырақтарда алынған.

Қара саксаул (*Haloxylon aphyllum*) - биіктігі 2,5-10 м болатын, қалың (диаметрі 20-40 см) бұтақтары көп, қоңыр-сұр қабықты ағаш немесе бұта. Тамыр жүйесі 15 м тереңдікке дейін таралады. Бұл өсімдік шөлдерде, тұзды құмды массивтерде, такырларда, балшықты және тасты топырақтарда өседі.

Қара саксаулдың оңтайлы доминирующе өсімі жеңіл суглинкалы топырақтарда, грунт суының деңгейі 1-1,5 м, тұздану деңгейі 0,2-4% болған жағдайда байқалады, ал грунт суының деңгейі 1,5-2 м және тұздану 0,2-1% болған жағдайда да өсімдіктің оңтайлы дамуы байқалады. Құмдар мен супесях жағдайында оңтайлы доминирование грунт суы деңгейі 0,5-1 м, тұздану 0,2-4% болғанда тіркелген.

Қара саксаулдың субоптимальды доминирующе өсімі балшықты және суглинкалы топырақтарда келесі параметрлерде байқалады: грунт суының деңгейі 1,5-1 м, тұздану 4-7%; грунт суының деңгейі 1,5-2 м, тұздану 4-7%; грунт суының деңгейі 2-3 м, тұздану 0,2-4%; грунт суының деңгейі 3 м-ден жоғары,

тұздану 0,2-1%. Супесях жағдайында қара саксаулдың субоптималды дамуы келесі параметрлерге сәйкес келеді: грунт суының деңгейі 0,5-1 м, тұздану 0,2-7%; грунт суының деңгейі 1,5-2 м, тұздану 0,2-1%. Құмды топырақтарда осы параметрлер келесідей: грунт суының деңгейі 0,5-1 м, тұздану 4-7%; грунт суының деңгейі 1-1,5 м, тұздану 0,2-4%. Негізгі физиологиялық сипаттамалары: эугаллофит, псаммопелитофит, мезоксерофит. Бұл өсімдік топырақтың механикалық құрамы мен ылғалдылығына кең ауқымда бейімделген, ал тұздануға тек тар ауқымда бейімделген.

Жүзгун (*Calligonum caputmedusae* Shr) - биіктігі 2 м-ден жоғары бұта. Ересек бұтақтарының қабығы ашық сұр, фотосинтетикалық бұтақтары сұр-жасыл түсті. Тамыр жүйесі (негізгі тамыр) 3 м тереңдікке дейін жетеді. Бұл өсімдік Аралмаңы мен басқа аймақтардағы дамыған құмды төбешіктерде өседі.

Оңтайлы доминирование құмды топырақтарда грунт суының деңгейі 0,5-3 м және одан жоғары болғанда, тұздану 0,2%-дан төмен деңгейде байқалады. Субоптималды доминирование құмды және супесях топырақтарында грунт суының деңгейі 0,5-1,5 м, тұздану 0,2-1% кезінде байқалады. Жеке өсімдік өсімі грунт суының деңгейі 0,5-1,5 м, тұздану 1-4% болған жағдайда тіркеледі.

Берілген ағаш пен бұта тұқымдас галофиттердің негізгі физиологиялық сипаттамалары тұзға төзімділік, топырақтың механикалық құрамы және табиғи ылғалмен қамтамасыз ету деңгейі бойынша фитомелиорация әдісімен рекультивация үшін қолдануға толық сәйкес келеді. Бұл әдіс Арал теңізінің осушылған табанында және Сырдария өзенінің дельтасы сияқты антропогендік бұзылған аумақтарда тиімді түрде жүзеге асырылуы мүмкін.

Қойылған міндеттерді ескере отырып, Арал теңізінің су тартылған акваториясын фитомелиоративтік абаттандырудың тиімділігін негіздеу, табиғи су қамтамасыз ету, су-тұзды режимнің динамикасын зерттеу және қажетті бақылауларды жүргізу үшін жұмыс әдістемесі әзірленді. Осушке жасалған топырақтық (су-тұзды) жағдайлардың өзгеру сипатын ескере отырып, жағалау сызығы бойында учаскелер орналастырылды.

Арал теңізінің Қазақстандық бөлігіне су тартылған аумақта галофит-интродуценттердің аудандастырылуы бойынша келесі қорытындылар жасауға болады:

1. Арал маңы аймағының топырақ-мелиоративтік және климаттық көрсеткіштерін бағалау, оларды натуралды зерттеу учаскелерімен салыстыру олардың белгілерінің ұқсастығын көрсетті, бұл таңдалған учаскелердің типтілігін дәлелдейді.

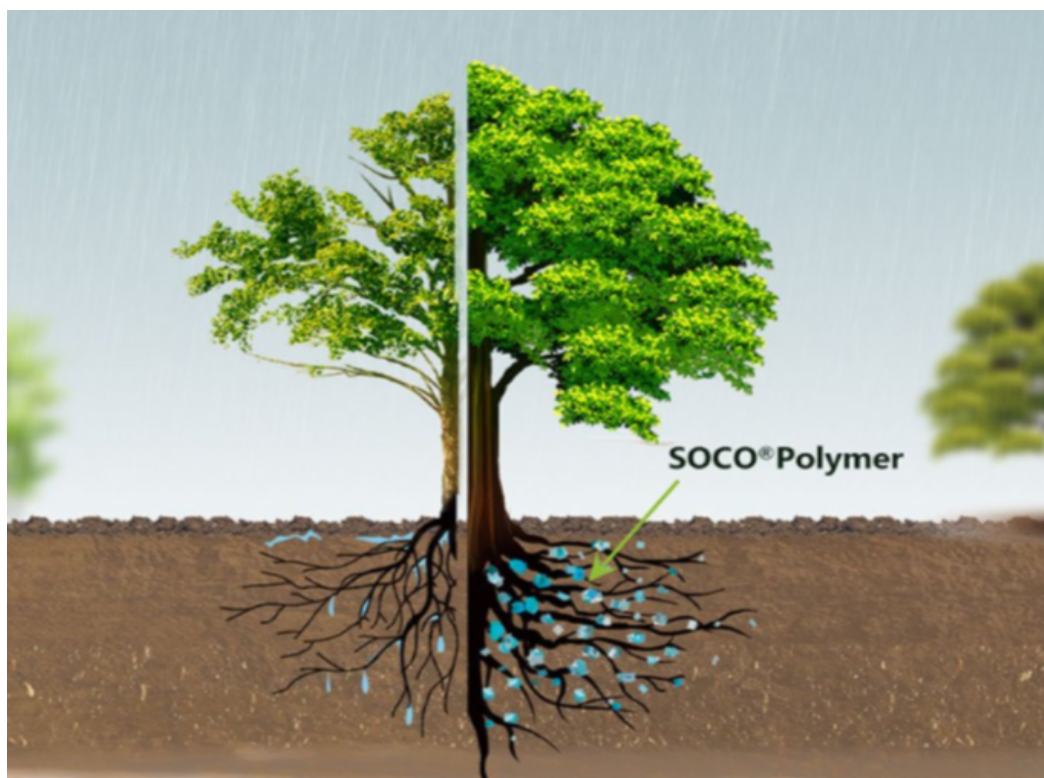
2. Негізгі ағаш-жартылай бұталы галофиттердің физиологиялық сипаттамаларын бағалау олардың зерттеу жұмыстарына және фитомелиоративтік шаралар құрамына енгізуге мүмкіндік береді. Бұл түрлерді Арал теңізінің су тартылған бөлігі мен Сырдария өзенінің дельтасында антропогендік бұзылған аумақтарда қолдануға болады.

3. Таңдалған әдістемелік ережелер зерттеу нәтижелерін толық негіздеу мен олардың жоғары дәлдігін қамтамасыз етеді деп санаймыз.

Осы мәселе бойынша, Аралдың құрғаған бөлігіне 2021 жылдан 2024 жылға дейін 475 мың га алаңда тұқымдар мен көшеттер отырғызылды. Биыл осындай жұмыстарды 428 мың га-ға жүргізу жоспарлануда. осының арқасында 2025 жылдың соңына қарай Арал теңізінің түбін көгалдандырудың жалпы ауданы 1,1 млн га-ға жетуі тиіс.

Шетелдік тәжірибеге сүйене отырып, Қытайда осындай ұқсас мәселеліктің бұрыннан орын алып жатқанын байқаймыз. Қытай елінің экономикасы мен халық санына байланысты су ресурстарын дұрыс пайдаланбауы, осындай бірнеше жерлердің құрғап, тұздануына әкелді. Солардың шешімі ретінде, қазіргі таңда олар жасылдандыру жоспарларына суперсіңіргіш полимерді қолданып, шөлді жерлеріне қарсы күресіп жатқанын байқаймыз.

Суперсіңіргіш полимер - топырақтың ылғалдылығын сақтауын арттыратын және өсімдіктердің өсуін жақсартатын зат (33 – сурет). Зертханалық тәжірибелер көрсеткендей, топырақ бетіне қолданылатын қоспасы, жел мен су эрозиясының алдын алады және топырақтың судың жоғалуын баяулатады. Артықшылықтарының бірі оның баға жағынан тиімділігі, полимердің органикалық түрін қолдана отырып өсімдіктердің өсуіне үлкен жеңілдік береді.



33 -сурет—Суперсіңіргіш полимер

Осы полимердің өсімдіктің өсуіне жоғары әсері мен құрғақшылық қарсы қолданылатын қоспа ретінде, болашақтағы жасылдандыру жоспарларына қолданып, екі әдісті біріктірген тиімді деп санаймын. Бұл болашақта мал шаруашылығына азық ретінде де қолдануға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, осы аймақтағы халықтың жағдайын жақсарту мақсатында, Кіші Аралдағы Көкарал бөгетін екі метрге көтеру ұсынысын, Су ресурстары жөніндегі мемлекеттік комитеттің ардагері Нариман Қыпшақпаев ұсынған болатын [2]. Қазіргі таңда, Сырдарья өзенінің қажеттілігі соңғы жылда төрт мемлекет бойынша үш есеге артты, сол себепті ол осы аумақтың болашақ экономикасы мен экологиясына қауіп төндіріліп тұр. Сол себепті, бөгеттің көтерлуі Кіші Аралдың экожүйесін сақтауға көмектеседі. Кіші Аралды сақтап қалудың маңыздылығына келетін болсақ, бұл Қазақстан аумағында Аралдың сақталу мүмкіндігі бар жалғыз бөлігі десек болады. Кіші Аралда 2006 жылдан Көкарал бөгеті салынғалы 22 балық түрі қалпына келтіріліп, балық шаруашалығы қайтадан қалпына келтірілді. Оңтүстік Аралға келетін болсақ, судың тұзшылығына байланысты ол аумақта тіршіліктің болмауы және тоқтаусыздан судың тартылуы. Яғни, осы мәселенің алды алынбай әрі қарай жалғаса берсе, Оңтүстік Аралдың түгелімен тартылып кетуіне көп уақыт керек емес. Сондықтан, Кіші Аралдың сақталуына көп мән беріп, ол аймақтағы судың жоғалуын болдырмау маңыздылығын көрсетеді [8].

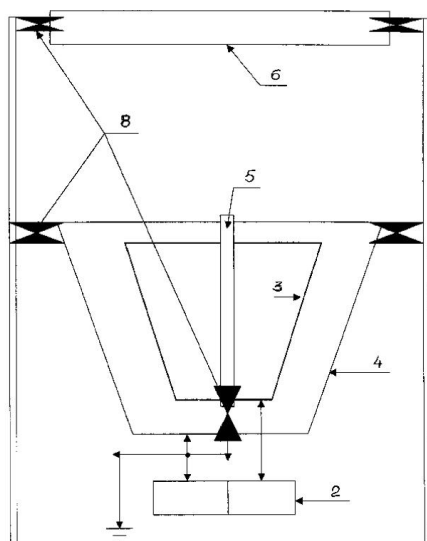
Алтай Айнабектің «Арал жобасы»

Алтай Айнабек - инженер және климаттық технологиялар саласындағы маман, Арал теңізін жасанды жаңбыр арқылы қалпына келтіру жобасын жүзеге асыруда. Ол өзін «қазақтың Тони Старкі» деп атап, атмосфераны иондау арқылы жауын-шашын тудыратын технологияны ойлап тапқанын мәлімдеді. 2024 жылдан бастап инженер және климаттық технологиялар маманы Алтай Айнабек атмосфераны иондау арқылы Арал өңірінде жауын-шашын тудыру жобасын қолға алды. Бұл жұмыс инновациялық сипатта және келесі технологиялық негізге сүйенеді:

Жоғары вольтты генераторлар арқылы атмосфераға теріс зарядталған иондар жіберіледі. Бұл иондар ауада конденсация орталықтарының (аэрозольдердің) қалыптасуына себеп болады. Нәтижесінде бұлттарда жауын-шашын қалыптасып, жерге түседі. Айнабектің деректеріне сүйенсек, осы әдіс арқылы Арал бассейніне 50 млрд тоннаға дейін жауын-шашын түсіп, теңіздің белгілі бір бөлігі қалпына келтірілген.

Өнертабыс антициклондық жағдайларды жою әдістеріне және осындай әдістерді іске асыруға арналған құрылғыларға жатады. Антициклондық циркуляцияны бұзу әдісі антициклон аймағының жоғарғы бөлігінде төмен атмосфералық қысым аймағын иондалған ауаның жоғары көтерілетін ағыны арқылы құруға негізделген. Бұл аймақта циклондық құйын пайда болғанға дейін жүзеге асырылады. Әдісті іске асыру үшін кем дегенде бір ион генераторы бар құрылғы қолданылады. Генераторда короналау электроды және ион экстракторы болады. Короналау электроды ион экстракторының айналасына көлбеу және түбі тарылатын бетке орналастырылады. Бұл бет конус, пирамида, параболоид немесе гиперболоидтің бүйір беті болуы мүмкін. Құрылғыда сондай-ақ ион

ағынын шоғырландыруға арналған концентратор қарастырылған (34 – сурет). Бұл ауа ағынын бағыттап, ауа райының өзгеруіне – яғни бұлттар мен жауын-шашын түзілуіне мүмкіндік береді.



34 - сурет– Алтай Айнабектің өнертабысы. Суретте құрылғының жұмыс схемасы көрсетілген: 1 – құрылғы; 2 – Ион генераторы; 3 – Ион ағынының концентраторы; 4, 5, 6 – Ауа қозғалысының бағыттары; 8 – Жоғары көтерілетін иондалған ауа ағыны

Иондау арқылы жауын тудыру технологиясы жаһандық деңгейде эксперименттік сатыда тұр. Бұл әдіс бұған дейін Біріккен Араб Әмірліктерінде және Израильде де қолданылған. Дегенмен, Дүниежүзілік метеорологиялық ұйым (WMO) және Қазгидромет сияқты мекемелер мұндай технологиялардың тиімділігі әлі де нақты ғылыми дәлелдерге негізделмегенін айтады. Алтай Айнабек ұсынған атмосфераны иондау технологиясы – экологиялық мәселені шешуге бағытталған жаңашыл әрі батыл қадам. Дегенмен, бұл әдістің ғылыми негізделуі мен практикалық тиімділігі әлі де жан-жақты зерттеуді қажет етеді. Жұмысқазіргі таңда ғылыми қауымдастықта түрлі пікірлер тудырып отыр, сол себепті оны әрі қарай дамыту үшін жүйелі зерттеу, халықаралық бақылау және экологиялық мониторинг талап етіледі [9].

ҚОРЫТЫНДЫ

Арал теңізінің құрғауы - соңғы ғасырдағы ең ауқымды экологиялық апаттардың бірі ретінде тарихта қалды. XX ғасырдың ортасында көлемі жағынан әлемдегі 4-ші орынды иеленген бұл тұзды су айдыны, небәрі бірнеше онжылдықтың ішінде өз аумағының 90 пайызға жуығын жоғалтты. Аталған трагедия тек табиғи ортаға емес, сонымен бірге аймақ тұрғындарының өміріне, денсаулығына, шаруашылығына орасан зор зиян келтірді. Оған Арал теңізі маңында қоныстанған халықтың экологиялық зартаптардың салдарынан қоныс аударуға дейінгі мүшкіл халі дәлел бола алады. Осы ғылыми-зерттеу жұмысында Арал теңізі төңірегіндегі экожүйенің жай-күйі қашықтықтан зондтау технологияларын қолдану арқылы жан-жақты зерттелді.

Зерттеу барысында Landsat спутниктерінің (Landsat 5, 8, 9) көмегімен алынған ғарыштық түсірілімдер негізінде бірнеше экологиялық индекстер: NDSI (тұздану), NDVI (өсімдіктер жамылғысы), MNDWI (су айдындары), NDBI (құрылыс нысандары), LST (жер беті температурасы) есептеліп, олардың уақытқа сай өзгеріс тенденциялары қарастырылды. Бұл индекстер экожүйенің жағдайын әр түрлі қырынан бақылауға және өзгерістердің салдарын талдауға мүмкіндік берді.

NDVI индексінің нәтижелері көрсеткендей, Арал теңізі маңындағы өсімдіктер жамылғысы жыл өткен сайын азайып отыр. 1987 жылдан 2024 жылға дейін өсімдік жамылғысының өте жақсы деңгейіндегі қалыптасуы 49%-дан 20%-ға дейін азайған, яғни -29% көрсеткішті көрсетіп отыр. Нәтижесінде, уақыт өте келе өсімдіктер ауруға бейім және әлсіз қалыпқа ие болған. Бұл ең алдымен, су көздерінің тартылуы мен тұзданған жерлердің көбеюінен туындайды. Ал NDVI мәнінің төмендігі ауылшаруашылық үшін қолайсыз жағдайларды айқындайды. Сонымен қатар, MNDWI индексі бойынша Арал теңізіндегі су айдынының жылдан-жылға ауданының 90 пайызының тартылғандығы анық байқалды. Бұл көрсеткіштер су тапшылығы мен экожүйе күйінің нашарлауын нақты деректермен дәлелдейді.

NDSI арқылы алынған деректер Арал теңізі табанындағы тұздану деңгейінің өте жоғары екенін көрсетті. Талдау барысында байқайтынымыздай, тұздану деңгейі 37 жыл ішінде 11 есеге артқан. Тұзданған аймақтардың кеңеюі - аймақтың ауыл шаруашылығына жарамсыз болып бара жатқанының айғағы. Мұндай жағдай тек экологиялық емес, экономикалық тұрғыда да қауіп төндіреді. LST көрсеткіштері бойынша жердің беткі қабатының температурасы жыл сайын артып келе жатқаны байқалады. Дәлірек тоқталар болсақ, 1987 жылы температура шамамен 40–45°C аралығында болса, 2023 жылға қарай 50–55°C деңгейіне жеткен. Бұл құбылыс климаттың жылынуы мен жердің табиғи жамылғысының өзгеруіне байланысты. Жоғары температура өсімдіктердің күйіп кетуіне, топырақтың кебуіне және эрозияға әкеледі. Ал NDBI индексі негізінде адамның шаруашылық әрекеттері, әсіресе урбанизация, инфрақұрылым нысандарының ұлғаюы және егіншілік қызметінің таралуы қадағаланды.

Жүргізілген картографиялық талдау және индекс мәндері негізінде, Арал теңізінің тартылған табаны мен оның маңындағы аумақтарда келешекте жер ресурстарын ауылшаруашылыққа тиімді пайдалану үшін келесі қорытындылар жасалды:

Біріншіден, ғарыштық мониторинг деректері негізінде жердің деградация деңгейін, тұздану аймағын және тіршіліктің таралу ерекшеліктерін тұрақты түрде бақылау қажет. Бұл нақты шешім қабылдауға және табиғи-экономикалық жоспарлауға мүмкіндік береді.

Екіншіден, қазіргі таңда тұзданған жерлердің үлкен бөлігі ауыл шаруашылығына тікелей жарамсыз болғанымен, оларды рекультивациялау, яғни қалпына келтіру, жұмыстары жүргізілуі тиіс. Мысалы, тұзға төзімді өсімдіктерді (галофиттерді) отырғызу арқылы осы аймақты биологиялық жолмен қалпына келтіру – қолайлы әрі экологиялық тұрғыда тиімді шешімдердің бірі болып табылады.

Үшіншіден, көрсеткіштер арқылы судың жетіспеушілігі мен температураның артуына байланысты, су ресурстарын ұтымды пайдалану мен климаттық бейімделу стратегиялары қажет. Бұл жерде Кіші Аралды сақтау тәжірибесін жалғастыру ерекше маңызды, себебі ол Қазақстан территориясындағы экожүйелік тепе-теңдіктің сақталуына тікелей әсер етеді.

Төртіншіден, алынған деректерді тек ғылыми ортада ғана емес, мемлекеттік деңгейде шешім қабылдау барысында, сонымен қатар халықаралық ұйымдармен ынтымақтастықты нығайтуда қолдану қажет. Себебі Арал дағдарысы – ғаламдық деңгейдегі экологиялық мәселе.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері көрсеткендей, Арал теңізінің құрғаған табаны мен оның маңындағы экожүйенің қазіргі жай-күйі ауыл шаруашылығына пайдалану үшін толықтай жарамды емес. Дегенмен, ғылыми негізделген әдістерді қолдана отырып, бұл жерлерді қайта қалпына келтіруге мүмкіндік бар. Тек жүйелі, ұзақ мерзімді, тұрақты мониторинг пен практикалық шаралар қажет.

Қорыта айтқанда, Арал экожүйесін қалпына келтіру жұмыстары жалғасуы тиіс. Бұл тек табиғатты сақтау үшін емес, сонымен бірге аймақ халқының денсаулығы мен әлеуметтік жағдайын жақсарту мақсатында маңызды. Жүргізілген ғылыми зерттеу – осы мақсатқа жетудегі бір қадам. Болашақта алынған мәліметтер негізінде нақты жобалар мен кешенді бағдарламалар жасалып, Арал маңы өңірін экологиялық және экономикалық тұрғыда қайта жандандыруға жол ашылады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Micklin, P. "The Aral Sea Disaster." // Annual Review of Earth and Planetary Sciences, Vol. 35, 2007, pp. 47–72.
- 2 UNESCO. The Aral Sea Basin – A Lesson in Transboundary Water Management. Paris: UNESCO, 2011
- 3 Т. К. Карлиханов, Г. Т. Далдабаева, О. К. Карлыханов және С. Р. Ибатуллин., Арал: прошлое, настоящее, будущее - Астана, 2016 г. 405 с.
- 4 Esri. (n.d.). Indices gallery—ArcGIS Pro Documentation. ArcGIS Pro. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/imagery/indices-gallery.htm>
- 5 U.S. Geological Survey. (n.d.). What are the band designations for the Landsat satellites? <https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites>
- 6 Бродский, А. К. Арал теңізі: экологиялық апат және оның салдары. Алматы: Ғылым, 1992. - 184 б.
- 7 United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP). (n.d.). Aral Sea: Climate Change Impact Scenarios and Resilience Strategies. <https://rrp.unescap.org/aral-sea>
- 8 Ахметбеков, А. (2025, 10 ақпан). Солтүстік Аралдың ауданы үш жылда 111 шаршы шақырымға ұлғайды. Azattyq Rýhy. <https://rus.azattyq-ruhy.kz/news/81307-na-111-kvadratnykh-kilometrov-uvelichilas-ploshchad-severnogo-arala-za-tri-goda>.
- 9 Молдағали, Б., & Узбекбай, А. (2024, 28 тамыз). Экологиялық мәселелер аясында: Продавец дождя с сомнительным оборудованием. Vlast.kz. <https://vlast.kz/obsshestvo/61660-prodavec-dozda-s-somnitelnym-oborudovaniem.html>

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс бойынша
(жұмыс түрінің атауы)
Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтан
(Білім алушының Т. А. Ә.)
6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия
(Шифр және ББ атауы)

Тақырып: Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу
және аумақтың экожүйесін бағалау

Дипломдық жұмыс жылдап зардап шегіп келе жатқан, сонау 65 жылдан астам уақыт дағдарыстағы Арал теңізі маңындағы экологиялық жағдайды бағалауға негізделген. Бұл үшін зерттеу барысында, табиғи-климаттық және антропогендік әсерлердің кеңістіктік-сандық көрінісін анықтау мақсатында бірнеше экологиялық индекстерге талдау жүргізіле отырып, олардың уақыт бойынша өзгерісі мен аумақтық таралуы қарастырылған.

Арал теңізінің жағалау сызықтарының жылдар бойындағы өзгерістерін бақылау және олардың өзгеру динамикасына талдау жасалған. Зерттеуде 2015, 2018 және 2023 жылдардағы алынған ғарыштық суреттер пайдаланылған. Зерттеу тақырыбына сай арнайы индекстердің көрсеткіштері есептеліп, көрсеткіштерді қолдану арқылы топырақтың тұздану деңгейі, өсімдіктердің даму жағдайы, су айдындарының динамикасы, құрылыс алаптарының кеңеюі және жер беті температурасының өзгерісі жан-жақты зерттелді. Зерттеу барысында тек Қазақстан аумағындағы ғана емес, сондай-ақ шетелдік тәжірибелер де қарастырылып, тұзданған жерлерді қалпына келтіруге бағытталған тиімді іс-шаралар қарастырылған.

Дипломдық жұмысты орындау барысында Сұлтан мен Ұлықбек өзінің өндірістік тәжірибе өткен кездегі және диплом жазу барысындағы жинаған мәліметтерін университет қабырғасынан алған білімдерімен ұштастыра білді. Дипломдық жұмыс бекітілген тақырыпқа толықтай келіседі және мемлекеттік стандартқа сай орындалған. Дипломдық жұмысты «97» баллмен бағалаймын және дипломдық жұмыстың иелері Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтан бакалавр академиялық дәрежесіне лайықты деп санаймын және жұмысын қорғауға жіберуге ұсынамын.

Ғылыми жетекші
ҚазҰЗТУ, МЖТ кафедрасының
PhD, қауымдастырылған профессор
Айтказинова Ш.К.
«03» маусым 2024ж.



«Қ.И.СӘТБАЕВ атындағы ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ ТЕХНИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ»
КОММЕРЦИЯЛЫҚ ЕМЕС АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмысқа
(жұмыс түрлерінің атауы)

Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтан
(оқушының аты жөні)

6B07304 – «Геокеңістіктік цифрлық инженерия
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың
экожүйесін бағалау

Орындалды:

а) Графикалық бөлім _____ 20 _____ парақтарда
б) түсіндірме жазба _____ 62 _____ беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Дипломдық жұмыс Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу
және аумақтың экожүйесін бағалау тақырыбына арналып жазылған. Жұмысқа
айтарлықтай үлкен ескертулер жоқ, түсініктеме жазба арасында грамматикалық
кәтеліктер кездеседі. Жұмыста тақырып жақсы ашылған.

Жұмысты бағалау

Ізденушілердің жұмысын және презентациясын жан-жақты талдай отырып,
Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтанның дипломдық жұмысы барлық стандарттық
талаптарға сай, тақырыпқа сәйкес, жоғары деңгейде орындалған. Жалпы жұмысты 96 -
«өте жақсы» деп бағалауға болады.

Рецензент

ҚазҰАЗУ т.ғ.к.,

қауым. профессор

Сарыбаев О.А.

«2» 06 2025 ж.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Оралбек Ұлықбек, Әнуаров Сұлтан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың экожүйесін бағалау

Научный руководитель: Шынар Айтказинова

Коэффициент Подобия 1: 3.2

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 6

Знаки из других алфавитов: 78

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

работа участвовал в НИРС в 2025 году.

2025-05-28

Дата



Заведующий кафедрой

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Оралбек Ұлықбек, Өнуаров Сұлтан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Арал теңізінің жағалау сызықтарына мониторинг жүргізу және аумақтың экожүйесін бағалау

Научный руководитель: Шынар Айтказинова

Коэффициент Подобия 1: 3.2

Коэффициент Подобия 2: 1.1

Микропробелы: 6

Знаки из других алфавитов: 78

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

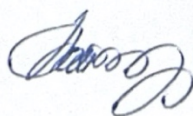
☐ Обоснование:

работа участвовал в НИРС в 2025 году.

2025-05-28

Дата

Орынбасар Байтурбай



проверяющий эксперт