

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

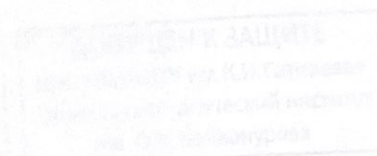
Маркшейдерлік іс және геодезия кафедрасы

Касенова Сая Берікқызы

Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен
бағдарламалық кешендер (БК) колданып жасау

МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия



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

ӘОЖ 528.8.854

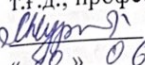
Қолжазба құқығында

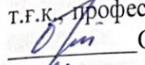
Касенова Сая Берікқызы

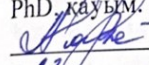
Магистр академиялық дәрежесін алу үшін
МАГИСТРЛІК ДИССЕРТАЦИЯ

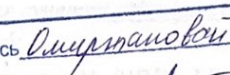
Диссертацияның атауы Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ
деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау

Дайындау бағыты 7М07306– «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»

Ғылыми жетекші,
т.ғ.д., профессор,
 Нурпеисова М.Б.
« 06 » 06 2025 ж.

Рецензент
т.ғ.к., профессор
 Омиржанова Ж.Т.
« 06 » 06 2025 ж.

Норма бақылаушы
PhD, қауым. профессор,
 Айтказинова Ш.К.
« 03 » 06 2025 ж.

Подпись 
завещаю
департамент
« 10 » 06 20 25

№ 7. ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
НАО «КазНУТ им.К.И.Сатпаева»
Горно-металлургический институт
им. О.А. Байконурова

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
«Маркшейдерлік іс және
геодезия» кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қауым. профессор
 Мейрамбек Г.
« 03 » 06 2025 ж.

Алматы 2025

КАЗАҚСТАН 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

7М07306 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к., қазым. проф.

Мейрамбек Г.М.

«23» 06 2025 ж.

**Магистрлік диссертацияны орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Магистрант: Касенова Сая Берікқызы

Тақырыбы: «Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау»

Академиялық мәселелер жөніндегі проректор 2023 жылғы «04» желтоқсан №548-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған диссертацияны тапсыру мерзімі: «19» маусым 2025 ж.

Магистрлік диссертацияның бастапқы деректері: ғылыми-зерттеу еңбектеріне шолу, зерттеу нысаны туралы жалпы мәлімет, ғарыштық суреттерді жіктеу.

Магистрлік әзірлеуге жататын мәселелер тізімі:

а) Суреттерді жіктеу, спектралдық индекстерді (NDVI, MNDWI, NDBI) есептеу.

б) Уақыт бойынша өсімдік жамылғысындағы өзгерістерді салыстырмалы түрде сараптау.

с) Геоақпараттық жүйелерде (ГАЖ) карта жасау әдістерін қолдану арқылы өзгеріс карталарын құрастыру.

Графикалық материалдар тізімі (міндетті сызбаларды дәл көрсете отырып):

Жұмыс презентациясы слайдтарда 17 көрсетілген

Ұсынылатын негізгі әдебиеттер:

1 Landsat 8-9 пайдаланушы нұсқаулығы. – USGS.gov.

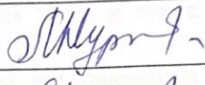
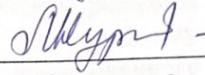
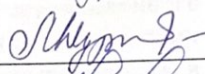
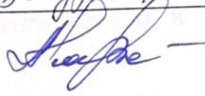
2 Байжомартов Б.Т. Алакөл экожүйесінің тұрақтылығы: географиялық талдау. – Семей: Шәкәрім университеті, 2021.

3 Жалелов С. Табиғи ресурстарды қашықтықтан зондау әдістерімен бағалау. – Алматы: Экос, 2020.

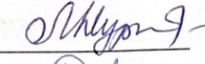
Магистрлік диссертацияны дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдердің атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескертулер
Зерттеу ауданының физика-географиялық сипаттамасы. Жерді қашықтықтан зерделеу мәліметтері.	01.10.2024 ж.	—
Өсімдік жамылғысының динамикасын зерттеудің өзектілігі. ЖҚЗ мәліметтері арқылы өсімдік жамылғысының өзгерісін талдау әдістемесі. Қолданылған бағдарламалық кешендер.	20.12.2024 ж.	—
Вегетациялық индекстерді есептеу және салыстыру. Анализ жасау.	01.03.2025 ж.	—

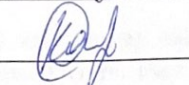
Аяқталған магистрлік диссертация үшін, оған қатысты бөлімдердегі диссертациялар кеңесшілері мен норма бақылаушысының қойған қолдары

Бөлімдердің атаулары	Консультанттар, аты-жөні (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Негізгі бөлім	т.ғ.д., профессор Нурпеисова М.Б.	01.10.2024 ж.	
Арнайы бөлім	т.ғ.д., профессор Нурпеисова М.Б.	20.12.2024 ж.	
Геодезиялық-маркшейдерлік бөлім	т.ғ.д., профессор Нурпеисова М.Б.	01.03.2025 ж.	
Норма бақылаушы	PhD, қауымдастырылған профессор Аитказинова Ш.К.	23.06.25 ж.	

Ғылыми жетекші

 Нурпеисова М.Б.

Білім алушы тапсырманы орындауға алды

 Касенова С.Б.

Күні

«23» 06 2025 ж.

АНДАТПА

Соңғы онжылдықтарда Алакөл көлі және оның аумағында жерлер атпропогендік және әртүрлі климаттық фактордардың әсерінен айтарлықтай өзгерістерге ұшырап отыр. Бұл өзгерістерге ауыл шаруашылығы өндірісінің қарқындап дамуы, жайылым жерлердің ұлғаюы, тамшылатын суғару әдісі нәтижесінде суармалы егіншіліктің ұлғаюы, туризм саласының белсенді өсуі себеп болуда. Сонымен қатар, климаттың өзгеруі мен су деңгейінің құбылуы көлдің өсімдік жамылғысы динамикасына елеулі әсерін тигізуде.

Осыған байланысты, Алакөл көлінің кеңістік және уақыттық өзгерістерін зерттеу-табиғи ресурстарды сақтау және оларды ұтымды пайдалану үшін маңызды. Бұл тұрғыда Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) мәліметтері мен геоақпараттық технологияларды пайдалану арқылы алынатын нәтижелер қазіргі географиялық және экологиялық зерттеулерде үлкен ғылыми және тәжірибелік маңызға ие.

АННОТАЦИЯ

В последние десятилетия озеро Алаколь и прилегающие к нему территории претерпевают существенные изменения под воздействием различных климатических и антропогенных факторов. Основными причинами этих трансформаций являются интенсивное развитие сельскохозяйственного производства, расширение пастбищных угодий, увеличение площадей орошаемых земель в результате внедрения капельного орошения, а также активный рост туристической деятельности в регионе. Наряду с этим, изменение климатических условий и колебания уровня воды в озере оказывают заметное влияние на динамику растительного покрова.

В этом контексте исследование пространственно-временной динамики природной среды в районе озера Алаколь представляет собой важный шаг к рациональному использованию и охране природных ресурсов. Применение данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) и геоинформационных технологий в данном направлении обеспечивает получение ценных научных и прикладных результатов, востребованных в современных географических и экологических исследованиях.

ANNOTATION

In recent decades, Lake Alakol and its surrounding areas have undergone significant changes due to various anthropogenic and climatic factors. These changes are largely driven by the rapid development of agricultural production, the expansion of pasture lands, the increase in irrigated farming areas as a result of the introduction of drip irrigation methods, and the active growth of the tourism sector.

In addition, climate change and fluctuations in water levels have had a considerable impact on the dynamics of the lake's vegetation cover. In this context, studying the spatial and temporal changes in the Alakol region is essential for the conservation and rational use of natural resources. The results obtained through the use of remote sensing (RS) data and geoinformation technologies hold significant scientific and practical value in modern geographical and environmental research.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Зерттеу нысаны	9
1.1 Алакөл көлінің физика-географиялық сипаттамасы	9
1.2 Жерді қашықтықтан зерделеу мәліметтері	13
2 Зерттеу әдістері мен материалдары	19
2.1 Қашықтықтан зондтау деректері бойынша өсімдік жамылғысының динамикасын зерттеудің өзектілігі	19
2.2 ЖҚЗ мәліметтері арқылы өсімдік жамылғысының өзгерісін талдау әдістемесі	23
2.3 Қолданылған бағдарламалық кешендер (БК)	25
3 Алакөл көлі өсімдік жамылғысының динамикасын картографиялау	29
3.1 Вегетациялық индекстерді есептеу және салыстыру	29
3.2 Анализ жасау	51
Қорытынды	56
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	57

КІРІСПЕ

Жұмыстың өзектілігі. Соңғы жылдары Алакөл көлі және оның маңында климаттық және антропогендік факторлардың әсерінен табиғи ортада кешенді өзгерістер байқалуда. Ауыл шаруашылығының қарқынды түрде дамуы, туризм саласының жылдын-жылға артуы және су режимінің тұрақсыздығы өсімдік жамылғысына елеулі түрде әсер етуде. Бұл жағдайлар табиғи ресурстарды тиімді басқаруға кедергі келтіреді. Осыған байланысты, геоақпараттық технологиялар мен ЖҚЗ деректері қолдану арқылы, өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін анықтау - қазіргі экологиялық және географиялық зерттеулер үшін өзекті мәселелердің бірі.

Жұмыстың мақсаты. Алакөл көлі маңындағы өсімдік жамылғысының динамикасын ЖҚЗ деректері мен геоақпараттық технологияларды пайдалану арқылы кеңістіктік және уақыттық тұрғыдан талдау, өзгеріс карталарын жасау және нәтижелерді табиғи ресурстарды басқару мақсатында қолдану. Бұл зерттеу заманауи қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиялары мен спектралдық индекстерді (NDVI, NDWI, NDBI) қолдану арқылы Алакөл көлінің өсімдік жамылғысы, ылғалдылығы және урбанизация динамикасын (2015, 2020, 2025 жылдар) кешенді түрде картаға түсіруді алғаш рет жүзеге асырды. Зерттеу барысында бірнеше спектралдық көрсеткіштерді үйлестіру арқылы аймақтың экологиялық жағдайын нақты әрі жедел бағалауға қол жеткізілді. Бұл тәсіл табиғатты қорғау, су ресурстарын сақтау және экологиялық саясатты жоспарлау үшін маңызды ғылыми негіз бола алады, сондай-ақ шөлейт аймақтардағы экожүйелік өзгерістерді бақылаудың тиімді құралын ұсынады.

Жұмыстың мақсатына байланысты шешілетін негізгі мәселелер

Алакөл аймағына қатысты ЖҚЗ деректерін іріктеу және өңдеу;

Спектралдық индекстерді (NDVI, NDWI, NDBI) есептеу арқылы динамиканы бағалау;

Уақыт бойынша өсімдік жамылғысындағы өзгерістерді салыстырмалы түрде сараптау;

Геоақпараттық жүйелерде (ГАЗ) карта жасау әдістерін қолдану арқылы өзгеріс карталарын құрастыру;

Нәтижелерді табиғи ресурстарды басқару мен экологиялық мониторингке қолдану.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеуде келесі әдістер қолданылады: қашықтықтан зондтау деректерін өңдеу, салыстырмалы географиялық, геоақпараттық модельдеу және талдау, алынған материалдарға анализ жасау. Спутниктік суреттер (Landsat), климаттық және топырақтық деректер, 2015 жылдан 2025 жылға дейін жүргізілген зерттеулер, отандық және шетелдік интернет мұрағаттарының материалдары пайдаланылды.

Әдістер:

– ЖҚЗ деректерін алдын ала өңдеу (атмосфералық түзету, геокодтау,

кескіндеу);

- NDVI, NDWI, NDBI вегетациялық индекстерді есептеу;
- Уақыттық қатарларды талдау әдістері;
- QGIS бағдарламалық кешендерде карта жасау;
- Статистикалық және кеңістіктік талдау әдістері.

Зерттеудің теориялық негіздері. Зерттеу Жерді қашықтықтан зондтау, геоақпараттық жүйелер және ландшафтық экология теорияларына негізделеді. Сонымен қатар, өсімдік жамылғысының экологиялық рөлі мен климаттық факторлардың әсерін бағалауға қатысты теориялық еңбектерге сүйенеді.

Зерттеу объектісі - Алакөл көлі және оның маңындағы аумақтарда орналасқан табиғи және антропогендік өзгеріске ұшыраған өсімдік жамылғысы.

1 Зерттеу нысаны

1.1 Алакөл көлінің физика-географиялық сипаттамасы

Алакөл көлі - Қазақстанның оңтүстік-шығысында орналасқан ірі әрі ғажайып көлдердің бірі. Ол Шығыс Қазақстан және Алматы облыстарының түйіскен тұсында, Балқаш-Алакөл жазығында орналасқан. Бұл көл Балқаш-Алакөл көлдер жүйесіне кіреді және өзінің ерекше табиғи-климаттық ерекшеліктерімен, емдік суымен, сондай-ақ экожүйелік маңызымен ерекшеленеді. Көл шамамен $46^{\circ}00'$ солтүстік ендік пен $81^{\circ}30'$ шығыс бойлық аралығында орналасқан [1].



1.1 - сурет – Алакөл көлі

1.1-суретке сәйкес бейнеленген Алакөл көлінің жалпы ауданы шамамен 2 650 км² құрайды. Оның ұзындығы 104 км-ге дейін созылып жатса, ал ең енді бөлігі 52 км-ге жетеді. Орташа тереңдігі 22 метр шамасында болса, ең терең нүктелері 54 метрге дейін барады. Көл суы тұзды, бірақ тұздылық деңгейі жыл мезгілдеріне және климаттық жағдайларға байланысты өзгеріп тұрады. Тұздылықтың өзгеруі әсіресе булану, жауын-шашын мөлшері және өзен суларының келуімен тығыз байланысты.

Алакөлдің гидрологиялық режиміне жер үсті ағындары мен климаттық факторлар айтарлықтай әсер етеді. Көлге құятын негізгі өзендер қатарында Үржар, Қатынсу, Емел және Жаманөткел өзендері бар. Бұл өзендердің

барлығы дерлік таулы аймақтардан бастау алады және негізінен қар мен мұздықтардың еруі есебінен қоректенеді. Осы өзендер арқылы келіп түсетін ағын сулар көлдің су балансында маңызды рөл атқарады. Көктем мезгілінде, қар еріген кезде, өзендерде су тасу құбылысы жиі байқалады. Бұл кезеңде су ағынының көлемі артып, көл деңгейінің уақытша көтерілуіне себеп болады [2].

Әсіресе Үржар және Қатынсу өзендері Алакөлдің солтүстік-шығыс бөлігін негізгі тұщы су көздерімен қамтамасыз ететін маңызды гидрологиялық артериялар болып саналады. Бұл өзендердің су тасымалдау қабілеті маусымдық ерекшеліктерге байланысты өзгеріп отырады. Көктемгі қар еру кезеңінде ағын мөлшері күрт артып, көл деңгейінің көтерілуіне әсер етеді. Жаз айларында, керісінше, булану процесі күшейіп, өзендер ағынының төмендеуі байқалады. Бұл табиғи ауытқулар көлдің гидрологиялық балансын қалыптастыруда шешуші рөл атқарады.

Өзендер арқылы келіп түсетін тұщы су көлдегі тұз концентрациясын төмендетіп, экожүйенің тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік береді. Тұщылану деңгейінің маусымдық өзгерістері балық түрлерінің көбеюіне, өсімдіктер қауымдастығының әртүрлілігіне және су жануарларының тіршілігіне әсер етеді. Сонымен қатар, бұл үрдістер көл маңындағы микроклиматтық жағдайларды реттеуге де ықпал етеді.

Алакөлдің табиғи жағдайлары мен күрделі гидрологиялық құрылымы оны тек Қазақстандағы ғана емес, бүкіл Орталық Азиядағы бірегей экожүйелік нысандардың қатарына қосады. Оның аумағы Рамсар конвенциясына сәйкес ерекше қорғалатын сулы-батпақты жерлер тізіміне енгізілген. Бұл көлдің халықаралық экологиялық маңыздылығын көрсетеді. Алакөл маңында сирек кездесетін құстардың (мысалы, реликті шағала) мекендейтін орындары, сонымен қатар эндемик өсімдіктер мен жануарлар тіршілік етеді [3].

Соңғы жылдары Алакөлдің туристік әлеуеті де артып келеді. Жағалау бойында демалыс аймақтары мен сауықтыру кешендері салынып, инфрақұрылым кеңейіп жатыр. Бұл өз кезегінде көл экожүйесіне түсетін антропогендік жүктемені арттыруы мүмкін. Сондықтан көл маңындағы табиғи байлықты сақтап қалу үшін экологиялық мониторинг, тұрақты даму қағидаларына негізделген басқару және ғылыми-зерттеу жұмыстарын тұрақты түрде жүргізу қажет.

Жалпы алғанда, Алакөлдің табиғи-географиялық және экологиялық ерекшеліктері оны көпсалалы зерттеу объектісі ретінде де, биологиялық әртүрлілікті сақтау мен дамыту тұрғысынан да жоғары маңызға ие етеді. Бұл көл климаттың өзгеруіне, су ресурстарының азаюына және адам қызметінің ықпалына сезімтал табиғи жүйе ретінде кешенді түрде зерттеуді талап етеді.

Алакөл көлінің суы орташа деңгейде тұзды болып келеді. Орташа тұздылығы шамамен 1,2-3,5 г/л-ды құрайды. Бұл көрсеткіш ауа райына байланысты, жауын-шашын мөлшеріне, булану үдерісіне қатысты ауытқиды. Көлдің суының химиялық құрамы жағынан хлоридті-натрийлі болып келеді,

яғни құрамында магний тұздары мен сульфаттар кездеседі.

Климаты құрғақ континентті. Қыста суық, қар мөлшері аз болса, жазда ыстық әрі құрғақ болады. Қантар айының орташа температура 10-15 °С шамасында болады, шілде айында +25-30 °С аралығында болады. Жауын-шашынның жылдық мөлшерлемесі 150-300 мм. Жауын шашын көктем мезгілінің наурыз-сәуір айларында, күз мезгілінің қыркүйек-қазан айларында түседі. Бұл климаттық жағдай вегетациялық индекстердің белсенділігіне, өсімдіктердің өсіп-өнуіне тікелей әсерін береді.

Ылғалдылық деңгейі төмен, бұл буланудың жоғары болуына әсер етеді. Жаз айларында күн радиациясының күшеюі су балансына және ондағы өсімдік жамылғысына тікелей әсер етеді. Бұл аймаққа желдің қатты соғуы тән, көктем мен күз мезгілдерінде күшті желдер жиі соғады.

Алакөл көлі гидрологиясы жағынан тұйық көлдердің қатарына жатады, яғни көлдер өзендер ағып шықпайды. Бұл көл су балансының қалыптасуына ерекше әсер етеді, себебі тек өзендер, атмосфералық жауын-шашын және жер асты сулары арқылы келіп түскен су булану арқылы ғана шығындалады. Сондықтан климаттың кез келген өзгерісі көлдің гидрологиялық режиміне тікелей әсерін тигізеді.

Алакөл көлінің топырақ жамылғысы да алуан түрлі болып келеді. Аймақтың оңтүстік және батыс бөліктерінде - қоңыр және ашық қоңыр топырақтар кең таралған. Бұл топырақтардың қара шірік мөлшері гумусы аз, ылғал сақтау қабілеті төмен, құрылымы жеңіл болып келеді. Қоңыр және ашық қоңыр топырақ түрлерінде жусан-бетеге өсімдіктері өседі.

Көлдің жағалау аймақтарында негізінен сортаң және сор топырақтар кеңінен таралған. Бұл топырақ түрлері құрамындағы тұздың өте жоғары мөлшерімен ерекшеленеді, сондықтан олар агрономиялық тұрғыдан құнарсыз болып есептеледі. Мұндай топырақ жамылғысында өсімдіктердің өсуі қиынға соғады, себебі тұз өсімдіктің су сіңіру қабілетін төмендетеді және физиологиялық құрғақшылық туындатады. Алайда осы ерекшеліктерге бейімделген өсімдіктер де кездеседі. Әсіресе галофиттер деп аталатын тұзға төзімді өсімдіктер - соның ішінде жусан, баялыш, соран тәрізді түрлер - сортаң және сор жерлерде тіршілік етеді. Бұл өсімдіктер экожүйе тұрақтылығын сақтауда маңызды рөл атқарады, сондай-ақ кейбіреуі жайылымдық мақсатта да пайдаланылуы мүмкін.

Көлдің шығыс және оңтүстік-шығыс бөліктерінде құмды және құмдауыт топырақтар жиі кездеседі. Мұндай топырақтардың негізгі ерекшелігі – олардың механикалық құрамының жеңілдігі мен су өткізгіштігінің жоғары болуы. Алайда бұл артықшылықтармен қатар, мұндай топырақтар жел эрозиясына өте бейім, әсіресе өсімдіктер жамылғысы сирек немесе мүлде болмаған жағдайда. Құмды және құмдауыт топырақтарда ылғалды сақтау қиын болғандықтан, мұнда тек құрғақшылыққа және нашар қоректік ортаға төзімді өсімдіктер ғана өсіп, тіршілік ете алады. Бұл аймақтарда көбінесе сирек шөптесін өсімдіктер таралған, олардың ішінде жатаған қияқ, боз, еркекшөп секілді түрлер жиі кездеседі. Мұндай өсімдіктер

топырақты бекітуге, эрозиядан қорғауға белгілі бір дәрежеде үлес қосады.

1.2-суретке сәйкес өсімдік жамылғысынан көбінесе құрғақшылыққа төзімді яғни, жусан, сексеуіл, бетеге, қияқ тәрізді шөптесін және бұталы түрлер таралған. Көл маңындағы батпақты-сазды жерлерде қамыс, балқурай, тағы басқа су маңындағы өсімдіктер өседі.



1.2 - сурет – Алакөл көлінің флорасы
а) жусан; ә) бетеге ; б) қияқ

Алакөл көлінің экожүйесі өзінің биологиялық ерекшелігімен танымал. Бұл аймақта – көптеген құстардың, соның ішінде Қазақстанның Қызыл кітабына енген 1.3-суретке сәйкес реликт шағаланың (*Larus relictus*) маңызды ұя салу орны болып саналады. Сонымен қатар көл маңында аққу, үйрек, қаз, қоқиқаз секілді құстар мекендейді.



1.3- сурет – *Larus relictus* шағаласы

Экологиялық тұрғыдан, соңғы онжылдықтарда Алакөл көлі мен оның айналасы әртүрлі антропогендік және климаттық факторлардың әсерінен елеулі өзгерістерге ұшырап келеді. Ауыл шаруашылығының дамуы, жайылым жерлердің ұлғаюы, Алакөл ауданында тамшылатып суғару жүйесін ұолдану нәтижесінде суармалы егіншіліктің дамуы және туризм саласының жылдан-жылға артуы табиғи ортаға, өсімдік жамылғысына әсер етуде. Сонымен қатар климаттық факторлар мен су деңгейінің құбылуы көлдің өсімдік жамылғысының динамикасына әсер етеді [4].

Осы жоғарыда көрсетілген факторларды ескере отырып, Алакөл көлі маңындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық динамикасын зерттеу - табиғи ресурстарды тиімді пайдалану мен оларды қорғауға бағытталған маңызды қадам болып табылады. Бұл тұрғыда Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) мәліметтері мен геоақпараттық технологияларды пайдалану арқылы алынатын нәтижелер қазіргі географиялық және экологиялық зерттеулер үшін үлкен ғылыми және тәжірибелік маңызға ие.

1.2 Жерді қашықтықтан зерделеу мәліметтері

Қазақстан көлемі жөнінен әлемде тоғызыншы орынды иеленеді. Осындай орасан зор аумақтағы табиғи ресурстардың жай-күйін тиімді және жүйелі түрде бақылау үшін заманауи технологияларды қолдану - қазіргі заманның маңызды талабы. Бұл әсіресе климаттың өзгеруі, экожүйелердің тозуы, су ресурстарының сарқылуы және урбанизация үдерістерін ескергенде ерекше өзекті болып отыр. Осындай кешенді мәселелерді шешуде Жерді қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) технологиясы кеңістіктік және уақыттық өзгерістерді талдаудың, табиғи және антропогендік факторлардың әсерін анықтаудың тиімді әрі үнемді құралы ретінде алға шығады.

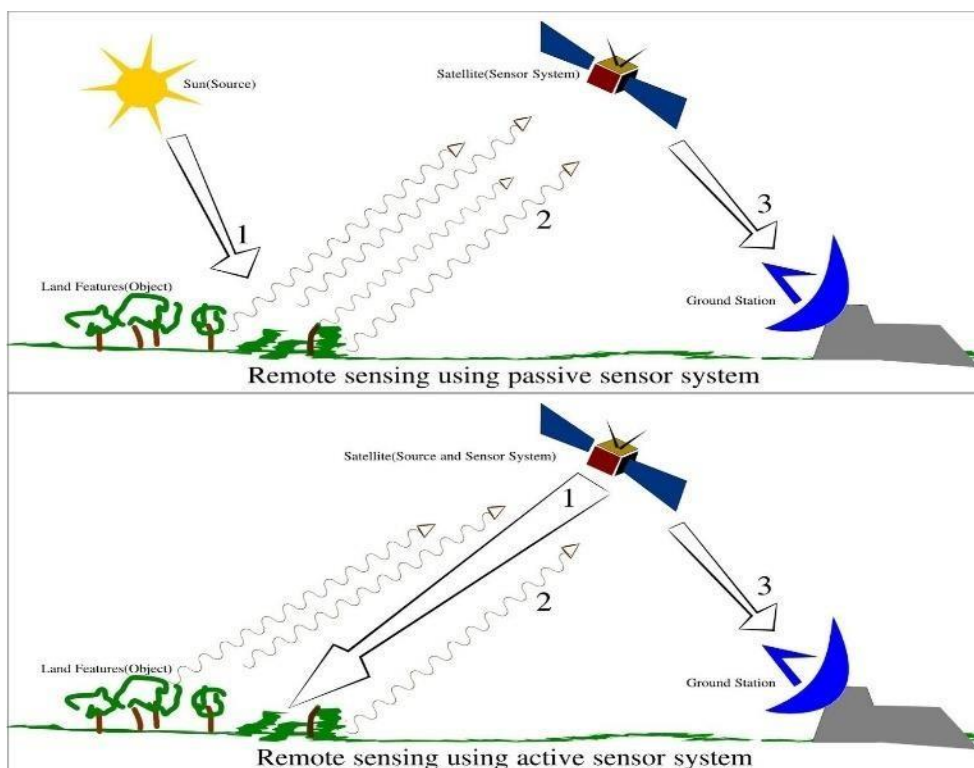
Жерді қашықтықтан зондтау - бұл Жер бетінің физикалық сипаттамаларын электромагниттік сәулелену негізінде байланыссыз, яғни тікелей жанасусыз зерттеу әдісі. Бұл әдіс арқылы атмосфералық жағдайларды, жер бедері мен жабындысының өзгерістерін, су және орман ресурстарының күйін, ауыл шаруашылығы алқаптарының өнімділігін, сондай-ақ төтенше жағдайлар салдарын бағалауға болады [5].

Қазіргі таңда ЖҚЗ деректерінің негізгі көзі - Жердің жасанды серіктері (спутниктер). Олар кең аумақтарды үздіксіз бақылап, әртүрлі спектрлік диапазонда (оптикалық, инфрақызыл, микротолқынды) мәліметтер жинайды. Бұл мәліметтер әдетте растрлық форматтағы сандық суреттер түрінде ұсынылады және кеңістіктік ажыратымдылығы мен түсірілім жиілігіне қарай әртүрлі болады. Мұндай деректерді заманауи геоақпараттық жүйелерде (ГАЗ) өңдеу арқылы табиғи үдерістердің динамикасы мен кеңістіктік үлгілерін анықтауға, карталар құрастыруға және ғылыми болжамдар жасауға мүмкіндік туады [6].

Сондай-ақ, ЖҚЗ мәліметтері мемлекеттік деңгейдегі жер пайдалану мониторингі, экологиялық қауіпсіздік пен табиғатты қорғау шараларын жоспарлау, сондай-ақ ауыл шаруашылығы мен су ресурстарын басқару сияқты көптеген стратегиялық маңызды салаларда қолданылады. Демек, ЖҚЗ технологиясы - табиғи ресурстарды ұтымды басқару мен орнықты дамуға қол жеткізудің негізгі құралдарының бірі.

Сонымен қатар, ЖҚЗ деректерін көпжылдық динамикалық талдау арқылы климаттық өзгерістер мен табиғи апаттардың ұзақ мерзімді әсерлерін

бағалауға болады. Бұл технологиялар ғылыми зерттеулермен қатар, мемлекеттік саясат пен басқарушылық шешімдер қабылдауда да маңызды ақпарат көзі болып табылады.



1.4 - сурет – Қашықтықтан зондтауда пассивті және активті сенсорлық жүйелерді қолдану

1.4-суретке сәйкес берілген диаграмма қашықтықтан зондтау жүйелерінің екі негізгі түрін пассивті және активті сенсорлық жүйелерді салыстырмалы түрде сипаттайды. Пассивті сенсорлық жүйеде электромагниттік сәулеленудің көзі ретінде Күн пайдаланылады, ал сенсор Жер бетінен шағылысқан табиғи сәулеленуді қабылдайды. Бұл жүйе тек күн сәулесі болған жағдайда (күндізгі уақытта) мәлімет жинай алады. Ал активті сенсорлық жүйе (мысалы, радиолокациялық немесе лидаралық жүйе) өзінен электромагниттік толқын шығарып, олардың Жер бетінен шағылысып қайтқан сигналын тіркейді. Бұл технологиялар күн мен түнге, бұлттылық пен жарық жағдайларына тәуелсіз мәліметтер алуға мүмкіндік береді. Екі жүйеде де алынған ақпарат жердегі қабылдау станцияларына жіберіліп, өңдеуге беріледі [7].

Әлемде нарықта сұранысқа ие ЖҚЗ деректерінің бірнеше жетекші жеткізушілерін бөліп көрсетуге болады. Бұл жеткізушілердің ғарыштық суреттері "баға-сапа" арақатынасына ие. ЖҚЗ деректерін алуға Америка Құрама Штаты (АҚШ), Франция, Жапония сияқты елдер іске қосқан спутниктік жүйелер елеулі үлес қосты. Осы елдермен қатар ЖҚЗ деректер нарығының жас қатысушылары - Қытай, Үндістан, Израиль, Германия және

т.б. пайда болады. Ол Ресей Табиғи ресурстар министрлігінің, Росгидрометтің, радиоғарыштық ақпарат (РГА) және басқа да мүдделі ведомстволардың бөлімшелерін жедел ақпаратпен қамтамасыз етуге арналған [8].

Қазіргі уақытта ЖҚЗ суреттерін ұсынатын түрлі халықаралық ұйымдар мен жеке компаниялар саны артып келеді. Мысалы, EOS, USGS (United States Geological Survey) және Land Viewer сияқты платформалар жоғары кеңістіктік және спектралдық ажыратымдылықтағы мәліметтермен қамтамасыз етеді. Бұл ресурстар ғылыми зерттеулерден бастап, ауыл шаруашылығы, орман ресурстарын бақылау және экологиялық мониторингке дейінгі әртүрлі салаларда кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, Google Earth, Яндекс.карталар секілді жалпыға қолжетімді платформалар ЖҚЗ деректерін визуализациялауға және қарапайым қолданушыларға табиғи нысандардың жай-күйін шолу мақсатында пайдалануға мүмкіндік береді.

ЖҚЗ технологиясының басты артықшылықтары:

- үлкен аумақтарды бір мезетте қамту қабілеті;
- үздіксіз әрі қайталанатын түсірілім жүргізу мүмкіндігі;
- кең спектралдық диапазондағы (көрінетін, инфрақызыл, жылулық,

т.б.) мәліметтерді қамтуы;

– тарихи мәліметтер арқылы көпжылдық динамиканы талдау мүмкіндігі;

– жерге тікелей бармай-ақ, кеңістіктік-уақыттық өзгерістерді жедел бағалау [9].

Аталған технологиялар табиғи және экологиялық жағдайы күрделі аймақтарда, соның ішінде Алакөл көлі сияқты маңызды географиялық нысандарда ерекше рөл атқарады. Алакөл аймағының климаты - құрғақ континенталды, маусымдық жауын-шашын мөлшері аз, ал буланушылық деңгейі жоғары. Бұл факторлар өсімдік жамылғысының құрылымы мен таралуына айтарлықтай әсер етеді. Сонымен қатар, Алакөлдің тұйық көл болуына байланысты (яғни ағынды өзендердің жоқтығы) оның су балансы атмосфералық жауын-шашын мен булануға тікелей тәуелді. Осы табиғи ерекшеліктерді ескере отырып, аймақтағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық динамикасын зерттеу - табиғи ресурстарды сақтау, экожүйелік тепе-теңдікті бақылау және аймақтық экологиялық саясатты қалыптастыру үшін өте маңызды.

Бұл мақсатта кеңінен қолданылатын дереккөздердің бірі - Landsat бағдарламасы шеңберінде алынған ЖҚЗ мәліметтері. Landsat - Жерді қашықтықтан зондтаудың ең ұзақ мерзімді, сенімді және ашық қолжетімді деректер көздерінің бірі. Бұл бағдарлама 1972 жылдан бері үздіксіз жүргізіліп келеді және қазіргі таңда Landsat 8 (іске қосылған жылы - 2013) және Landsat 9 (2021 жылы ұшырылған) спутниктері арқылы жалғасуда. Бұл спутниктер Жердің бетін күн-синхронды орбитада айналып, әр 16 күн сайын бірдей аумақты қайта түсіру мүмкіндігін береді, бұл уақыттық өзгерістерді салыстыру мен мониторинг жүргізуге өте ыңғайлы.



1.5 - сурет – Landsat 8 ғарыштық аппараты

1.5–суретте сәйкес Landsat 8 спутнигі 2013 жылы іске қосылып, OLI (Operational Land Imager) және TIRS (Thermal Infrared Sensor) атты екі сенсормен жабдықталған. OLI сенсоры - көрінетін және инфрақызыл диапазондағы сәулеленуді қабылдап, көпспектрлі суреттерді алуға мүмкіндік береді. Бұл сенсор өсімдіктер, су және топырақ сияқты жер жамылғысының түрлі түрлерін ажыратуға көмектеседі. TIRS сенсоры - жер бетінен таралатын инфрақызыл жылулық радиацияны тіркеп, температура мен ылғалдылық жағдайларын бағалауға мүмкіндік береді [10].

Landsat спутниктерінен алынған мультиспектралдық суреттер жер бетіндегі табиғи және антропогендік объектілерді жоғары дәлдікпен ажыратуға мүмкіндік береді. Бұл суреттер бірнеше спектралдық арналарды қамтитындықтан, әртүрлі объектілердің электромагниттік спектрдегі шағылыстыру ерекшеліктерін тиімді саралауға болады. Landsat спутниктерінің артықшылығы – кеңістіктік, спектралдық және уақыттық тұрғыдан үйлесімді деректер ұсынуында. Атап айтқанда, олардың көмегімен су беті, өсімдік жамылғысы, жалаңаш топырақ, құрылыс нысандары секілді түрлі ландшафтық элементтерді автоматты түрде тануға және олардың динамикасын уақыт бойынша бақылауға болады.

Бұл мүмкіндіктің ғылыми негізі - әртүрлі табиғи және жасанды объектілердің электромагниттік толқындарды әртүрлі деңгейде сіңіруі немесе шағылыстыруына байланысты. Мәселен, жасыл өсімдіктер әсіресе жақын инфрақызыл (NIR) диапазонында жоғары шағылыстыру қабілетіне ие, өйткені бұл диапазондағы толқын ұзындығы өсімдік жапырақтарының ішкі құрылымымен тиімді әсерлеседі және фотосинтез үдерісімен тығыз байланысты. Сондықтан сау өсімдіктер бұл арнада жарқын көрінеді.

Керісінше, су беті жақын инфрақызыл сәулеленуді көп мөлшерде жұтып алады, яғни шағылыстыру деңгейі өте төмен болады, бұл оның

анықтамалық сипаттамаларының бірі. Ал құмды немесе құрғақ топырақ, жалаңаш жерлер көбіне қызыл, қысқа толқынды инфрақызыл және орта инфрақызыл (SWIR) диапазоңдарда белсенділік көрсетіп, өсімдіктен немесе су объектілерінен айқын ажыратылады.

Сонымен қатар, құрылыс нысандары мен урбанизацияланған аумақтар спектралдық тұрғыдан топырақ пен жалаң жерлерге ұқсас болғанымен, көбіне SWIR диапазоңында одан да жоғары шағылыстырғыштыққа ие болады. Бұл қасиет NDBI индексі сияқты спектралдық индекстерді қолдану арқылы қалалық құрылымдарды тиімді анықтауға мүмкіндік береді.

Осындай спектралдық айырмашылықтар негізінде Landsat суреттерін талдау арқылы жер бетінің құрамын, күйін және өзгеріс динамикасын сандық әрі визуалды тұрғыда нақты бағалауға болады. Бұл тәсіл экологиялық мониторинг, жер ресурстарын басқару, құрғақшылықты бағалау, су қоймаларының аудандарын анықтау, ормандарды бақылау, урбанизация үдерістерін талдау сияқты көптеген қолданбалы бағыттарда кеңінен пайдаланылады. Сонымен қатар, Landsat деректері жылдар бойы жинақталып отырғандықтан, ұзақ мерзімді өзгерістерді (декадалық динамиканы) зерттеуге де таптырмас дереккөзі болып табылады.

Кесте 1 – Landsat 8 спутнигінің негізгі сипаттамалары

Параметр	Мәлімет
Деректер түрі	Оптикалық
Спектрлік каналдар	Панхроматикалық, VNIR (6), SWIR (2), TIRS (2)
Кеңістіктік рұқсат	15 м (панхроматикалық), 30 м (VNIR, SWIR), 100 м (TIRS)
Түсірілім жолағының ені	185 км
Қайталау аралығы	16 тәулік
Динамикалық диапазон	16 бит/пиксель

1-кестеге сәйкес, Landsat 8 спутнигінің негізгі техникалық сипаттамалары – оның кеңістіктік, спектралдық және радиометриялық шешу мүмкіндіктері – экожүйелік мониторинг жүргізуде аса маңызды болып табылады. Бұл спутниктік жүйе мультиспектралды суреттер алу арқылы экологиялық өзгерістердің түрлі аспектілерін кешенді түрде бағалауға мүмкіндік береді. Атап айтқанда, өсімдіктердің күйі мен өнімділігін, су ресурстарының көлемін, құрғақшылықтың әсерін, урбанизация мен құрылыс үдерістерін, сондай-ақ антропогендік қысымның салдарын жоғары дәлдікпен бақылауға болады.

Landsat 8 мәліметтері маусымдық, жылдық және көпжылдық динамиканы зерттеуге қолайлы. Әсіресе, климаттық жағдайы күрделі және табиғи тепе-теңдікке сезімтал Алакөл көлі маңы сияқты аймақтарда бұл мәліметтер жер бетінде жүріп жатқан өзгерістерді нақты бағалап, олардың кеңістіктік таралуын картографиялау арқылы экологиялық трендтер мен заңдылықтарды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл деректер көмегімен NDVI,

NDWI, NDBI сияқты спектралдық индекстер есептеліп, өсімдік жамылғысының, су бетінің, және құрылыстың аумақтық үлестірілуі мен уақыттық өзгерістері көрнекі түрде көрсетіледі.

Мұндай мәліметтер табиғи ресурстарды ұтымды басқаруда, қоршаған ортаны тұрақты бақылауда, климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын жасауда, сондай-ақ су және жер ресурстарын тиімді жоспарлау мен пайдалануда кеңінен және тиімді қолданылады. Бұдан бөлек, Landsat сияқты ұзақмерзімді спутниктік деректер негізінде құрылған талдаулар экологиялық тәуекелдерді ерте анықтауға, деградацияға ұшыраған аймақтарды шекаралап, қалпына келтіру шараларын жоспарлауға мүмкіндік береді.

ЖҚЗ технологиясы қазіргі кезде тек ғылыми мақсатта ғана емес, сонымен қатар ұлттық және өңірлік деңгейдегі экологиялық саясатты қалыптастыруда, жер ресурстарын басқару жүйесін оңтайландыруда және қоршаған ортаны қорғау стратегияларын әзірлеуде маңызды құралға айналып отыр. Геоақпараттық жүйелермен (ГАЗ) интеграцияланған спутниктік мәліметтер негізінде жасалған талдаулар нақты уақыт режимінде өзгерістерді бақылауға және олардың салдарын бағалауға жағдай жасайды.

Осыған байланысты, Қазақстан Республикасының кең географиялық кеңістігінде, соның ішінде Алакөл табиғи кластері сияқты экожүйелік тұрғыдан маңызды аумақтарда ЖҚЗ деректері табиғи-ресурстық әлеуетті тиімді пайдаланудың, экожүйелердің орнықтылығын қамтамасыз етудің және су балансын сақтаудың ғылыми және практикалық негізін қалайды. Landsat деректерін тұрақты түрде қолдану – қоршаған ортаны басқарудың инновациялық, дәлелді және тұрақты әдістерін қалыптастырудың маңызды элементі болып табылады.

Бірінші тарау бойынша тұжырым

Алакөл көлі – Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан ерекше физика-географиялық және экологиялық жүйе ретінде кешенді зерттеуді қажет ететін нысандардың бірі. Бұл көлдің табиғи-климаттық жағдайлары, гидрологиялық ерекшеліктері, топырақ және өсімдік жамылғысы, сонымен қатар фаунасының биологиялық әртүрлілігі оны Орталық Азиядағы экожүйелік маңызы жоғары аумақтардың қатарына жатқызады. Көлдің су балансы, тұздылық деңгейі және флора-фауна құрамындағы маусымдық әрі жылдық өзгерістер климаттық және антропогендік факторлармен тығыз байланысты.

Алакөл маңындағы өсімдік жамылғысы – құрғақ климат жағдайында бейімделген әртүрлі типтегі шөптесін және бұталы өсімдіктерден тұрады. Топырақ жамылғысының әркелкілігі – сортаң, сор, құмды және құмдауыт жерлердің болуы экожүйенің құрылымына тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, аймақтың гидрологиялық ерекшеліктері – тұйық көлдік сипат, Үржар,

Қатынсу сияқты негізгі өзендердің маусымдық ағысы – экожүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ететін маңызды факторлар болып табылады.

Қорытындылай келе, 1-тарауда Алакөл көлінің физика-географиялық сипаттамасы, табиғи жағдайлары, өсімдік жамылғысы мен экожүйелік маңызы жан-жақты сипатталып, заманауи технологиялар көмегімен алынған нәтижелер негізінде табиғи процестерге баға берілді. Бұл тарау алдағы бөлімдер үшін берік теориялық және практикалық негіз қалыптастырып, аймақтың табиғи-ресурстық әлеуетін бағалау мен басқару стратегияларын әзірлеуде маңызды рөл атқарады.

2. Зерттеу әдістері мен материалдары

2.1 Қашықтықтан зондтау деректері бойынша өсімдік жамылғысының динамикасын зерттеудің өзектілігі

Өсімдік жамылғысы - жер бетінде таралған барлық тірі экожүйелердің басты тірегі болып табылатын табиғи жүйенің негізгі құрылымдық және функционалдық компоненті. Ол климаттық тұрақтылықты сақтау, биосфераның газдық құрамын реттеу, биологиялық әртүрлілікті қамтамасыз ету, топырақты эрозиядан қорғау, су айналымын реттеу және жер ресурстарын ұтымды пайдалану сияқты маңызды экологиялық және әлеуметтік-экономикалық қызметтерді атқарады. Өсімдіктер фотосинтез үдерісі арқылы көмірқышқыл газын сіңіріп, атмосфераға оттегін бөледі. Бұл жаһандық климаттың тұрақтылығын қамтамасыз етуде шешуші рөл атқарады. Осыған байланысты өсімдік жамылғысындағы кез келген өзгерістер бүкіл экожүйенің тепе-теңдігіне елеулі әсерін тигізуі мүмкін [12].

Соңғы онжылдықтарда жаһандық климаттық өзгерістер, антропогендік жүктеменің артуы, ауыл шаруашылығы мен өнеркәсіптің қарқынды дамуы, сондай-ақ табиғи апаттар (құрғақшылық, орман өрттері, селдер) өсімдік жамылғысының құрылымы мен таралу сипатына айтарлықтай әсер етті. Бұл шөлейттену, батпақтану, орман алқаптарының кемуі және агроэкожүйелердің деградациясы сияқты процестердің жиілеуіне әкеліп соқты, соның салдарынан аймақтық және жаһандық деңгейде экологиялық тұрақсыздық орын алуда [11].

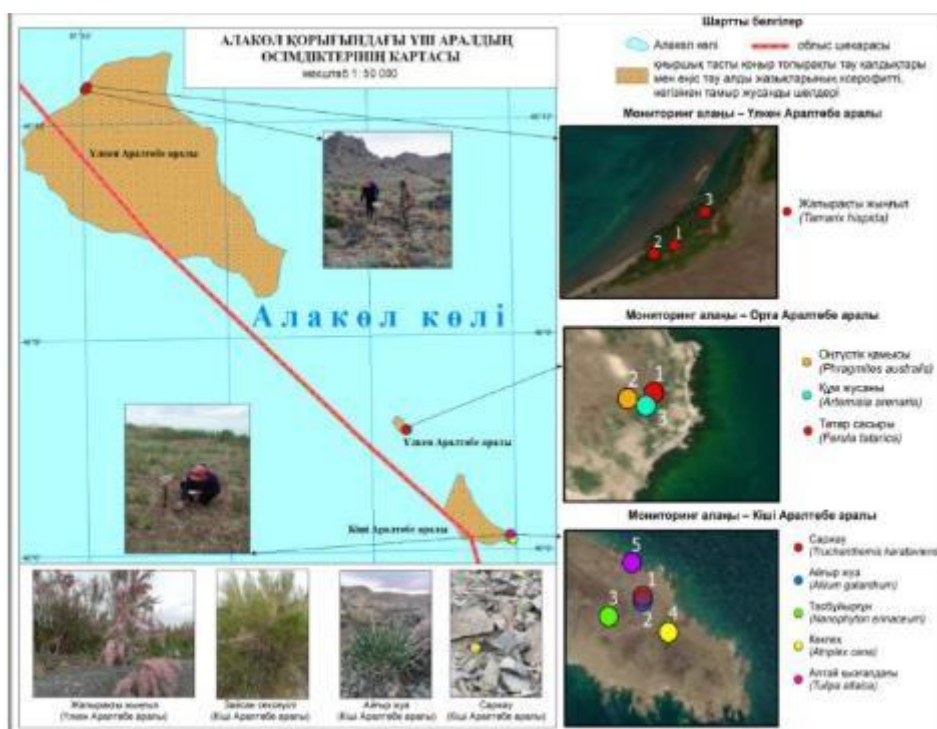
Осындай жағдайларда өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық динамикасын зерттеу - жер пайдалануды жоспарлау, табиғи ресурстарды ұтымды басқару, климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын әзірлеу және экологиялық қауіп-қатерлердің алдын алу үшін аса өзекті болып отыр. Бұл бағыттағы зерттеулер экожүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етумен қатар, ауыл шаруашылығы өнімділігін арттыруға, биологиялық әртүрлілікті сақтауға және су ресурстарының сапасын жақсартуға елеулі үлес қосады.

Экологиялық тұрғыдан осал болып саналатын Алакөл көлінің маңы - өсімдік жамылғысының маусымдық және көпжылдық өзгерістерін зерттеу үшін ерекше маңызды аумақ. Бұл өңірде климаттық айнымалылық жоғары: жауын-шашын мөлшерінің тұрақсыздығы, температуралық айырмашылықтар, су деңгейінің ауытқуы және адам әрекеттерінің қарқындылығы (мысалы, жайылымдық жүктеменің артуы, жол және инфрақұрылым құрылыстарының кеңеюі) өсімдік жамылғысының жағдайына тікелей әсер етеді [13].

Өсімдік жамылғысы сонымен қатар қоршаған орта сапасын бағалаудың биоиндикаторы ретінде де кеңінен қолданылады. Мысалы, ауыр металдармен, тыңайтқыштармен немесе пестицидтермен ластанған аумақтардағы өсімдіктердің спектралдық сипаттамалары өзгереді. Бұл ЖҚЗ

әдістері арқылы сенімді түрде анықтауға болады [14].

ЖҚЗ технологиялары кең ауқымды аумақтарды жоғары кеңістіктік және уақыттық дәлдікпен зерттеуге мүмкіндік береді. Бұл технологиялар әсіресе өсімдік жамылғысының маусымдық циклдерін, деградация немесе қалпына келу үрдістерін ұзақ мерзімді динамикада бақылау үшін тиімді құрал болып табылады. Дәстүрлі далалық зерттеулермен салыстырғанда, ЖҚЗ әдістері уақыт пен материалдық ресурстарды үнемдеумен қатар, географиялық қол жетуі қиын немесе экологиялық тұрғыдан осал аумақтарда да үздіксіз және жүйелі бақылау жүргізуге жағдай жасайды. 2.1–суретке сәйкес ЖҚЗ мәліметтері нәтижесінде алынған Алакөл көліндегі Аралтөбе үш аралының өсімдіктерінің картасы [15].



2.1 - сурет – Алакөл көліндегі Аралтөбе үш аралының өсімдіктерінің картасы

Спутниктік суреттер негізінде алынған көпарналы деректерді талдау арқылы NDVI (өсімдіктік күй индексі), NDWI (су индексі), NDBI (құрылыстық индекс) сияқты спектралдық индекстер есептеліп, өсімдік жамылғысының жағдайы сандық және сапалық тұрғыда бағаланады. Бұл индекстер табиғи (мысалы, климат, су режимі) және антропогендік (жер пайдаланудың өзгеруі, құрылыс, мал жаю) факторлардың әсерін нақты әрі салыстырмалы түрде сипаттауға мүмкіндік береді. Сол арқылы экологиялық процестердің бағыттарын, қарқынын және кеңістіктік таралу заңдылықтарын анықтауға жол ашылады.

Алакөл көлі мен оның маңындағы экожүйені зерттеу барысында қолданылған ЖҚЗ әдістемесі бірнеше өзара байланысты кезеңдерден тұрады.

Деректерді іріктеу және жүктеу кезеңінде Landsat спутнигінің 30 метрлік кеңістіктік ажыратымдылығы бар суреттері таңдалды;

Вегетациялық белсенді кезең ретінде көктем мезгілі таңдалды, себебі бұл уақытта өсімдік жамылғысы толық қалыптасып, спектралдық индекстердің мәндері айқын көрініс табады;

Радиометриялық және геометриялық түзетулер жүргізілді. Бұлттылықты азайту мақсатында бұлтсыз суреттер таңдалып, координаталық сәйкестік қалыпқа келтірілді. Атмосфералық және сенсорлық қателіктер жойылды;

Спектралдық индекстер есептеліп, әр индекстің жылдық мәндері алынған;

Классификация әдістері (unsupervised және supervised classification) арқылы өсімдік жамылғысы типтері, урбанизация аумақтары және су беттері анықталды .

Классификация нәтижелері векторлық форматқа ауыстырылып, 2015, 2020 және 2025 жылдарға арналған карта үлгілері дайындалды. Уақыттық талдау (time-series analysis) әдісі арқылы өзгерістердің динамикасы анықталып, нәтижелер графиктер мен диаграммалар түрінде көрнекі түрде ұсынылды.

QGIS бағдарламалық кешені арқылы кеңістіктік талдау жүргізіліп, өзгерістер картасы құрылды. Бұл картада зерттеліп отырған жылдардағы өсімдік жамылғысы мен басқа да жер жамылғысы түрлерінің аумақтық таралуы мен өзгеру бағыттары сипатталды. Аудандарды есептеу және статистикалық өңдеу кезеңінде әр жыл үшін жер жамылғысының нақты аумағы есептеліп, салыстырмалы кестелер мен диаграммалар жасалды.

Осы әдістерді қолдану нәтижесінде ЖҚЗ технологиялары мен ГАЖ интеграциясы зерттеудің ғылыми құндылығын арттырып қана қоймай, сонымен қатар кеңістіктік және уақыттық тұрғыдан табиғи үдерістерді терең әрі жан-жақты саралауға мүмкіндік береді. Мұндай синтез табиғи және антропогендік факторлардың өзара байланысын анықтауға, өзгерістердің себеп-салдарын түсінуге және күрделі экожүйелік процестерді модельдеуге жол ашады. ЖҚЗ мен ГАЖ-дың үйлесімді қолданылуы экологиялық қауіп-қатерлерді ерте анықтауға, табиғи ресурстарды тиімді басқаруға, ауыл шаруашылығы мен су ресурстарының жай-күйін бағалауға, сондай-ақ климаттың өзгеруіне бейімделуге бағытталған стратегияларды жасауға маңызды үлес қосады. Бұл әдістер арқылы алынған деректер тек ғылыми талдау үшін ғана емес, табиғатты қорғау саласындағы ұлттық және өңірлік деңгейдегі шешім қабылдауға, экологиялық мониторинг жүйелерін жаңғыртуға, қоршаған ортаны басқару саясаттарын қалыптастыруға және тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуге нақты негіз бола алады. Сонымен қатар, мұндай тәсілдер аймақтық жоспарлау, жер пайдалануды оңтайландыру және климаттық тәуекелдерді басқару салаларында да кеңінен қолданылады [16].

2.2 ЖҚЗ мәліметтері арқылы өсімдік жамылғысының өзгерісін талдау әдістемесі

Өсімдік жамылғысының кеңістік және уақыттық өзгерістерін бақылау үшін Жерді қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану табиғи экожүйелердің жағдайын тез, дәл және ауқымды бағалауға мүмкіндік беретін заманауи әдіс. Бұл зерттеу өсімдік жамылғысының динамикасын сандық әрі визуалды түрде анықтауға бағытталған.

Зерттеуде Landsat 8 спутнигінің көпспектрлі суреттері пайдаланылды. Бұл платформалар жоғары кеңістіктік және спектралдық ажыратымдылыққа ие, сондай-ақ өсімдік жамылғысын талдауға қолайлы қызыл, жақын инфрақызыл (NIR) және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) диапазондарды қамтиды.

Суреттер келесі талаптарға бойынша таңдап алынды, яғни бұлттылық деңгейі 10%-дан төмен, вегетациялық белсенді кезең көктем мезгілі, зерттеу жылдарына 2015, 2020, 2025 жылдар таңдап алынды.

Өсімдік жамылғысының жағдайын сандық түрде бағалау үшін келесі спектралды индекстер қолданылды:

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - қашықтықтан зондтау технологиясы арқылы алынатын маңызды көрсеткіштердің бірі, бұл индекс өсімдік жамылғысының жай-күйін бағалауға арналған. NDVI индексі өсімдіктердің тығыздығы мен физиологиялық жай-күйін сандық тұрғыда көрсетеді. Бұл индекс орман және ауыл шаруашылығында, экологияда сондай-ақ табиғи ресурстарды тиімді басқаруда кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, бұл индекс қалалық жасыл желектердің жай-күйін бақылауда, жасылдандыру жобаларын бағалауда, жер ресурстарын жоспарлау мен экологиялық мониторинг жүйелерін құруда кеңінен қолданылады. NDVI-дің көмегімен алынған деректер нақты әрі тұрақты бақылауға жол ашып, климаттың өзгеруі мен адам әрекетінің табиғи жамылғыға әсерін сандық тұрғыда бағалауға мүмкіндік береді.

Осы себепті, NDVI индексі қазіргі экологиялық зерттеулерде, табиғи ресурстарды басқару жүйесінде және ғарыштық мониторинг саласында ең маңызды құралдардың бірі ретінде қарастырылады.

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

мұндағы NIR - өсімдіктердің жақсы шағылдыратын жақын инфрақызыл сәулесі,

Red — өсімдіктердің сіңіретін көрінетін қызыл сәулесі.

2 кестеге сәйкес бұл мәлімет сау өсімдіктердің тығыз және қарқынды жасыл жамылғысының жоғары мәндерін, ал өсімдік жамылғысы аз немесе мүлде 2 жоқ аумақтардың төмен немесе теріс мәндерін анықтап беруге мүмкіндік береді.

Кесте 2 – NDVI мәндері бойынша жер жамылғысының сипаттамасы

NDVI мәні	Жер жамылғысының сипаттамасы
-1.0 – 0.0	Су айдындары, қар мен мұз, бұлтты аймақтар, құрылыс нысандары;
0.0 – 0.2	Өсімдік жамылғысы жоқ немесе өте аз жер, ашық топырақ беті;
0.2 – 0.4	Өсімдік жамылғысының таралу деңгейі төмен
0.4 – 0.6	Орташа өсімдіктілік
0.6 – 0.8	Биік және қалың өсімдік жамылғысы
0.8 – 1.0	Өте тығыз, жоғары қарқынды өсімдік жамылғысы

Ауыл шаруашылығында NDVI индексі егіс алқаптарының жағдайын бағалау, өсімдік вегетациясының кезеңдерін бақылау және өнімділікті болжау үшін кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, экология саласында, орманның тығыздығы мен заұымдану деңгейін мониторингтеуде, құрғақшылықтың алғашқы белгілерін ерте анықтауда маңызды рөл атқарады.

NDBI (Normalized Difference Built-up Index) - бұл ЖҚЗ деректері негізінде құрылыспен қамтылған және урбанизацияланған аумақтарды автоматты түрде анықтауға арналған кеңістіктік-аналитикалық индекс. Бұл көрсеткіш қалалық инфрақұрылым нысандарын (мысалы, ғимараттар, жолдар, бетон және асфальт жабындары) табиғи ландшафттардан, орманды алқаптардан және ауыл шаруашылығы жерлерінен ажыратуға мүмкіндік береді. Индекс қала өсуінің кеңістіктік динамикасын, құрылыстың қарқындылығын, сондай-ақ табиғи ресурстардың ығыстырылуын бағалау үшін кеңінен қолданылады [17].

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR} \quad (2)$$

мұндағы SWIR – қысқа толқынды инфрақызыл диапазон (Short-Wave Infrared),

NIR – жақын инфрақызыл диапазон (Near Infrared).

NDBI индексі урбанизация деңгейін бақылауда, қалалық өсу динамикасын зерттеуде, құрылыс аймақтарын картаға түсіріп, сонымен-қатар табиғи ресурстар мен өсімдік жамылғысының азаюын талдау мақсатында кеңінен пайдаланылады.

NDBI индикаторының артықшылықтарының бірі - оны Landsat ашық ЖҚЗ платформаларындағы бұрынғы және қазіргі уақыттағы деректерге сүйене отырып, уақыттық (динамикалық) талдау жүргізуге болады. Бұл әдіс географиялық ақпараттық жүйелермен (GIS) интеграцияда қолданылған кезде аймақтық урбанизация процестерін жоғары дәлдікпен визуализациялап, картаға түсіруге жағдай жасайды [18].

Алакөл көлі маңындағы урбанизация деңгейін зерттеуде NDBI

индексін пайдалану арқылы туризм нысандарының кеңеюі, инфрақұрылым құрылысы және жасанды ландшафтардың өсу үрдістері нақтыланып, табиғи өсімдік жамылғысына түсетін қысым мен ландшафт өзгерістері ғылыми түрде дәлелденеді.

NDWI (Normalized Difference Water Index) - бұл қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректеріне негізделген, су объектілерін дәл әрі тиімді анықтауға мүмкіндік беретін спектралдық индекс. NDWI жер бетінде орналасқан өзендер, көлдер, су қоймалары мен батпақты аймақтар сияқты су көздерін басқа ландшафт түрлерінен (өсімдік жамылғысы, топырақ, құрылыс нысандары) ажыратуға қолданылады. Индекс маусымдық және жылдық өзгерістерді салыстырып, су ресурстарының кеңістіктік-уақыттық динамикасын бақылауға қолайлы.

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR} \quad (3)$$

мұндағы Green – жасыл диапазондағы шағылу мәні, NIR – жақын инфрақызыл диапазондағы шағылу мәні.

- $NDWI > 0$ - әдетте ашық су беттері (көл, өзен, тоған және т.б.)
- $NDWI \approx 0$ - ылғалды жерлер немесе батпақтар
- $NDWI < 0$ - құрғақ жер, өсімдіктер немесе құрылыс нысандары

NDWI индексін сияқты спутниктік деректерден автоматты түрде алу мүмкіндігі - бұл әдісті кең ауқымды географиялық аудандарда, ұзақ мерзімді мониторинг жүргізу үшін өте тиімді етеді. Сонымен қатар, су қоймаларының шекараларын картаға түсіру, жылдар арасындағы су көлемінің өзгерісін талдау және су айдындарының кішіреюі немесе ұлғаюы сияқты үрдістерді бағалауда NDWI сенімді нәтижелер береді.

Алакөл көліне қатысты жүргізілген зерттеулерде NDWI индексін пайдалану арқылы көл акваториясының аудандық өзгерістері, маусымдық шегініс немесе тасу құбылыстары, сондай-ақ жағалау сызығының динамикасы мен тұрақсыздығы ғылыми негізде зерттелді. Бұл ақпарат экожүйелік тепе-теңдікті сақтау, су ресурстарын тиімді жоспарлау және экологиялық қауіптерді алдын ала болжау үшін маңызды.

2.3 Қолданылған бағдарламалық кешендер

ЖҚЗ деректерін талдау барысында Google Earth Engine (GEE) және QGIS сияқты заманауи бағдарламалық құралдарды тиімді біріктіре отырып, карта құру процесін жеделдетуге және нәтижелердің сапасын арттыруға болады.

Өсімдік жамылғысының өзгерісін Google Earth Engine (GEE) платформасында талдау ЖҚЗ деректерін өңдеудің заман талабына сай, жоғары өнімді әрі тиімді тәсілдерінің бірі. Бұл платформа үлкен аумақтағы жерлерді спутниктік деректер арқылы жылдам әрі дәл талдауға мүмкіндік

береді. Бұл платформаның басты артықшылықтары: көлемді деректермен жоғары жылдамадықта жұмыс істеуі, уақыттық өзгерістерді оңай есептеуі, қорытынды нәтижелерді карталар мен график, диаграммалар түрінде көрсету, машиналық оқыту алгоритмдері қолдану арқылы талдауды жеткізу болып табылады.

Google Earth Engine (GEE) - бұлттық технологияларға негізделген қуатты геоақпараттық талдау платформасы. Ол ЖҚЗ деректерін, климаттық көрсеткіштерді және әртүрлі геокеңістіктік мәліметтерді өңдеу, талдау және визуализациялау мақсатында жасалған. GEE платформасының басты артықшылығы – деректерді өңдеудің барлық процесі сервер жағында орындалады, бұл пайдаланушы компьютерінің техникалық мүмкіндіктеріне деген тәуелділікті айтарлықтай төмендетеді. Платформа браузер арқылы жұмыс істейді және пайдаланушыға әлемнің кез келген нүктесіндегі кеңістіктік деректерді тез әрі тиімді талдауға жол ашады.

GEE құрамында Landsat, Sentinel, MODIS секілді спутниктік миссиялардың көпжылдық архивтік деректері бар. Бұл деректер экожүйелердің, жер жамылғысының, климаттық жағдайлардың және антропогендік әсерлердің кеңістіктік-уақыттық динамикасын зерттеуге мол мүмкіндік береді. GEE-де сақталған мәліметтер ашық әрі тегін қолжетімді, бұл платформада әлемнің әр түкпіріндегі зерттеушілер бірдей деңгейде жұмыс істей алады дегенді білдіреді.

GEE платформасы ғылыми зерттеулермен қатар экологиялық мониторинг, табиғи ресурстарды басқару, ауыл шаруашылығы жерлерін бағалау, ормандардың деградациясын бақылау, су ресурстарының динамикасын зерттеу сияқты салаларда кеңінен қолданылуда. Бұл платформа көптеген салаларда уақыт пен ресурсты үнемдеп, деректерді жылдам әрі дәл өңдеуге мүмкіндік береді.

GEE-дің негізгі мүмкіндіктеріне мыналар жатады:

Бұлттық өңдеу – барлық есептеулер Google серверлерінде орындалады, сондықтан үлкен көлемдегі спутниктік деректерді жылдам өңдеуге болады;

Үлкен деректер базасы – 1970-жылдардан бері жинақталған ЖҚЗ деректерін пайдаланып, ондаған жылдарға созылған өзгерістерді салыстыруға мүмкіндік береді;

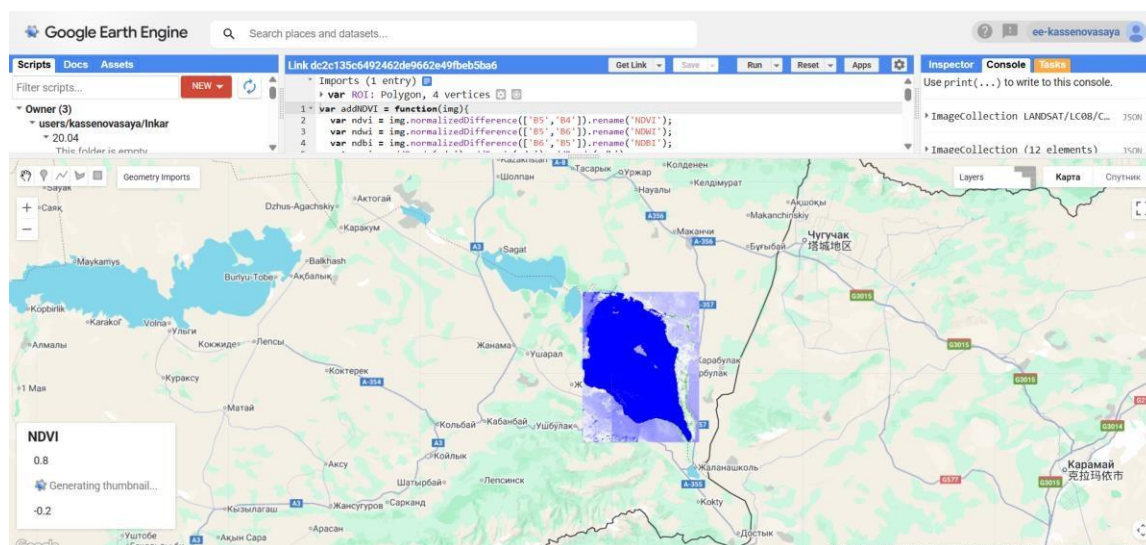
Интерактивті визуализация – алынған нәтижелерді карта, график, диаграмма, тіпті уақытша анимация түрінде көрсетуге болады;

Уақыттық талдау – маусымдық және көпжылдық өзгерістерді бағалауға мүмкіндік береді, мысалы, NDVI, NDWI немесе NDBI сияқты спектралды индекстердің динамикасын бақылау;

Машиналық оқыту әдістері – Random Forest, Support Vector Machine (SVM), Decision Tree секілді алгоритмдерді қолдана отырып, автоматты классификация жасау мүмкіндігі бар;

Деректерді экспорттау – өңделген нәтижелерді әртүрлі форматта (GeoTIFF, CSV, JSON) экспорттап, оларды басқа жүйелерде әрі қарай талдауға болады.

GEE - экологиялық, географиялық және климаттық зерттеулермен айналысатын мамандар үшін озық цифрлық құрал. Ол уақыттық және кеңістіктік ауқымы кең, ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға септігін тигізетін, қолжетімді және сенімді платформа ретінде танылған.



2.2 -сурет – Google Earth Engine (GEE) платформасының интерфейсі

2.2-суретке сәйкес, зерттеу барысында Google Earth Engine (GEE) платформасы арқылы алынған спутниктік суреттер негізінде NDVI, NDWI, NDBI сынды спектралдық индекстер есептеліп, олардың кеңістіктік таралуы карталар түрінде визуализацияланды. GEE платформасының жоғары есептеу қуаты мен кең мәліметтер қоры экологиялық көрсеткіштерді өндеуді оңайлатты және көпжылдық мәліметтерді жедел талдауға мүмкіндік берді.

Алынған нәтижелерді сақтау және әрі қарай өндеу үшін Google Drive бұлттық сақтау жүйесі қолданылды. Индекстер негізінде алынған растрлық файлдар (форматы.tif) Google Drive-қа экспортталды. Бұл файлдар картографиялық визуализация мен кеңістіктік талдауға дайын күйде QGIS геоақпараттық жүйесіне импортталды.

QGIS (Quantum GIS) - бұл ашық кодты геоақпараттық жүйе болып, кеңістіктік деректермен жұмыс істеу, карта жасау және кең көлемді геоаналитикалық операциялар жүргізу үшін кеңінен қолданылады. GEE платформасынан жүктелген растр қабаты QGIS-ке енгізілгеннен кейін картаны кәсіби безендіру жұмыстары жүзеге асырылды. Атап айтқанда:

Растр қабатқа сәйкес келетін түстік палитралар мен символикалар таңдалды (мысалы, NDVI үшін жасыл спектр, NDBI үшін қызғылт-сұр реңктер);

Легенда, масштаб сызығы, солтүстік бағыт көрсеткіші, тақырып пен аннотациялар қосылды;

Карта құрылымы мен мазмұны тақырыпқа сәйкестендіріліп, ғылыми талаптарға сай рәсімделді.

Қорытынды карта QGIS бағдарламасының “Layout Manager” атты арнайы модулі арқылы құрастырылды. Бұл модуль карта бетінің орналасуын, мәтіндік және графикалық элементтерін үйлестіру арқылы жоғары сапалы картографиялық өнім жасауға мүмкіндік береді. Дайын карта PDF немесе жоғары ажыратымдылықтағы растрлық сурет (JPEG/PNG) форматында экспортталып, ғылыми жұмыстың қосымшасы ретінде ұсынылды [29].

Бұл визуализация әдісі зерттеу нәтижелерін анық әрі көрнекі көрсетуге, алынған мәліметтерді талдау мен салыстыруды жеңілдетуге, сондай-ақ өсімдік жамылғысының және басқа да табиғи компоненттердің өзгерістерін карта түрінде көрсету арқылы ғылыми дәлелді қорытындылар жасауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар, кеңістіктік деректердің кәсіби деңгейде ұсынылуы – зерттеудің сапасын арттырып, алынған нәтижелерді практикалық қолдануға жол ашады.

Екінші тарау бойынша тұжырым

Алакөл көлінің маңындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық динамикасын зерттеу барысында ЖҚЗ технологиялары мен ГАЖ үйлесімді интеграциясы қолданылды. Бұл әдістемелік тәсіл табиғи және антропогендік факторлардың әсерін кешенді бағалауға, экожүйе жағдайының өзгерістерін сандық және визуалды түрде нақтылауға мүмкіндік берді.

Өңдеу және талдау жұмыстары Google Earth Engine (GEE) платформасы мен QGIS бағдарламалық кешенінің көмегімен жүзеге асырылады. GEE платформасы деректерді бұлттық негізде өңдеуге, спектралдық индекстерді есептеуге және өзгерістерді жылдам әрі нақты талдауға мүмкіндік берсе, QGIS кеңістіктік визуализация мен кәсіби картографиялау үшін қолданылды. Бұл әдістердің үйлесімділігі алынған нәтижелердің ғылыми сапасын арттырып қана қоймай, оларды экологиялық мониторинг, жер ресурстарын басқару және климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын әзірлеуде қолдануға мүмкіндік берді.

ЖҚЗ мен ГАЖ технологияларын қолдану арқылы алынған мәліметтер табиғатты қорғау шараларын жоспарлауда, су ресурстарын тиімді басқаруда және аймақтық даму саясатын экологиялық тұрғыдан үйлестіруде құнды дереккөзі ретінде қызмет етеді.

3. Алакөл көлі өсімдік жамылғысының динамикасын картографиялау

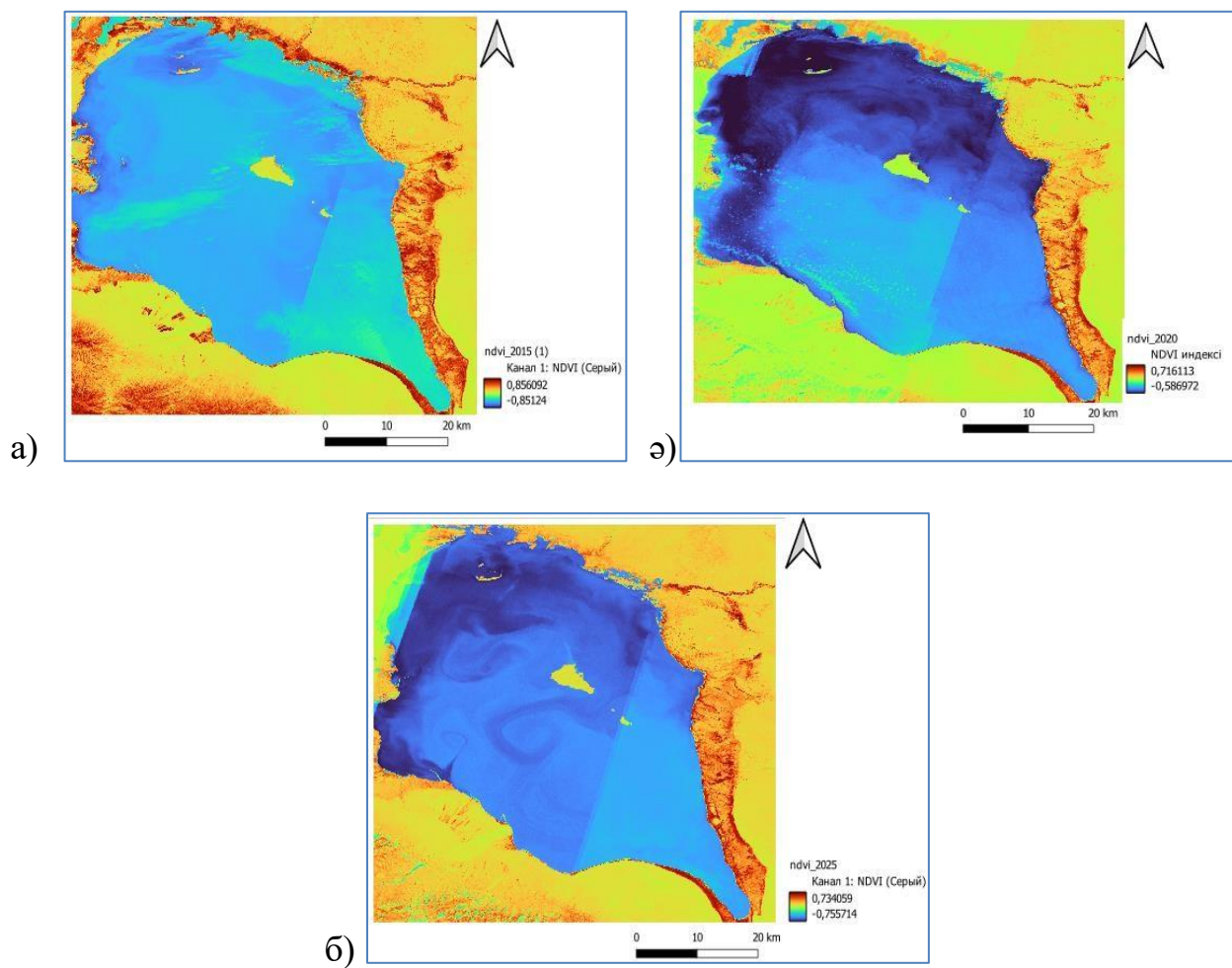
3.1 Вегетациялық индекстерді есептеу және салыстыру

Алакөл көлі маңындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін анықтау мақсатында вегетациялық индекстердің ішіндегі ең кең қолданылатын NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) көрсеткіші пайдаланылды. Бұл индекс өсімдіктердің фотосинтетикалық белсенділігі мен жамылғы тығыздығын бағалауға мүмкіндік береді. NDVI индексі Landsat сериялық спутниктерінің мультиспектралды каналдары негізінде есептеліп, өсімдіктің денсаулығы мен таралу деңгейін сандық тұрғыда сипаттайды [19].

NDVI индексінің мәні -1 мен $+1$ аралығында өзгереді. Индекс неғұрлым жоғары болса, өсімдік жамылғысы соғұрлым тығыз әрі белсенді болады. Атап айтқанда, $NDVI \geq 0.5$ болған жағдайда бұл аймақтарда шөптесін өсімдіктер, жайылымдар мен табиғи шөп қауымдастықтарының жақсы дамығанын көрсетеді. Алакөл көлінің маңында мұндай аймақтар, әсіресе көктем мен жаз мезгілдерінде, ылғалдылығы жеткілікті кезеңдерде байқалады. Бұл өңірлерде жайылымдық жерлер мен табиғи өсімдік қауымдастықтары кеңінен таралған, бұл өз кезегінде экожүйенің тұрақтылығы мен биологиялық әртүрліліктің сақталуына оң әсер етеді.

Керісінше, $NDVI < 0.2$ мәндері топырақта өсімдіктің жоқтығын немесе өте сирек таралғанын білдіреді. Мұндай төмен мәндер, негізінен, тұзды, құрғақ және шөлейтті аймақтарға тән. Алакөл көлінің жағалау белдеулерінде тұзды және батпақты топырақтардың таралуына байланысты NDVI мәндері төмен, бұл өсімдік өсуіне қолайсыз жағдайлардың бар екенін көрсетеді. Бұл жағдайлар климаттың құрғақтануы, топырақтың тұздануы, су деңгейінің өзгеруі және антропогендік қысым сияқты факторлардың әсерінен орын алады.

Осы зерттеуде NDVI индексінің негізінде Алакөл көлінің маңындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік динамикасы үш уақыт кезеңі бойынша, яғни 2015, 2020 және 2025 жылдарға талданды. Бұл жылдар аралығында өсімдік жамылғысында орын алған өзгерістер табиғи факторлармен қатар, ауыл шаруашылығы қызметі, инфрақұрылымдық даму және климаттық жағдайлардың өзгеруімен де тығыз байланысты. Жоғары NDVI мәндерінің кеңістіктік таралуы өсімдік жамылғысының экологиялық тұрақтылығын бағалауға мүмкіндік береді. NDVI арқылы алынған деректер маусымдық және жылдық өзгерістерді салыстыруда тиімді құрал болып табылады. Бұл әдіс аймақтың экожүйелік жағдайын бақылап, табиғи ресурстарды басқару стратегияларын ғылыми негізде жоспарлауға септігін тигізеді.



3.1 - сурет – NDVI индексінің мәндері
а) 2015 жыл; ә) 2020 жыл; б) 2025 жыл.

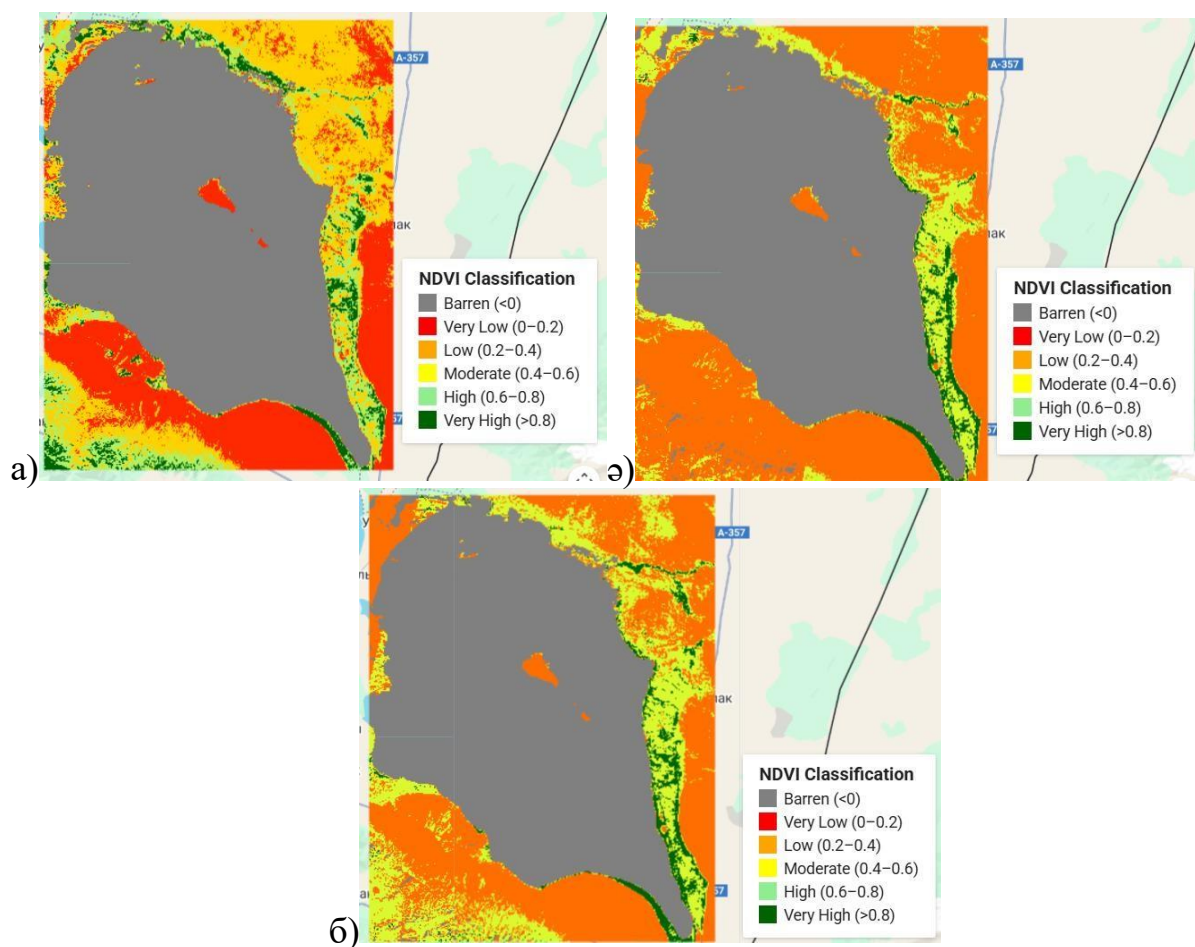
3.1–суретке сәйкес бұл карталарға сүйене отырып, Алакөл көлінің маңындағы өсімдік жамылғысының үш кезең бойынша – 2015, 2020 және 2025 жылдардағы динамикасы нақты көрсетілген. 2015 жылғы картада NDVI индексі жоғары мәндер көрсетіп, өсімдік жамылғысының салыстырмалы түрде біркелкі әрі тығыз таралғанын, яғни экожүйенің тұрақты күйде болғанын байқауға болады. Бұл кезеңде климаттық жағдайлар мен су балансы өсімдіктердің қалыпты өсуіне қолайлы болғаны байқалады.

2020 жылғы картада NDVI мәндерінің айтарлықтай төмендегені, көптеген учаскелерде вегетациялық белсенділіктің әлсірегені және өсімдіктер тығыздығының сирегені көрініп тұр. Бұл кезеңде өсімдіктердің тозу үрдісі басталғанын, кейбір шөптесін және ауылшаруашылық аймақтарында деградацияның күшейгенін көрсетеді. Мұндай өзгерістер қуаңшылық, жауын-шашын көлемінің азаюы, температураның жоғарылауы, сондай-ақ жайылымдардың шамадан тыс пайдаланылуы және жер жырту сияқты антропогендік факторлардың әсерінен туындаған болуы мүмкін.

2025 жылғы деректер кейбір аймақтарда NDVI көрсеткіштерінің біршама өскенін, яғни вегетация процесінің қалпына келе бастағанын

көрсеткенімен, жалпы алғанда өсімдік жамылғысы 2015 жылмен салыстырғанда айтарлықтай азайған. Бұл өсімдіктердің бір бөлігінің адаптация процесінен өтіп, қайта өсуге бейімделгенін көрсетсе, кейбір аумақтарда деградация жалғасып жатқанын білдіреді. Сонымен қатар, бұл кезеңде жүргізілген жасылдандыру жұмыстары, агроэкологиялық шаралар немесе суару жүйелерін жетілдіру арқылы кейбір аймақтарда жағдай жақсаруы мүмкін.

Жалпы алғанда, NDVI индекстеріне негізделген бұл карталар климаттық факторлардың тұрақсыздығы, су ресурстарының динамикасы және антропогендік ықпалдың күшеюі Алакөл өңіріндегі өсімдік жамылғысының құрылымына айтарлықтай әсер еткенін көрсетеді. Мұндай өзгерістерді тұрақты бақылау және дер кезінде шаралар қабылдау – табиғи ресурстарды сақтап қалудың, экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің және жергілікті биоалуантүрлілікті қорғаудың маңызды шарты болып табылады.



3.2 - сурет – NDVI индексінің мәндерінің классификациясы
а) 2015 жыл; б) 2020 жыл; в) 2025 жыл.

3.2-суретке сәйкес 2015, 2020 және 2025 жылдарға арналған NDVI индексі бойынша құрылған классификацияланған карталар ұсынылған. Бұл

карталар Google Earth Engine платформасында есептелген. NDVI 1-класы (өте төмен / өсімдіксіз аймақтар), NDVI 2-класы (сирек өсімдіктер), NDVI 3-класы (орташа тығыздықтағы өсімдіктер), NDVI 4-класы (тығыз өсімдіктер), NDVI 5-класы (өте тығыз, сау өсімдіктер).

Бұл класстар визуалды картада түрлі түстермен беріліп, зерттеу аумағындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік таралуын айқын көрсетеді. Классификация нәтижелері 3–6-кестелерде егжей-тегжейлі көрсетілген, онда әр NDVI класына сәйкес келетін жер аумағы (гектармен) есептеліп, салыстырмалы талдау жасалған.

2015 жылғы картада орташа тығыздықтағы өсімдіктер басым болғанымен, тығыз және өте тығыз өсімдіктердің аумағы шектеулі. 2020 жылы сирек өсімдіктер (NDVI 1–2 класы) аймағы айтарлықтай артқан, бұл деградацияны көрсетеді. 2025 жылғы картада жағдай күрделене түскені байқалады: тығыз өсімдік жамылғысының аумағы мүлде азайып, негізінен сирек және орташа өсімдіктер ғана қалған.

Бұл карталар мен классификация нәтижелері өсімдік жамылғысының уақыт бойынша қалай өзгергенін, оның деградация деңгейін, және экожүйе денсаулығының әлсіреуін кеңістіктік тұрғыда айқын көрсетеді. Сонымен қатар, карталар арқылы қалпына келтіру шараларын қажет ететін аймақтарды анықтау, болашақта экожүйені басқару стратегияларын әзірлеу үшін маңызды ақпарат алынады.

Кесте 3 – NDVI мәндері негізінде келесі классификация қабылданды:

Класс	NDVI мәні аралығы	Жамылғы сипаттамасы	Түстік белгісі
0	< 0.0	Өсімдік жамылғысы жоқ (су, топырақ және т.б.)	Сұр (gray)
1	0.0 – 0.2	Өте сирек өсімдіктер	Қызыл (red)
2	0.2 – 0.4	Сирек өсімдіктер	Қызғылт сары (orange)
3	0.4 – 0.6	Орташа тығыздықтағы өсімдіктер	Сары (yellow)
4	0.6 – 0.8	Жақсы дамыған өсімдіктер	Ашық жасыл (light green)
5	> 0.8	Тығыз және толыққанды өсімдіктер	Қою жасыл (dark green)

3-кестеге сәйкес NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) индексінің мәндеріне сәйкес өсімдік жамылғысының 6 класқа бөлінуі көрсетілген. NDVI мәндері өсімдіктердің фотосинтетикалық белсенділігі мен тығыздығын сипаттайды. Теріс мәндер (класс 0) өсімдіксіз жерлерді, көбінесе су, топырақ немесе құрылыс аймақтарын білдіреді. 0.0 - 0.2 аралығындағы мәндер өте сирек өсімдіктермен сипатталса, 0.2 - 0.4 аралығында сирек, ал 0.4 - 0.6 аралығында орташа тығыздықтағы өсімдіктер кездеседі. 0.6 - 0.8 және >0.8 мәндері өсімдіктердің жақсы дамыған және

тығыз жамылғысы бар жерлерге сәйкес келеді. Әр класс визуализация үшін ерекше түспен белгіленіп, картографиялық талдауды жеңілдетеді.

Кесте 4 – 2015 жыл бойынша NDVI класы мен ауданы (гектар):

Класс	NDVI сипаттамасы	Аумағы (га)
0	Өсімдік жамылғысы жоқ	3001.90
1	Өте сирек өсімдіктер	1037.72
2	Сирек өсімдіктер	965.25
3	Орташа тығыздықтағы өсімдіктер	355.25
4	Жақсы дамыған өсімдіктер	204.78
5	Тығыз және толыққанды өсімдіктер	9.00

4-кестеге сәйкес 2015 жылғы NDVI классификациясы нәтижесінде алынған бұл кестеде әр классқа сәйкес өсімдік жамылғысының ауданы гектармен көрсетілген. Ең үлкен аумақты 3001.90 гектармен өсімдік жамылғысы жоқ аймақтар (0-класс) алып жатыр. Өте сирек және сирек өсімдіктердің үлесі де айтарлықтай (1037.72 га және 965.25 га). Орташа және жақсы дамыған өсімдіктердің аумағы біршама аз – тиісінше 355.25 га және 204.78 га. Тығыз өсімдіктер тек 9 гектарды құраған. Бұл деректер 2015 жылы өсімдіктердің кеңістіктік таралуы орташа деңгейде болғанын көрсетеді.

Кесте 5 – 2020 жыл бойынша NDVI класы мен ауданы (гектар):

Класс	NDVI сипаттамасы	Аумағы (га)
0	Өсімдік жамылғысы жоқ	3066.24
1	Өте сирек өсімдіктер	1885.84
2	Сирек өсімдіктер	479.13
3	Орташа тығыздықтағы өсімдіктер	126.87
4	Жақсы дамыған өсімдіктер	15.82
5	-	-

5-кестеге сәйкес 2020 жылғы NDVI нәтижелері Алакөл көлі маңындағы өсімдік жамылғысының айтарлықтай әлсірегенін көрсетеді. Атап айтқанда, өте сирек өсімдіктер класына жататын аумақ күрт ұлғайып, 1885.84 гектарға жеткен. Бұл көрсеткіш 2015 жылмен салыстырғанда бірнеше есе артып, өсімдік жамылғысының деградацияға ұшырағанын нақты дәлелдейді. Сонымен қатар, тығыз өсімдіктер класы (5-класс) бұл жылы мүлде тіркелмеген, бұл аумақтағы биологиялық өнімділіктің төмендегенін білдіреді. Жақсы дамыған өсімдіктер бар аумақ көлемі бар болғаны 15.82 гектарды құраған, бұл — зерттелген аумақтың өте аз бөлігін ғана қамтиды.

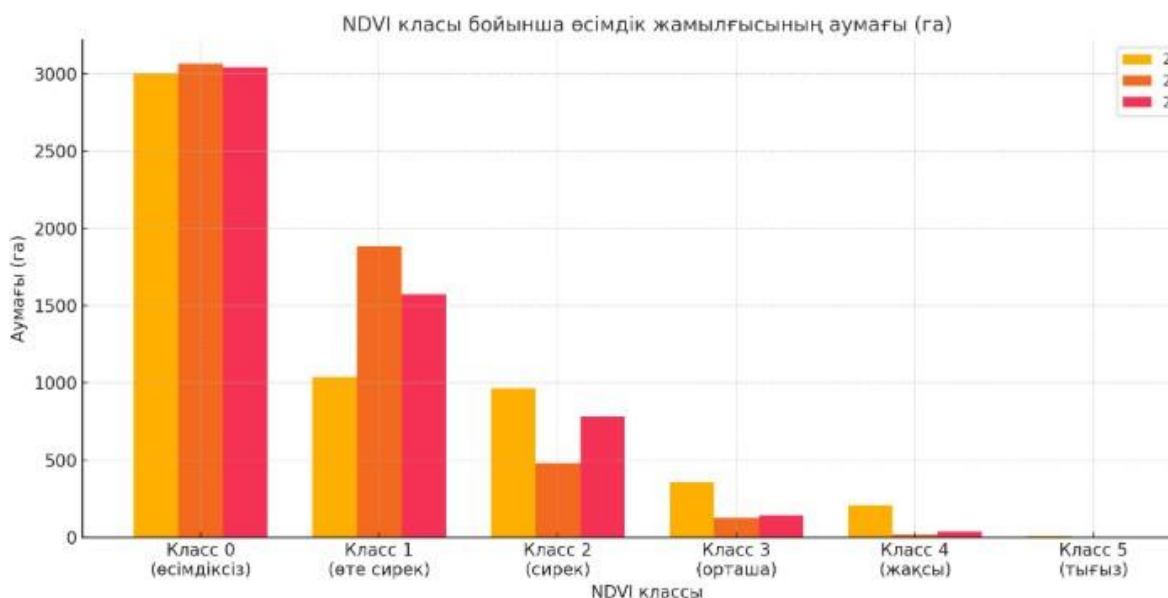
Мұндай жағдайдың орын алуына климаттық факторлар, мысалы, құрғақшылық, жауын-шашынның азаюы, температураның жоғарылауы, сондай-ақ антропогендік әсерлер, атап айтқанда, шамадан тыс мал жаю, жер жырту, құрылыс пен инфрақұрылымның кеңеюі себеп болуы мүмкін. Бұған

қоса, су ресурстарының тапшылығы мен ирригациялық жүйелердің тиімсіз пайдаланылуы да өсімдіктердің әлсіреуіне әсер еткен. Бұл кезеңдегі жағдай Алакөл өңірінің экожүйесінің осал тұстарын айқындап, табиғи тепе-теңдіктің бұзылып жатқанын көрсетеді. Сондықтан мұндай өзгерістерді ескере отырып, экожүйені қалпына келтіруге бағытталған жасылдандыру, жайылымды реттеу және су ресурстарын тиімді басқару секілді шараларды дер кезінде қолға алу — өте өзекті.

Кесте 6 – 2025 жыл бойынша NDVI класы мен ауданы (гектар):

Класс	NDVI сипаттамасы	Аумағы (га)
0	Өсімдік жамылғысы жоқ	3041.82
1	Өте сирек өсімдіктер	1572.16
2	Сирек өсімдіктер	781.63
3	Орташа тығыздықтағы өсімдіктер	141.29
4	Жақсы дамыған өсімдіктер	37.00
5	Тығыз және толыққанды өсімдіктер	0.0006

6-кестеге сәйкес 2025 жылға арналған NDVI деректері бойынша өсімдіктердің жағдайы алдыңғы жылдармен салыстырғанда нашарлаған. Өсімдік жамылғысы жоқ жерлер аумағы жоғары деңгейде сақталып отыр (3041.82 га), ал тығыз өсімдіктер бар аймақтар тек 0.0006 гектарды ғана құраған, бұл өсімдіктің өте әлсіз дамығанын білдіреді. Жақсы дамыған өсімдіктердің аумағы 37.00 гектар ғана болған. Бұл динамика аймақтағы экожүйенің деградациясын және вегетациялық белсенділіктің әлсіреуін көрсетеді.



3.3 - сурет – NDVI класы бойынша өсімдік жамылғысының аумағы (га):

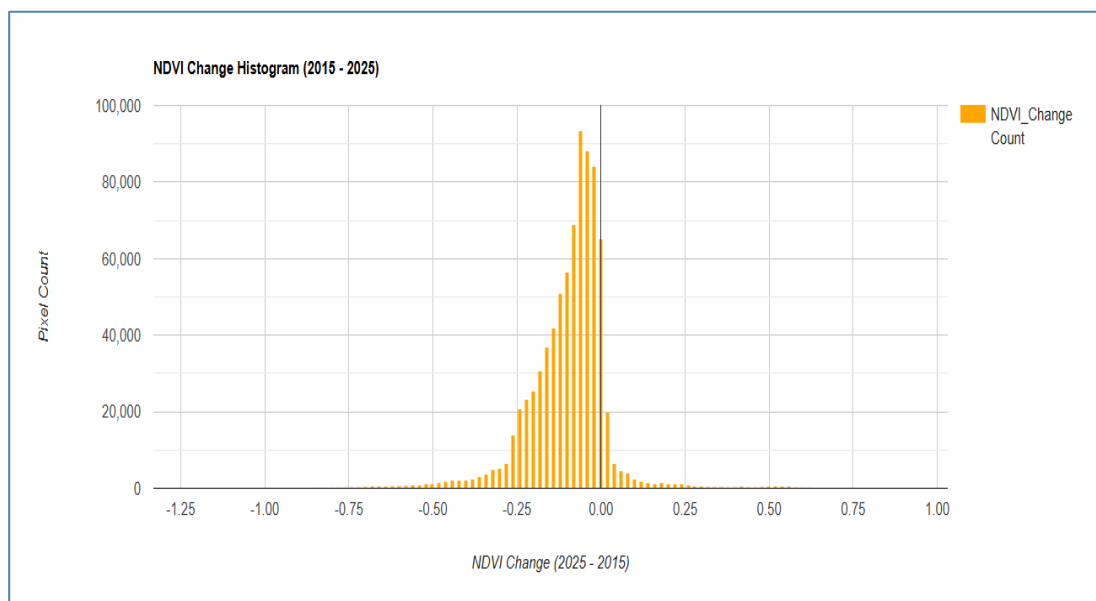
3.3–суретке сәйкес график нәтижесі негізінде, 2015, 2020 және 2025 жылдар аралығындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және сапалық өзгерісі айқын көрінеді. NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – өсімдіктің фотосинтетикалық белсенділігін сипаттайтын негізгі спектралдық көрсеткіштердің бірі ретінде, өсімдік жамылғысының тығыздығы мен денсаулығын бағалауға мүмкіндік береді.

2015 жылы зерттеу аймағындағы өсімдік жамылғысы салыстырмалы түрде орташа деңгейде байқалды. NDVI 4 және 5-классына жататын тығыз өсімдік жамылғысы бар аумақтар барлығы 213 гектарды құрады. Бұл кезеңде өсімдіктердің вегетациялық жағдайы біршама тұрақты болғанымен, тығыз өскен аумақтардың көлемі шектеулі күйінде қалды.

2020 жылы өсімдік жамылғысы сапасының айтарлықтай нашарлағаны байқалды. NDVI 1-классына жататын сирек өсімдіктер немесе деградацияланған аумақтар күрт ұлғайып, 1885.84 гектарды қамтыды. Бұл – өсімдік массасының азайғанын, фотосинтетикалық белсенділіктің төмендегенін және экожүйенің стресстік жағдайға ұшырағанын көрсетеді. Ауыл шаруашылығы, мал жаю, климаттық өзгерістер немесе антропогендік қысым сияқты факторлар бұл өзгерістерге ықпал еткен болуы мүмкін. Ал тығыз өсімдік жамылғысы бар жоғары кластардың (4 және 5) аумақтары 2015 жылмен салыстырғанда азайғаны тіркелді.

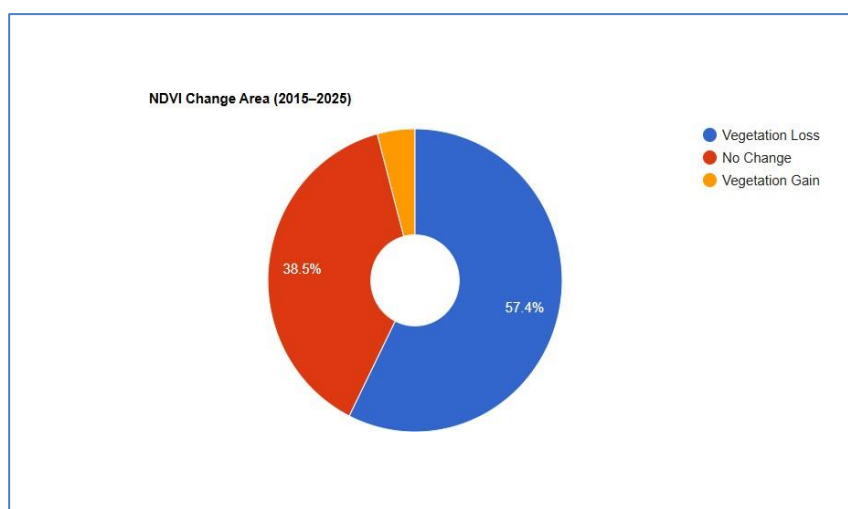
2025 жылғы нәтижелер өсімдіктің сапасы жағынан одан әрі нашарлағанын көрсетті. Тығыз өсімдіктерге жататын NDVI 4-классының аумағы бар болғаны 37.00 гектарды, ал NDVI 5-классы (ең тығыз және сау өсімдік жамылғысы) небәрі 0.0006 гектарды ғана құрады. Бұл көрсеткіштер өсімдіктің деградация үдерісінің үдей түскенін, әрі экожүйенің құрылымдық өзгеріске ұшырағанын дәлелдейді. Сонымен қатар, сирек өсімдіктер мен ашық жерлердің үлесі артқаны байқалады, бұл экологиялық тепе-теңдіктің бұзылғанын білдіреді.

Жалпы алғанда, NDVI өзгерісінің талдауы өсімдік жамылғысының сапасы мен көлемінің соңғы онжылдықта айтарлықтай төмендегенін көрсетті. Мұндай өзгерістерді ерте кезеңде анықтап, олардың пайда болу себептерін жан-жақты талдау - экологиялық қауіптердің алдын алуда, табиғи ортаны қалпына келтіру шараларын жүйелі түрде жоспарлауда және табиғи ресурстарды ұтымды басқаруда маңызды рөл атқарады. NDVI индексі осындай процестерді сандық және кеңістіктік тұрғыдан бақылауға мүмкіндік беретін сенімді құрал болып табылады. Ол экологиялық мониторинг жүргізу, жер ресурстарының жай-күйін бағалау, жасылдандыру бағдарламаларының тиімділігін бақылау сияқты мақсаттарда кеңінен қолданылады. Көрсеткіштерді тұрақты бақылау арқылы табиғи ресурстарды пайдаланудың тиімділігін арттырып, климаттық және антропогендік қысым жағдайында экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге болады.



3.4 - сурет – Гистограмма бойынша NDVI өзгерісі

Бұл 3.4-суретке сәйкес 2015-2025 жылдар аралығындағы NDVI индексінің өзгерісін көрсетеді. Гистограммада, NDVI индексінің өзгерісі теріс мәндерге ие, өсімдік жамылғысының азайғандығын көре аламыз. NDVI индексі айырмашылығының негізгі бөлігі -0.25 пен 0.0 аралығында шоғырланған, яғни көпшілік пиксельдерде өсімдіктіліктің біршама төмендегені байқалады. Өсімдіктің артуы аз мөлшерде кездеседі.



3.5 - сурет – диаграмма бойынша NDVI өзгеру аудан бойынша үлесі

3.5-суретке сәйкес диаграмма бойынша, көл маңындағы аумақтың 57,4%-ында өсімдік жамылғысы айтарлықтай азайған, бұл табиғи өсімдіктер қабатының тозғанын және экожүйелік деградация үрдісінің жүргенін білдіреді. Мұндай өзгерістер, негізінен, климаттық жағдайлардың қолайсыздануы, су деңгейінің төмендеуі, мал санының шамадан тыс артуы,

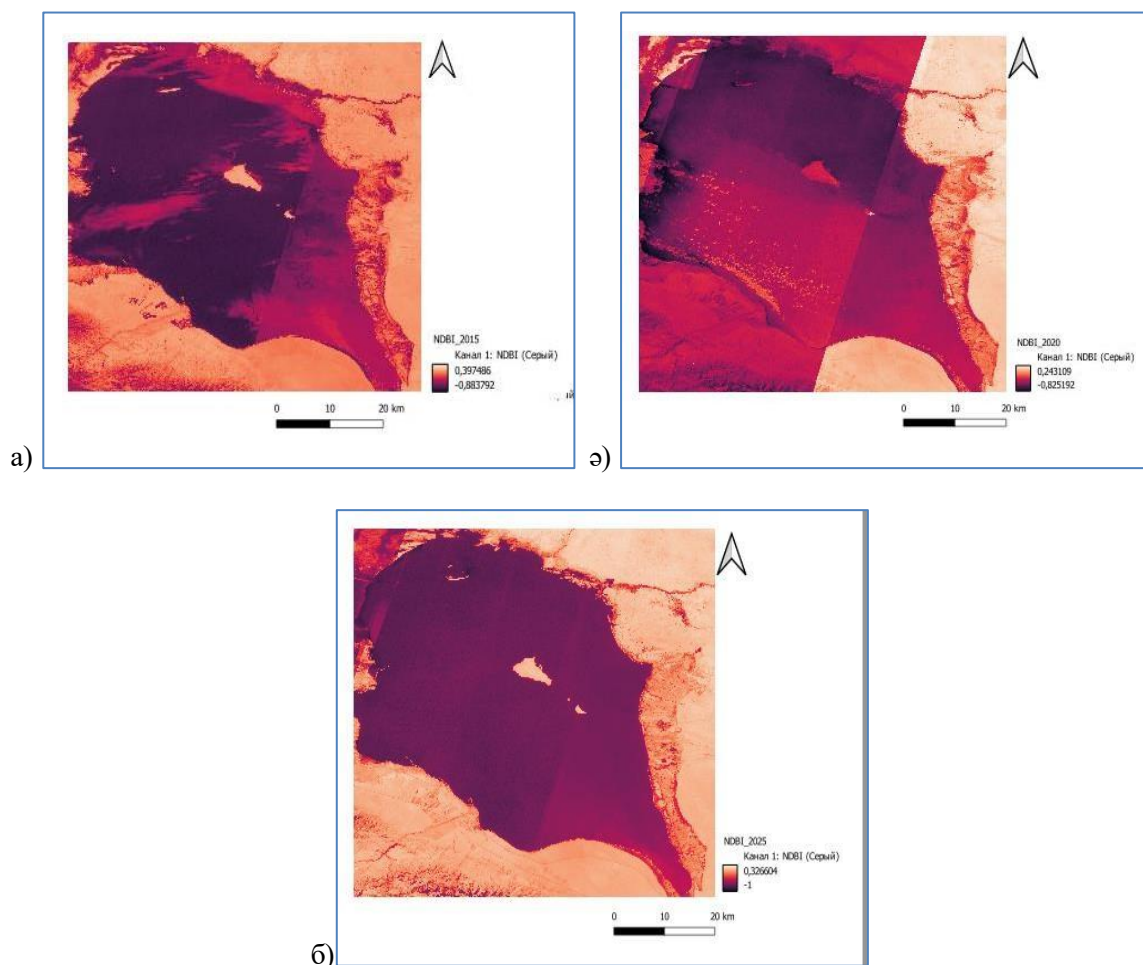
сондай-ақ жерді жырту, ауыл шаруашылығы және құрылыс жұмыстары сияқты антропогендік факторлармен тікелей байланысты. Бұл процестер өсімдік жамылғысының алуан түрлілігін азайтып, топырақ эрозиясының күшеюіне және биологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына әкелуі мүмкін.

Сонымен қатар, 38,5% аумақта өсімдіктер құрамында айтарлықтай өзгеріс болмаған, бұл жерлердің салыстырмалы түрде экожүйелік тұрақтылықты сақтап қалғанын көрсетеді. Мұндай тұрақтылық табиғи қалпына келу әлеуеті бар аймақтарда немесе антропогендік қысым деңгейі төмен учаскелерде байқалуы мүмкін. Ал қалған 4,1% аумақта өсімдіктердің көбеюі мен вегетациялық қабаттың қалпына келу белгілері тіркелген. Бұл жағдайлар табиғи регенерация процесі, жасылдандыру шаралары, немесе агротехникалық іс-шаралар нәтижесінде болуы ықтимал.

Соңғы жылдары Алакөл көлінің туристік әлеуетінің артуымен қатар, бұл аймақтағы антропогендік ықпал – әсіресе құрылыс пен урбанизация – белсенді түрде күшейіп келеді. Қонақ үйлер, демалыс базалары, жол инфрақұрылымдары мен басқа да туристік нысандардың қарқынды дамуы табиғи ландшафттың трансформациясына әкеліп соғуда. Осындай кеңістік пен құрылымдық өзгерістерді сандық түрде бағалау мақсатында NDBI (Normalized Difference Built-up Index) көрсеткіші қолданылды. Бұл индекс құрылыс нысандарының таралу аймақтарын, тығыздығын және урбанизация деңгейін нақты бағалауға мүмкіндік береді.

NDBI индексі Landsat сияқты спутниктік суреттердегі жақын инфрақызыл (NIR) және қысқа толқынды инфрақызыл (SWIR) каналдар арқылы есептеледі және -1 мен +1 аралығындағы мәндерді қабылдайды. Жоғары NDBI мәндері (әдетте > 0) тығыз салынған құрылыс нысандарының, жолдардың немесе басқа да антропогендік құрылымдардың басымдығын көрсетеді. Төмен немесе теріс мәндер (әдетте < 0) өсімдік жамылғысы, ауыл шаруашылық алқаптары немесе табиғи ашық ландшафттардың басым екенін білдіреді. Бұл көрсеткіштер урбанизацияның кеңеюін, туризм инфрақұрылымының өсуін және аймақтағы құрылыс белсенділігінің артуын бақылау үшін маңызды.

Жалпы алғанда, NDVI мен NDBI индекстерін қатар қолдану арқылы Алакөл көлі маңындағы экожүйелік өзгерістерді кешенді түрде талдауға мүмкіндік туды. Бұл тәсіл табиғи және антропогендік факторлардың өзара әсерін бағалап, аймақты тұрақты дамытудың ғылыми негізделген стратегияларын ұсынуға негіз бола алады. Алынған нәтижелер жергілікті басқару органдары мен табиғат қорғау ұйымдары үшін ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға, экологиялық стратегиялар құруға және тұрақты даму бағдарламаларын жүзеге асыруға нақты база болып табылады. NDVI мен NDBI индекстерінің үйлесімді қолданылуы Алакөл көлі маңындағы табиғи және антропогендік үдерістердің күрделілігін толық ашып көрсетуге мүмкіндік беріп, аймақтың болашақтағы экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етуге бағытталған кешенді стратегияларды әзірлеуде маңызды ғылыми құрал ретінде ерекшеленеді.



3.6 - сурет – NDBI индексінің мәндері
а) 2015 жыл; ә) 2020 жыл; б) 2025 жыл.

3.6-суретте сәйкес, Алакөл көлі жағалау аймағында 2015, 2020 және 2025 жылдарға арналған ЖКЗ деректері негізінде NDBI (Normalized Difference Built-up Index) индексі бойынша кеңістіктік-уақыттық талдау жүргізілді. Бұл индекс негізінен құрылыс нысандарының, урбанизация деңгейінің және инфрақұрылымдық даму үдерістерінің қарқындылығын бағалауға мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеу нәтижелері картографиялық материалдар арқылы антропогендік қысымның динамикасын және оның экожүйеге әсерін жан-жақты сипаттауға жағдай жасады.

2015 жылғы карта деректері бойынша, көл маңы негізінен табиғи қалпында сақталған. Бұл кезеңде NDBI көрсеткіштері негізінен 0.0–0.1 аралығында қалыптасты, бұл урбанизация мен құрылыс әрекеттерінің төмен деңгейде болғанын көрсетеді. Өсімдік жамылғысы жақсы сақталып, табиғи ландшафт пен экожүйе тепе-теңдігі тұрақты болған. Көл жағалауының мұндай күйі туризм мен шаруашылық қызметтің белсенді дамымағанын көрсетеді.

2020 жылы NDBI көрсеткіштері айтарлықтай өсіп, 0.2–0.3 аралығына дейін жеткен. Бұл кезеңде урбанизация үдерісі күшейіп, жағалау маңында

жаңа құрылыс және инфрақұрылым нысандарының салынғаны байқалады. Сонымен қатар, су деңгейінің азаюы мен құрғаған аумақтардың пайда болуы да тіркелген. Бұл өзгерістер климаттық факторлармен және адамның шаруашылық қызметімен тікелей байланысты. Өсімдік жамылғысының біршама сирегені де байқалады, бұл экожүйеге түсетін антропогендік қысымның артқанын білдіреді.

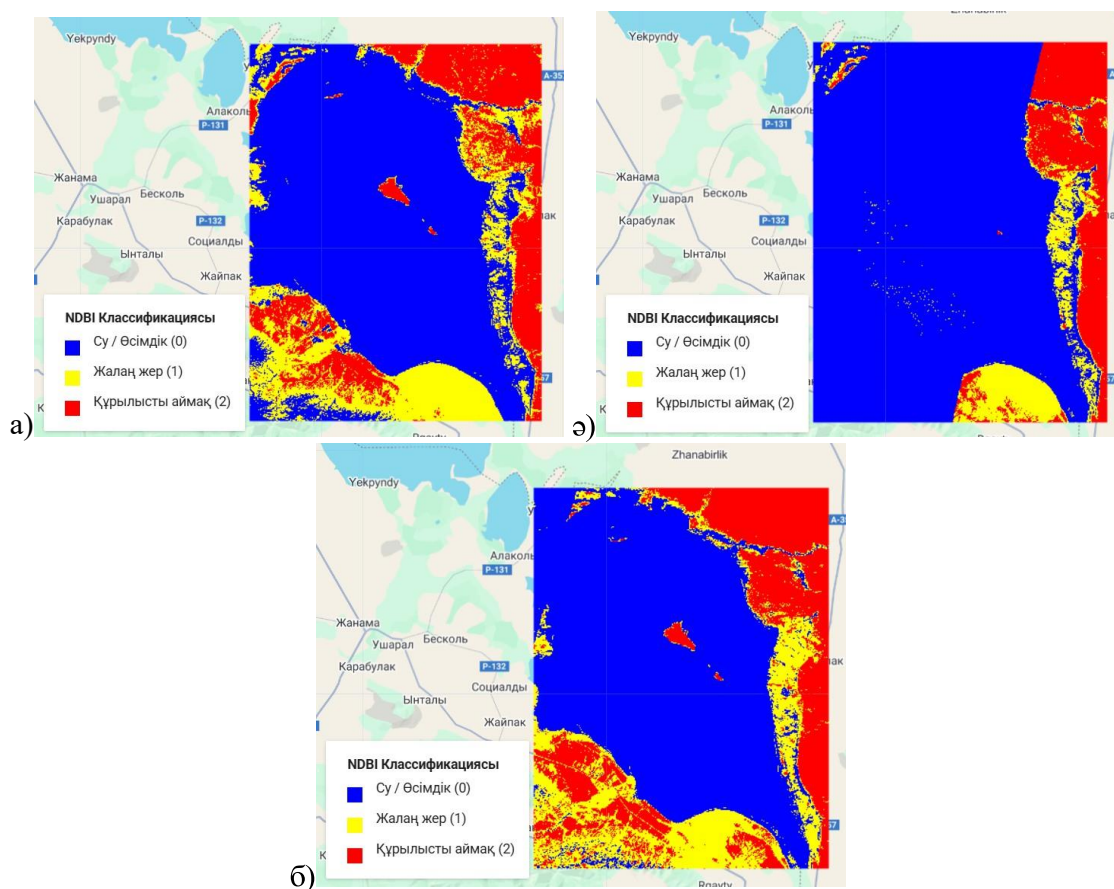
2025 жылғы карта деректері бойынша NDBI мәндері 0.3–0.4 аралығына дейін өскені анықталды. Урбанизация үдерісі бұрынғы кезеңдермен салыстырғанда анағұрлым қарқынды жүріп жатқаны айқын байқалады. Бұрын су басып жатқан кейбір жағалау аумақтары қазіргі уақытта құрғап, әртүрлі шаруашылық мақсаттарға (туризм, демалыс базалары, құрылыс алаңдары) бейімделген. Бұл жағдай табиғи жағалау сызығының өзгеруіне және экожүйелік тұрақтылықтың бұзылуына алып келген. Мұндай өзгерістер әсіресе табиғи ресурстарды пайдалану, жер жамылғысының түрленуі және су экожүйесінің құрылымдық-функционалдық ерекшеліктеріне кері әсер етуі мүмкін.

Үш уақыттық кезеңнің салыстырмалы талдауы көрсеткендей, Алакөл көлінің жағалау аумағында антропогендік әсер жылдан жылға үдей түсуде. Бұл үдеріс, ең алдымен, туризм инфрақұрылымының белсенді дамуы, жергілікті халық санының артуы, сондай-ақ шаруашылық мақсатта жер пайдаланудың ұлғаюымен тығыз байланысты. 2015 жылдан бастап 2025 жылға дейінгі аралықта жүргізілген кеңістіктік-уақыттық талдау нәтижелері жағалаудағы табиғи жер жамылғысының біртіндеп азайып, оның орнына құрылыс және инженерлік нысандардың көбейіп жатқанын көрсетті.

Урбанизация үдерісінің күшеюі ландшафт құрылымының бұзылуына, өсімдік жамылғысының деградациясына, су ресурстарының қысқаруына және биоалуантүрліліктің төмендеуіне алып келуі мүмкін. Әсіресе, құрылыс нысандары мен инфрақұрылымның ұлғаюы жер бетінің су сіңіру қабілетін төмендетіп, топырақ эрозиясын күшейтеді, бұл өз кезегінде көлдің экожүйелік тепе-теңдігін бұзады. Сонымен қатар, көлдің маңындағы табиғи буферлік аймақтардың жойылуы экожүйенің табиғи реттегіш қызметін әлсіретіп, климаттық факторларға сезімталдығын арттырады.

Болашақта мұндай үрдістердің жалғасуы Алакөлдің экожүйелік тұрақтылығына, гидрологиялық режиміне, су балансына және жалпы экологиялық жағдайына күрделі қауіп төндіруі мүмкін. Су деңгейінің төмендеуі мен судың сапасының нашарлауы көлдің табиғи қорғаныш жүйесінің әлсіреуіне себеп болуы ықтимал.

Сондықтан алынған нәтижелер экожүйелік менеджмент, табиғатты ұтымды пайдалану және қоршаған ортаны қорғау бойынша ұзақ мерзімді стратегиялар әзірлеуде маңызды ғылыми негіз бола алады. Урбанизацияны экологиялық шектеулермен реттеу, жасыл инфрақұрылымдарды дамыту, жағалау аймақтарын қорғау және мониторинг жүргізу – көл маңындағы тұрақты даму мен экожүйенің сақталуын қамтамасыз етудің негізгі тетіктері болып табылады.



3.7 - сурет – NDBI индексінің мәндерінің классификациясы
а) 2015 жыл; ә) 2020 жыл; б) 2025 жыл.

3.7–суретке сәйкес карталарда 2015, 2020, 2025 жылдарға NDBI индексінің мәндерінің классификациясы анықталды. Үш картада 2015, 2020, 2025 жылдарға сәйкес құрылыс, ашық жер және су/өсімдікпен жабылған аймақтар классификацияланған.

Кесте 7 – Карталарда NDBI (Normalized Difference Built-up Index) индексінің негізінде жер беті үш негізгі класқа бөлінген:

Түс	Класс атауы	Сипаттамасы
Көк	Су немесе өсімдік жамылғысы (0)	Су беттері мен тығыз өсімдіктер орналасқан табиғи аумақтар
Сары	Жалаң жер (1)	Өсімдіксіз, ашық немесе өңделмеген, құрылысқа дайын жерлер
Қызыл	Құрылыс салынған аймақ (2)	Урбанизацияланған, ғимараттар мен инфрақұрылым орналасқан аумақтар

7–кестеге сәйкес NDBI (Normalized Difference Built-up Index) индексі негізінде алынған спутниктік деректер арқылы Алакөл көлінің маңындағы жер беті үш негізгі класқа бөлінген. Бұл классификация урбанизация деңгейін, табиғи ландшафтардың жағдайын және ашық, құрылысқа

бейімделген аумақтардың кеңістіктік таралуын талдауға мүмкіндік береді.

Карталарда әрбір класқа арнайы түс беріліп, визуалды түрде ерекшеленген:

Көк түс - су немесе өсімдік жамылғысы 0 класс: бұл санатқа көлдің су беттері мен тығыз өсімдікпен жабылған табиғи аумақтар жатады. Мұндай аймақтарда NDBI индексі теріс мәнге ие, өйткені бұл спектралды көрсеткіштер өсімдіктер мен су арқылы жұтылады. Бұл жерлер экожүйе тұрақтылығы үшін маңызды.

Сары түс - жалаң жер 1 класс: бұл категорияға өсімдік жамылғысы жоқ, ашық, өңделмеген немесе құрылысқа дайындалған жерлер кіреді. NDBI индексі бұл жерде шамамен 0 мәнге жуық болады. Мұндай аумақтар құрылыс салу немесе ауыл шаруашылығы мақсатында өзгеріске ұшырауы мүмкін.

Қызыл түс - құрылыс салынған аймақ 2 класс: бұл санат қалалық инфрақұрылым, ғимараттар, жолдар мен жасанды жабындармен қамтылған урбанизацияланған аумақтарды білдіреді. NDBI индексі бұл аймақтарда оң мәнге ие, яғни 0-ден үлкен және құрылыс көлемінің тығыздығын бейнелейді.

Бұл классификация аймақтық урбанизация процесінің динамикасын, табиғи және жасанды ландшафтардың арақатынасын, сондай-ақ жерді пайдалану сипатын зерттеу үшін маңызды құрал болып табылады. Сонымен қатар, алынған деректер экологиялық мониторинг, жер ресурстарын басқару және жоспарлау сияқты бағыттарда кеңінен қолданылады.

2015 жылы картада көк түспен белгіленген аумақтар - су айдындары мен өсімдік жамылғысы бар жерлер - кең ауқымды алып жатыр. Бұл кезеңде өңірдің экожүйесі салыстырмалы түрде табиғи қалпын сақтаған. Өсімдіктердің тығыздығы мен көл маңындағы табиғи жамылғы жоғары деңгейде байқалады. Қызыл түспен көрсетілген құрылыс аумағы бұл кезеңде айтарлықтай шектеулі болып, тек негізгі елді мекендер мен тұрғын үй массивтеріне жақын жерлерде шоғырланған. Адам әсері аз, урбанизация процесі енді ғана бастау алған.

Сары түспен белгіленген жалаң жерлер (бос, өсімдіксіз немесе құрғақ аймақтар) кең таралған. Бұл жерлердің құрылымы олардың келешекте құрылыс жүргізуге немесе инфрақұрылым объектілерін орналастыруға дайындалып жатқанын көрсетуі мүмкін. Жалпы алғанда, 2015 жылғы кезең - салыстырмалы түрде табиғи орта басым кезең ретінде сипатталады.

2020 жылы қызыл түсті құрылыс аумақтары біршама кеңейген. Бұл — өңірде құрылыс жұмыстарының жандана бастағанын және урбанизация процесінің күшейгенін көрсетеді. Нақтырақ айтқанда, жаңа тұрғын үй кешендері, жол желілері, туристік инфрақұрылым немесе өндірістік нысандар салынуы ықтимал.

Сары түсті жалаң жерлердің ауданы айтарлықтай азайған, яғни олардың бір бөлігі енді құрылысқа айналған. Бұл өзгеріс — жерді игеру мен ландшафтың жасанды өзгеріске ұшырауының айқын белгісі.

Көк аймақтар — яғни су және өсімдік жамылғысы бар жерлер — жалпы

алғанда, тұрақты күйде қалған. Алайда кейбір жерлерде жасыл желектердің құрылыс салдарынан ығыстырылуы орын алған болуы мүмкін.

2025 жылғы картада қызыл түспен белгіленген құрылыс аумағының едәуір ұлғайғаны байқалады. Бұл әсіресе көл жағалауы мен негізгі инфрақұрылым желілеріне жақын орналасқан аймақтарда айқын көрінеді. Қала типтес құрылыс нысандарының, демалыс базаларының, жолдардың немесе өзге де құрылымдардың қарқынды дамығанын байқауға болады. Көк аймақтардың (су және өсімдіктер) аумағы айтарлықтай өзгеріске ұшырай қоймағанымен, құрылыс нысандарының бұл табиғи аумақтарға жақындай түсуі олардың болашақта қысымға ұшырау қаупін тудырады. Бұл экожүйелік тепе-теңдік пен биологиялық әртүрлілікке әсер етуі мүмкін.

Сары түсті бос жерлердің аумағы ең аз деңгейге дейін азайған, себебі олардың көпшілігі құрылысқа пайдаланылған. Бұл урбанизация үдерісінің ең қарқынды кезеңі екенін көрсетеді.

Үш кезеңді салыстырмалы талдау нәтижесінде Алакөл өңірінде урбанизация мен инфрақұрылымдық даму айқын қарқын алып келе жатқаны анықталды. Әсіресе 2020–2025 жылдар аралығында құрылыс салынған аумақтардың едәуір кеңейгені байқалады. Бұл өзгерістер өңірдегі жер пайдалану сипатындағы түбегейлі өзгерістердің куәсі болып отыр. Көл жағалауының инфрақұрылымдық тұрғыдан игерілуі, экотуризм мен демалыс салаларының дамуы табиғи жамылғыға тікелей әсер етуде.

Кесте 8 – Жүргізілген классификация нәтижесінде төмендегі мәліметтер алынды:

NDBI өзгеріс класы	Аудан (км ²)	Ауданы (га)	Сипаттамасы
0-класс	1583.03	158,302.74 га	Өзгеріссіз немесе минималды өзгерген аумақтар
1-класс	2569.10	256,909.78 га	Урбанизация үдерісі орташа деңгейде жүрген аумақтар
2-класс	1421.78	142,177.78 га	Құрылыс белсенді түрде жүргізілген аумақтар

8-кестеге сәйкес, ЖҚЗ мәліметтері мен NDBI индексі негізінде жүргізілген талдау нәтижесінде Алакөл өңіріндегі құрылыс жұмыстары мен жер жамылғысының трансформациясы үш негізгі класқа жіктелді. Бұл жіктеу өңірдегі урбанизация қарқынын сандық тұрғыдан бағалауға мүмкіндік береді. Жіктеу нәтижелері төмендегідей:

- 0-класс - өзгеріссіз немесе өте әлсіз өзгеріске ұшыраған аумақтар;
- 1-класс - орташа өзгерістер байқалған аумақтар;
- 2-класс - қарқынды құрылыс немесе елеулі өзгерістер тіркелген аумақтар.

– 0-класс (өзгеріссіз аумақтар): 1583.03 км²

Бұл кластың құрамына кіретін аумақтарда антропогендік қысымның деңгейі төмен немесе мүлде байқалмаған. Табиғи ландшафтар, соның ішінде су айдындары, батпақтар, орман-тоғайлар және тығыз шөптесін өсімдіктермен жабылған жерлер осы категорияға жатады. Бұл көрсеткіш Алакөл өңірінде табиғи экожүйелердің әлі де айтарлықтай үлесті алып отырғанын және қорғалуы тиіс аймақтардың бар екенін көрсетеді.

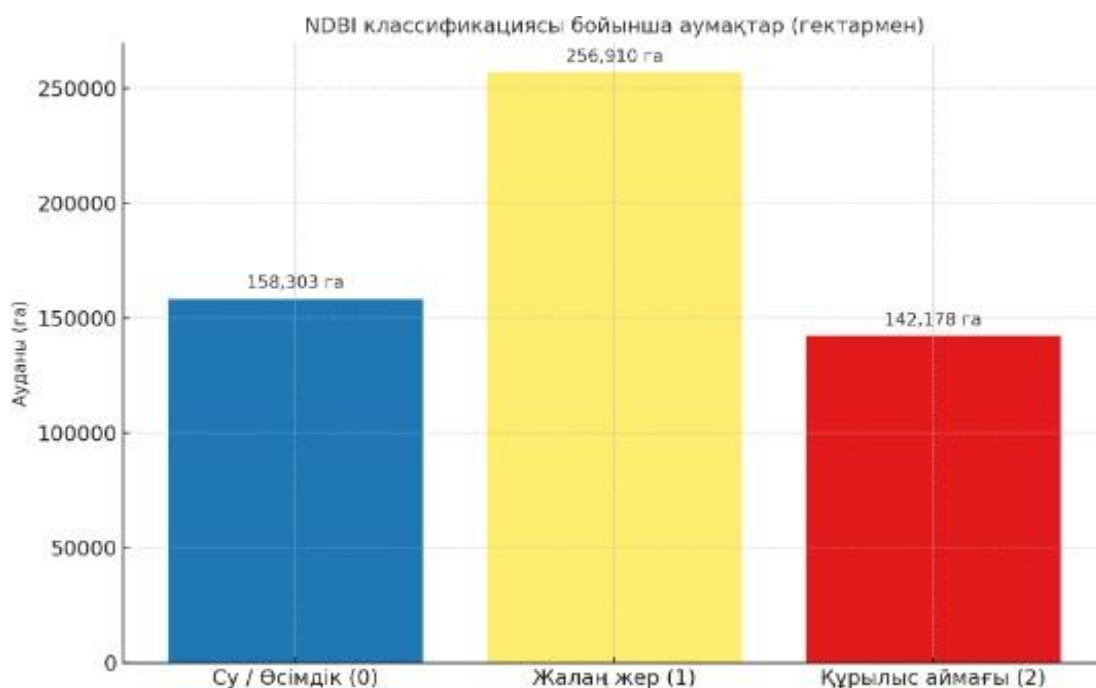
1-класс (орташа өзгеріске ұшыраған аумақтар): 2569.10 км²

Барлық үш кластың ішінде 1-класс аумақтары ең үлкен үлесті алып отыр. Бұл – өңірдің урбанизация процесінің белсенді жүріп жатқанын көрсететін басты дәлел. Мұнда құрылыс жұмыстары басталған немесе дайындық кезеңінде жүріп жатқан жерлер басым. Сондай-ақ, инфрақұрылымдық кеңеюге ілесіп, ішінара өзгерістерге ұшыраған табиғи аумақтар да осы класқа жатады. Бұл санаттағы аумақтар – урбанизация мен табиғи ортаның арасындағы өтпелі белдеу қызметін атқарады. Олардың жалпы ауданы 2569.10 км² құрап отыр, бұл зерттелген аумақтың едәуір бөлігін (шамамен 44 -46%) қамтиды.

2-класс (қарқынды құрылыс аймақтары): 1421.78 км². 2-классқа жататын аумақтар — құрылыс пен антропогендік өзгерістердің ең қарқынды жүрген аймақтары. Бұл санатқа жаңа тұрғын үй кешендері, демалыс орындары, жолдар мен өнеркәсіптік нысандардың салынуы нәтижесінде жер жамылғысы айтарлықтай өзгеріске ұшыраған аймақтар кіреді. 1421.78 км² ауданды қамтыған бұл аймақтар өңірдің экономикалық дамуымен қатар, экожүйелерге түсетін қысымның артып келе жатқанын білдіреді. Бұл мәліметтер жер ресурстарын ұтымды жоспарлау мен экологиялық мониторинг жүргізу үшін маңызды.

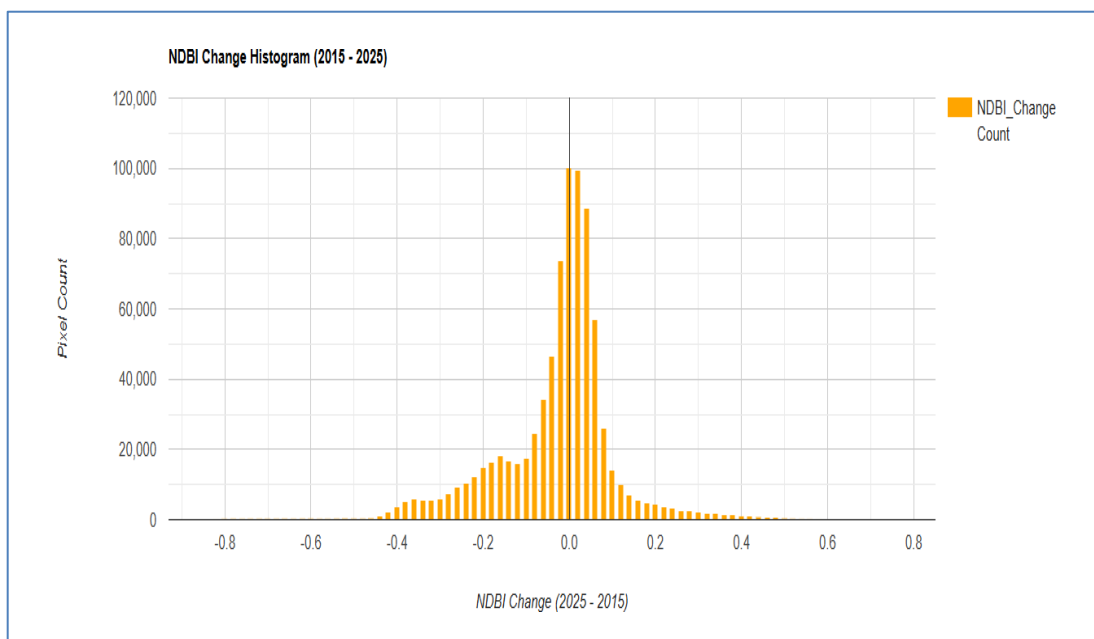
1-класс аумақтарының басым үлеске ие болуы - Алакөл өңірінде инфрақұрылым мен құрылыс саласының қарқынды дамуын дәлелдейді. Бұл - урбанизацияның кең ауқымды процесс ретінде жүріп жатқанын көрсетеді. Сонымен қатар, 2-класс аумақтарының да ауқымды болуы - табиғи жамылғының құрылыс аймақтарына орын бере бастағанын, яғни қоршаған ортаның өзгеріске ұшырауын білдіреді. Ал 0-класс аумақтарының сақталып отырғаны – табиғи ресурстар мен биоалуантүрлілікті сақтау бағытында әлі де мүмкіндік бар екенін байқатады. Бірақ бұл аймақтар болашақта құрылыс қысымына ұшырауы мүмкін болғандықтан, арнайы қорғау және басқару шараларын қажет етеді.(3.9 сурет).

3.8–суретке сәйкес графикке сәйкес NDBI (Normalized Difference Built-up Index) индексі негізінде Алакөл көлі маңындағы аумақтар үш негізгі класқа бөлінді: су немесе өсімдікпен жабылған аумақтар (158 303 га), жалаң жерлер (256 910 га) және құрылыс салынған аймақтар (142 178 га). Ең үлкен үлесті жалаң жерлер алып отыр, бұл өңделмеген, өсімдік жамылғысы жоқ немесе құрылысқа дайындалған аумақтардың көптігін көрсетеді.



3.8- сурет – NDBI классификациясы бойынша үш түрлі жер жамылғысы класының аудандары гектармен

Құрылыс нысандарының ауданы да едәуір жоғары, бұл урбанизация мен туризм инфрақұрылымының белсенді дамып жатқанын дәлелдейді. Ал су және өсімдік жамылғысы бар аймақтар экожүйелік тұрғыдан маңызды болғанымен, олардың көлемі біртіндеп азайып келеді. Аталған деректерге сүйене отырып, Алакөл көлі маңында урбанизация мен жердің тозу үрдістері қатар жүріп жатқанын байқауға болады. Құрылыс салынған аймақтардың артуы экожүйелік тепе-теңдікті бұзып, су көздері мен өсімдік жамылғысына қысым түсіруі мүмкін. Жалаң жерлердің үлесінің жоғары болуы топырақ эрозиясы мен шөлейттену қаупін арттырады. Сондықтан жерді пайдаланудың қазіргі жағдайын нақты бағалау және болашақта тұрақты даму қағидаттарына сүйене отырып жоспарлау өте өзекті. Бұл бағытта NDBI сынды индекстерге негізделген ЖҚЗ талдаулары ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Бұл мәліметтер Алакөл өңірінің жер ресурстарын тиімді басқару, урбанизация үдерістерін бақылау және табиғи экожүйелерді сақтау шараларын ғылыми негізде жоспарлау үшін аса маңызды. NDBI классификациясына негізделген бұл талдау кеңістіктік деректер арқылы жер пайдалану құрылымын нақты бағалауға мүмкіндік береді. Мұндай ақпарат жер ресурстарын ұтымды пайдалану, ауыл шаруашылығына жарамды жерлерді анықтау және құрылыс қарқынын бақылау үшін шешім қабылдаушы органдарға маңызды негіз бола алады. Сонымен қатар, бұл мәліметтер экологиялық мониторинг жүргізу, табиғи ландшафтардың тозу деңгейін бақылау және аймақтың тұрақты дамуын қамтамасыз ету мақсатында кеңінен қолданылады [22].



3.9 - сурет – Гистограмма бойынша NDBI өзгерісі

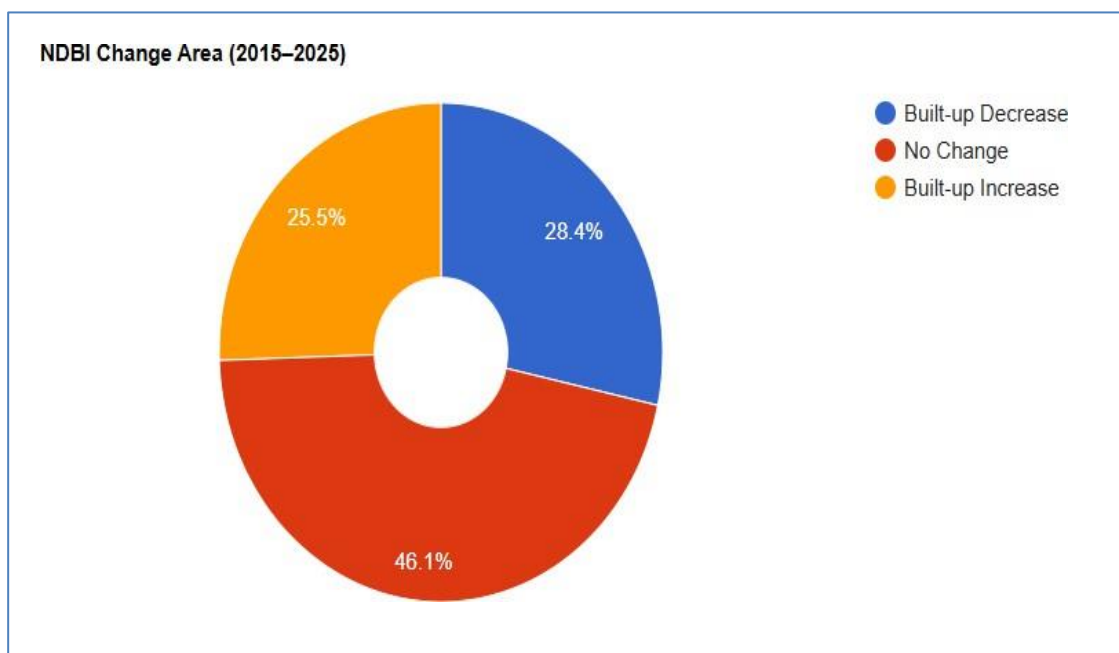
3.9–суретке сәйкес гистограмма 2015-2025 жылдар аралығындағы NDBI индексінің өзгерісін көрсетеді. Гистограмма көл аумағындағы әрбір пикселдің NDBI мәндерінің айырмасын (2025 - 2015) көрсетеді.

Көлденең ось (X) - NDBI өзгерісін білдіреді, ал тік ось (Y) - тиісті өзгеріс мәндеріне сәйкес келетін пиксел саны. Графиктің негізгі бөлігі -0.2 мен 0.1 аралығында шоғырланған, бұл зерттелген аумақта NDBI индексінде айтарлықтай өзгерістер болмағанын көрсетеді.

Гистограмма деректері бойынша теріс мәндер басым, яғни пикселдердің көпшілігінде NDBI индексі аздап төмендеген. Бұл жағдай құрылыс немесе адамның әсерінен болатын инфрақұрылымдық кеңеюдің шектеулі деңгейде жүргенін немесе кейбір аймақтарда керісінше құрылыс аумағының қысқарғанын көрсетуі мүмкін. Оң мәндердің аз болуы – урбанизация үдерісінің қарқынды емес екенін, аймақтың көп бөлігінде табиғи ландшафттың сақталғанын білдіреді.

Жалпы, 2015–2025 жылдар аралығында Алакөл маңындағы аумақтың құрылымында айтарлықтай ірі өзгерістер орын алмағанымен, жекелеген аймақтарда NDBI индексінің төмендеуі байқалған. Бұл көл жағалауының белгілі бір бөліктерінде табиғи өзгерістер немесе экожүйенің қалпына келу процестері жүріп жатқанын да көрсетуі мүмкін.

3.10–суретке сәйкес диаграмма бойынша NDBI өзгеру ауданының талдау нәтижелерінде, 28.4% аумақта құрылыс нысандары азайған (Built-up Decrease). Бұл аймақтарда бұрынғы құрылыстар бұзылған немесе босап қалған. Мұндай жағдайлар, мысалы, ескі демалыс орындарының жабылуы, пайдаланусыз қалған ғимараттар немесе ландшафтты қалпына келтіру әрекеттері нәтижесінде орын алған болуы мүмкін. 46.1% аумақта ешқандай өзгеріс болмаған (No Change).



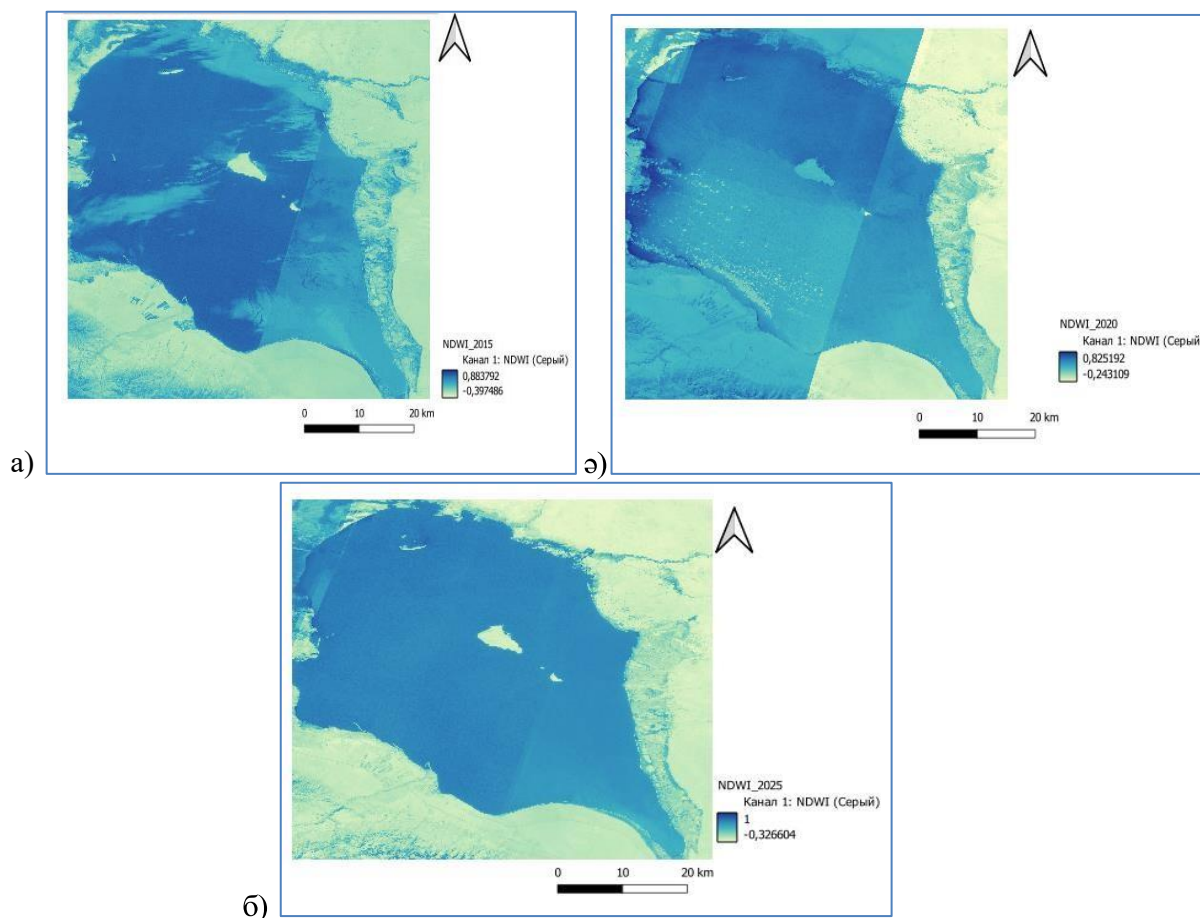
3.10 – сурет - диаграмма бойынша NDBI өзгеру ауданы

Бұл аумақтарда құрылыс тығыздығы 2015 жылдан бері өзгеріссіз қалған, яғни тұрақты инфрақұрылым немесе табиғи ландшафт сақталған. 25.5% аумақта құрылыс нысандарының өскені байқалған (Built-up Increase). Бұл көрсеткіш жаңа демалыс орындарының, жолдардың, тұрғын үйлер мен қызмет көрсету нысандарының салынуы нәтижесінен.

2015–2025 жылдар аралығында Алакөл көлі маңында құрылыс нысандары едәуір өзгеріске ұшыраған. Урбанизация бір жағынан өсіп жатқанымен, кейбір аймақтарда кері үрдіс - құрылыс тығыздығының төмендеуі де байқалады. Бұл жағдай туризм, экология және жер пайдаланудың арасындағы тепе-теңдікті сақтаудың қажеттілігін көрсетеді.

Алакөл көлінің су айдынының кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін бағалау мақсатында NDWI (Normalized Difference Water Index) индексі қолданылды. Бұл индекс Алакөл көлі су айдынының өзгерістері, су деңгейінің ауытқуы және су ресурстарының жағдайын бақылау үшін өте тиімді. $NDWI > 0$: Су айдындары, көлдер, өзендер. Алакөл көлі мен оның жағалауларындағы су деңгейі мен оның ауытқуларын анықтау үшін, ал $NDWI < 0$: Құрғақ жерлер мен су жоқ аймақтарды анықтау үшін қолданылады.

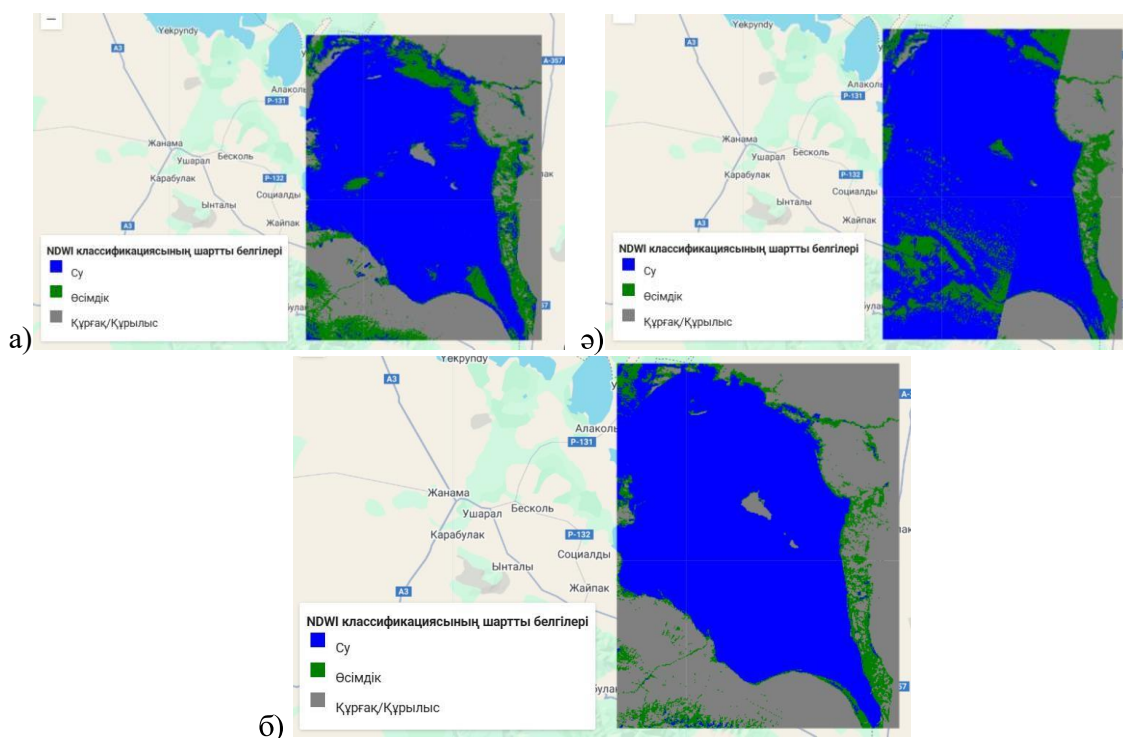
NDWI индексі Алакөл көлі маңындағы су айдындарының жағдайын бақылауға, су деңгейінің өзгерістерін, құрғақшылық кезеңдерін немесе су тасқындарын зерттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл су ресурстарының экосистемадағы рөлін зерттеу үшін де маңызды[20].



3.11 - сурет – NDWI индексінің мәндері
а) 2015 жыл; ә) 2020 жыл; б) 2025 жыл.

3.11–суретке сәйкес картадан байқайтынымыздай 2015 жылы су айдыны үлкен аумақты алып жатыр. NDWI индексінің мәні жоғары, су деңгейі салыстырмалы түрде жоғары және тұрақты. Ал 2020 жылы су айдынының пішінінде белгілі бір өзгерістер байқалады. Кейбір жағалау маңындағы учаскелерде NDWI мәнінің төмендегені көрінеді. Бұл өзгеріс көлдің оңтүстік-шығыс бөлігінде судың біршама тартылғанын немесе маусымдық/климаттық өзгерістерге байланысты су деңгейінің төмендегенін білдіруі мүмкін. 2025 жылы көл суының айтарлықтай азайғаны байқалады. NDWI индексі бойынша көптеген жағалау маңындағы аумақтарда су жамылғысының шекарасы өзгерген. Көгілдір түс азайып, көк және жасыл реңктер көбейген, бұл судың тартылып, құрғақ немесе жартылай деңгейі соңғы онжылдықта өзгеріске ұшырағанын, атап айтқанда, су айдынының біртіндеп азайып жатқанын дәлелдейді.

NDWI индексінің көмегімен жүргізілген бұл зерттеу өңірдегі су ресурстарының қазіргі жағдайын бағалауға және болашақта экожүйелік қауіп-қатерлердің алдын алуға арналған маңызды ақпараттық негіз болып табылады.



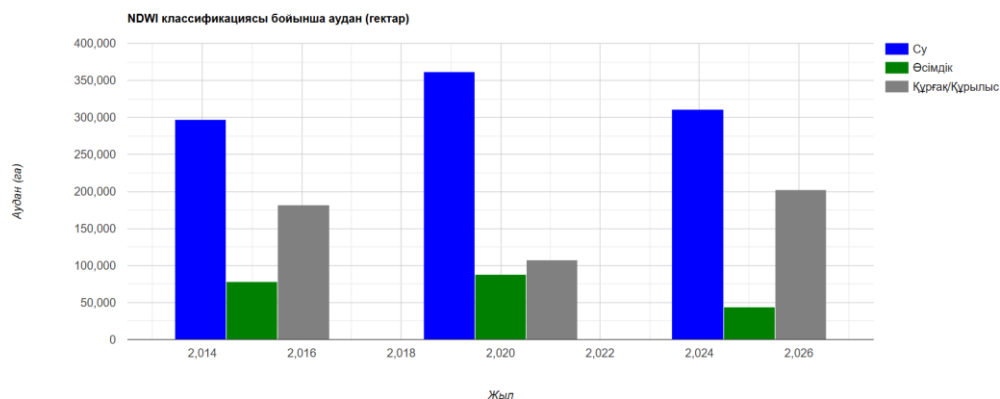
3.12 - сурет – NDWI индексінің мәндерінің классификациясы
а) 2015 жыл; ә) 2020 жыл; б) 2025 жыл.

3.12–суретке сәйкес NDWI өзгерісінің үш түрлі класы анықталған және әрбір кластың сәйкес жер аумағының көлемі есептелген. Бұл көрсеткіштер судың аумақтағы өзгерісін сандық түрде бағалауға мүмкіндік береді. Әрбір кластың мағынасы NDWI индексінің өзгеруіне байланысты су көлемінің өзгерісін көрсетеді. Төменде әрбір NDWI өзгеріс класына сәйкес жер аумағының сипаттамасы берілген:

NDWI өзгеріс класы 0 - бұл класс бойынша NDWI индексіне ешқандай елеулі өзгеріс болмаған немесе өзгеріс өте аз болған аймақтарды білдіреді. Мұндай аймақтарда су ресурстарының жағдайы салыстырмалы түрде тұрақты деп есептеледі. Осы кластағы жалпы жер аумағы: 1,421.78 шаршы шақырым.

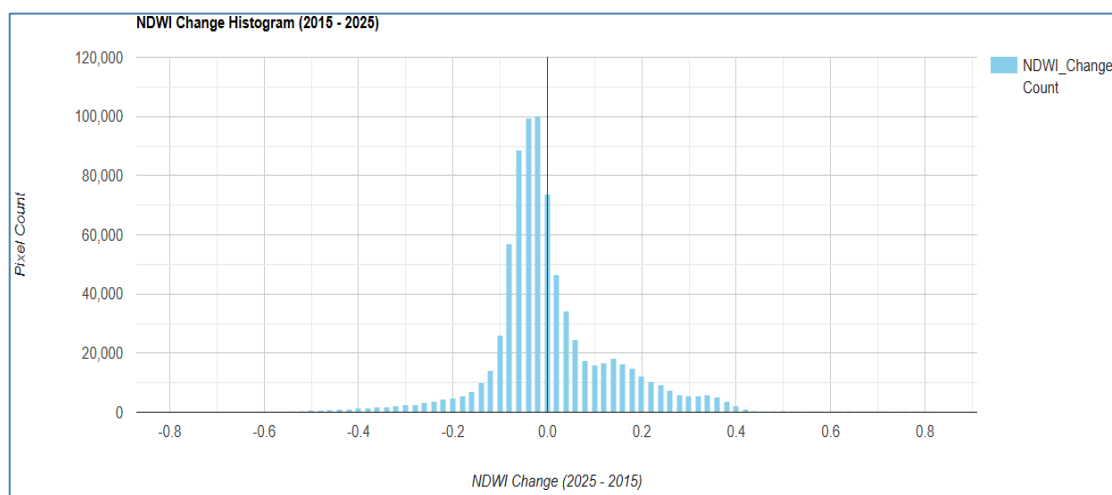
NDWI өзгеріс класы 1 - бұл класс NDWI индексінің орташа деңгейдегі өзгерісін сипаттайды. Мұндай өзгеріс су беттерінің кеңеюі немесе кемуі нәтижесінде пайда болуы мүмкін. Су режимінде белгілі бір деңгейде өзгеріс болған аймақтарды қамтиды. Осы кластағы жалпы жер аумағы: 2,569.10 шаршы шақырым. Бұл барлық кластар ішіндегі ең үлкен аумақты алып жатқан класс болып табылады, яғни NDWI өзгерістері ең көп байқалған өңірлер осы топқа жатады.

NDWI өзгеріс класы 2 - бұл класс NDWI индексінің жоғары деңгейдегі өзгерісін көрсетеді. Яғни, бұл класта су ресурстарының өзгерісі айтарлықтай – мысалы, су қоймаларының тартылуы немесе жаңа су айдындарының пайда болуы сияқты жағдайларды қамтуы мүмкін. Осы кластағы жалпы жер аумағы: 1,583.03 шаршы шақырым.



3.13 - сурет – NDWI классификациясы бойынша үш түрлі жер жамылғысы класының аудандары гектармен

3.13–суретке сәйкес диаграммаға сәйкес, 2015–2025 жылдар аралығында NDWI (Normalized Difference Water Index) индексі негізінде Алакөл көлі маңындағы су, өсімдік және құрғақ/құрылыс аймақтарының өзгерісі көрсетілген. 2014–2020 жылдары су аймағының біртіндеп ұлғайып, 2020 жылы ең жоғары деңгейге жеткені байқалады, алайда кейінгі жылдары бұл көрсеткіш күрт төмендеген. Өсімдік жамылғысы салыстырмалы түрде тұрақты болғанымен, оның көлемі аз және соңғы жылдары қысқару үрдісі байқалады. Құрғақ немесе құрылыс аймақтарының үлесі 2016 жылы ең жоғары көрсеткішке жетіп, 2020 жылы азайғанымен, 2025 жылға қарай қайтадан өскен. Бұл динамика су ресурстарының азаюы, климаттық өзгерістер немесе антропогендік ықпал нәтижесінде қалыптасқан өзгерістерді айқын көрсетеді.



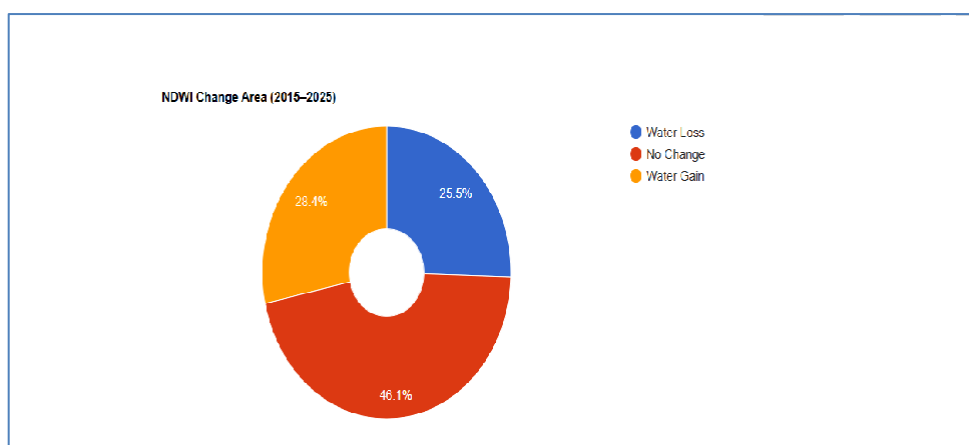
3.14 - сурет – Гистограмма бойынша NDWI өзгерісі

3.14-суретке сәйкес 2015 және 2025 жылдар аралығындағы NDWI индексінің гистограммасы көрсетілген. Бұл график пиксельдер бойынша

NDWI индексінің өзгерісін бейнелейді, яғни су жамылғысының кеңістік өзгерісін сандық түрде сипаттайды. - 0.8-ден +0.6-ға аралықтағы мәндерді қабылдайды.

Гистограммада байқалғандай, NDWI өзгерісінің ең жиі кездесетін мәндері нөлге жақын, бұл су жамылғысының айтарлықтай өзгермеген аумақтарының көп екенін көрсетеді. Алайда, теріс мәндер басым – бұл су бетінің азайғанын және жағалаулық аумақтарда деградациялық процестердің белсенді жүріп жатқанын дәлелдейді. Әсіресе -0.1 мен -0.3 аралығындағы өзгерістер жоғары жиілікпен байқалып отыр.

Оң мәндердің аз болуы - зерттелген кезеңде су айдынының кеңейген учаскелері аз болғанын көрсетеді. Бұл көлдің жалпы су балансының төмендегенін және климаттық, антропогендік факторлардың әсерінен деградация үрдістерінің күшейгенін дәлелдейді.



3.15 - сурет – NDWI өзгеру ауданы үлесінің диаграммасы

3.15-суретте көрсетілген диаграммада 2015–2025 жылдар аралығындағы NDWI индексінің өзгеруіне байланысты су жамылғысының үш түрлі күйі бойынша аудандар үлесі көрсетілген. Диаграммада су жамылғысының азаюы (Water Loss), өзгеріссіз қалған аумақтар (No Change) және су жамылғысының ұлғаюы (Water Gain) пайыздық қатынаста берілген.

Анықталғандай, NDWI индексі бойынша су жамылғысының азаюы 25.5% аумақты қамтыған. Бұл Алакөл көлі маңындағы су айдынының едәуір бөлігінде деградациялық процестер жүргенін, яғни көл деңгейінің төмендегенін және кейбір аумақтарда су толығымен жоғалғанын көрсетеді.

Ең үлкен үлес – 46.1% – өзгеріссіз қалған аумақтарға тиесілі. Бұл – белгілі бір бөліктерде NDWI мәндерінің тұрақтылығын және экожүйеде салыстырмалы түрде тепе-теңдіктің сақталғанын білдіреді.

Ал су жамылғысының ұлғаюы 28.4% аумақты қамтыған. Бұл кейбір учаскелерде судың қайта жиналуын немесе маусымдық ылғалдану салдарынан NDWI көрсеткіштерінің артқандығын көрсетеді.

Жалпы, NDWI индексі бойынша су жамылғысының 25.5%-ға төмендеуі

экологиялық тұрғыдан алып қарағанда алаңдаушылық туғызады. Себебі, бұл өзгеріс климаттық факторлармен қатар, антропогендік қысым әсерінен болуы мүмкін.

3.2 Анализ жасау

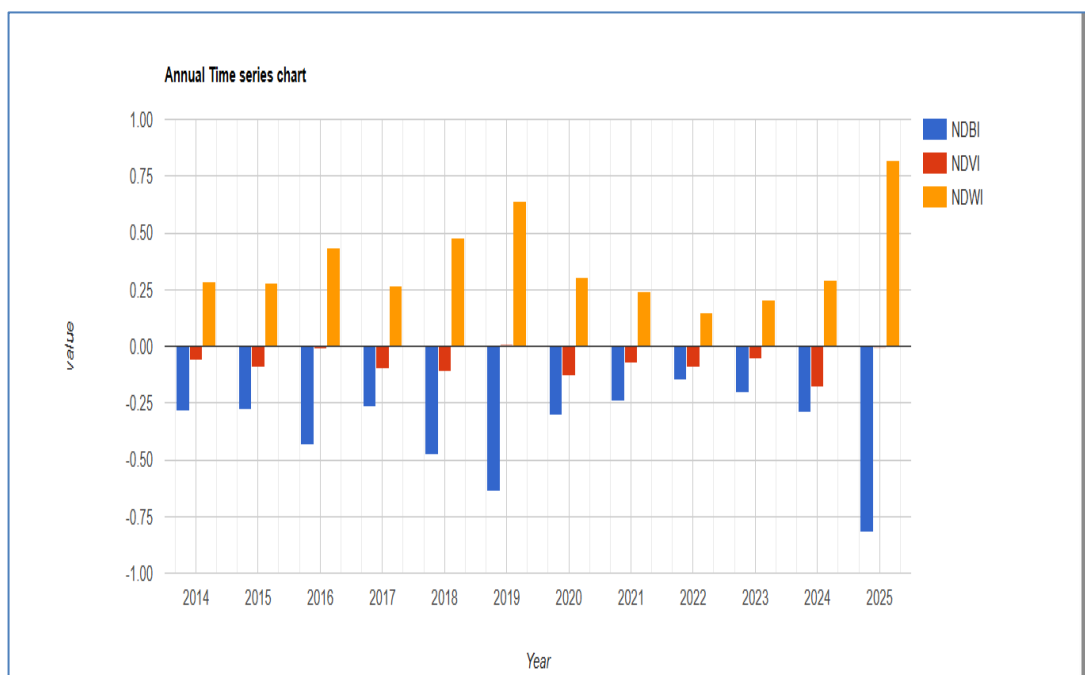
Алакөл көлінің экожүйесін зерттеуде әр түрлі вегетациялық индекстерді қолдану маңызды. Соның ішінде NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), NDBI (Normalized Difference Built-up Index) және NDWI (Normalized Difference Water Index) индекстері табиғи және антропогендік факторлардың әсерін кең көлемде бағалауға мүмкіндік береді.

NDVI индексі – өсімдік жамылғысының фотосинтетикалық белсенділігін сипаттайтын маңызды көрсеткіш. Бұл индекс өсімдіктің өсу қарқынын, биомасса көлемін, деградация немесе қалпына келу процестерін сандық түрде бақылауға мүмкіндік береді. көлі маңындағы өсімдік жамылғысы климаттық өзгерістерге, су тапшылығына және адам әрекеттеріне жоғары сезімталдық танытады.

NDBI индексі негізінен урбанизация деңгейін, құрылыс алаңдарының таралуын және олардың кеңеюін анықтау үшін қолданылады. Алакөл көлінің айналасы соңғы жылдары туризм мен инфрақұрылымның даму аймағына айналғандықтан, NDBI динамикасы бұл өзгерістердің табиғи ортаға ықпалын бағалау үшін таптырмас құрал болып табылады. Урбанизацияланған аумақтардың ұлғаюы өсімдік жамылғысының қысқаруына, су ресурстарына қысымның артуына және экологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына алып келуі мүмкін. Сол себепті NDBI индексінің кеңістіктік өзгерісін талдау экожүйенің антропогендік жүктемеге жауап беру механизмін түсінуге көмектеседі [21].

NDWI индексі – су айдындарының таралуын, су деңгейінің маусымдық және көпжылдық ауытқуын, ылғалдану дәрежесін бақылауға бағытталған көрсеткіш. Бұл индекс арқылы Алакөлдің су балансының өзгеру динамикасын, құрғау аймақтарын немесе керісінше, су көлемінің артқан аудандарын нақты көруге болады. NDWI деректері климаттық өзгерістердің тікелей салдарын – жауын-шашынның азаюы, буланудың артуы немесе өзен ағыстарының әлсіреуі сияқты факторларды бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, су ресурстарының азаюы өсімдік жамылғысына және жалпы биологиялық әртүрлілікке тікелей әсер ететіндіктен, NDWI экожүйелік мониторинг үшін стратегиялық маңызы бар құрал саналады.

Үш индексті біріктіре қолдану – Алакөл көлі аймағындағы экожүйелік жағдайды жан-жақты сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс ландшафтық құрылымды, табиғи және антропогендік факторлардың өзара әрекеттесуін, сондай-ақ экологиялық тұрақтылықты кешенді түрде бағалауға жол ашады. Мұндай тәсілдер ғылыми зерттеу нәтижелерін басқарушылық шешімдерге енгізуге, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалануға, және климаттық өзгерістер жағдайында бейімделу стратегияларын әзірлеуге септігін тигізеді.



3.16 - сурет – NDVI, NDBI, NDWI индекстерінің 2014-2025 жылдар аралығындағы өзгеріс графигі

3.16–суретке сәйкес 2014 – 2025 жылдар аралығындағы үш түрлі ЖҚЗ индекстерінің (NDVI, NDBI және NDWI) жылдық динамикасы көрсетілген. NDVI (қызыл түс) - Өсімдік жамылғысы индексі. NDVI мәндері барлық жылдары оң көрсеткішке ие, алайда көрсеткіш өте төмен деңгейде сақталған. Бұл көрсеткіштің 0.1 шамасында қалуы өсімдіктер жамылғысының әлсіз екенін немесе сирек өсімдіктермен жабылған аумақты білдіреді. 2019 және 2025 жылдары NDVI біршама жоғарылаған, бұл жылдары өсімдіктердің салыстырмалы түрде жақсы өскенін білдіреді. Қалған жылдары NDVI төмен деңгейде, бұл вегетациялық белсенділіктің төмен екенін көрсетеді.

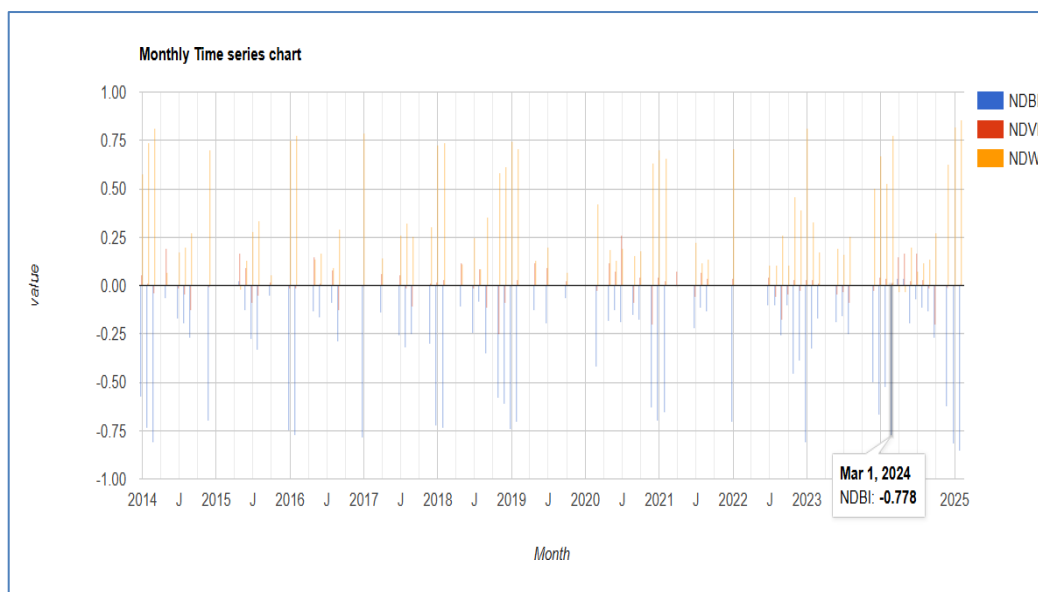
NDBI (көк түс) - Қалалық аумақ көрсеткіші. Барлық жылдары NDBI көрсеткіші теріс мәнге ие, әсіресе 2019 және 2025 жылдары күрт төмендеген (шамамен -0.7 және -0.9). Бұл көрсеткіш зерттеліп отырған аймақта урбанизация деңгейінің өте төмен екенін және құрылыс алаңдарының аз екенін көрсетеді. 2025 жылы NDBI-дің күрт төмендеуі аймақтың табиғи қалпына қайта келуін немесе урбанизация қарқынының төмендегенін көрсетуі мүмкін.

NDWI (сары түс) – Су индексі. NDWI көрсеткіші барлық жылдары оң болып, өсіп-азайып отырады. Ең жоғары көрсеткіш 2019 және 2025 жылдары байқалады (шамамен 0.6–0.8), бұл жылдары аумақта су ресурстарының артуы мүмкін екенін білдіреді. 2022–2023 жылдары NDWI көрсеткіші ең төменгі деңгейге дейін түскен, бұл кезеңде аймақта ылғалдылықтың азайғанын көрсетеді. Жалпы NDWI индексінің оң мәнде болуы аймақта ылғалдылықтың бар екенін білдіреді, әсіресе 2025 жылы жоғары шарықтау шегіне жеткен.

Өсімдік жамылғысы (NDVI) тұрақты түрде төмен деңгейде болғанымен, кейбір жылдары жақсару тенденциясы байқалады.

Құрылыс/қалалық даму (NDBI) өте төмен деңгейде, бұл зерттелген аумақта урбанизация әлсіз екенін көрсетеді.

Су ресурстары (NDWI) динамикасы айтарлықтай өзгеріп отыр, 2019 және 2025 жылдары ылғалдылық айтарлықтай артқан.



3.17 - сурет – NDVI, NDBI, NDWI индекстерінің 2014-2025 жылдар аралығындағы өзгеріс графигі

3.17–суретке сәйкес графиктен байқасақ, айлық уақыттық қатарлар графигі 2014–2025 жылдар аралығындағы NDVI, NDBI және NDWI индекстерінің өзгерісін ай сайын бақылауға мүмкіндік береді. Бұл талдау зерттеліп отырған аумақтағы экожүйе құрамының маусымдық және жылдық динамикасын бағалауға арналған.

NDVI (Өсімдік жамылғысының қалып-күйі): NDVI индексі вегетациялық белсенділікті сипаттайды және осы кезең аралығында төмен мәндермен сипатталады. Бұл зерттелетін аумақта өсімдік жамылғысының сирек немесе әлсіз екенін көрсетеді. Маусымдық түрде, NDVI жаз айларында аздап өсіп, өсімдіктердің белсенділігі байқалады. Ал күз және қыс мезгілдерінде бұл көрсеткіш төмендейді. Бұл заңдылық өсімдіктердің климаттық маусымдарға тәуелді екенін дәлелдейді.

NDBI (Құрылыс пен урбанизация индикаторы): NDBI индексі зерттеу кезеңінде тұрақты түрде теріс мәнге ие болды. Ең төмен мән 2024 жылдың наурыз айында тіркелді ($NDBI = -0.778$). Бұл көрсеткіш аймақта урбанизация мен құрылыс нысандарының болмауын немесе өте төмен екенін көрсетеді. NDBI-дің осындай теріс сипаты зерттелетін ландшафтың табиғи күйде сақталғанын растайды.

NDWI (Су және ылғалдылық индексі): NDWI индексінің маусымдық

өзгерісі айқын байқалады. Көктем және жаз айларында индекс мәндері жоғарылап (шамамен 0.5–0.8), бұл кезеңдерде ылғалдылықтың артқанын көрсетеді. Қыс пен күз айларында NDWI төмендеп, бұл су көздерінің азаюын немесе ылғалдың жетіспеушілігін білдіреді. NDWI-дің бұл динамикасы гидрологиялық режимнің табиғи түрде өзгеріп отыратынын көрсетеді.

Айлық уақыттық қатарлар графигі өсімдік жамылғысы, су ресурстары және урбанизацияның өзара байланысын нақты көрсетеді. NDVI мен NDWI маусымдық заңдылықтарға бағынса, NDBI көрсеткіштері адамның антропогендік әсері өте төмен екенін дәлелдейді. Бұл мәліметтер экожүйенің табиғи жағдайын бағалау мен болашақтағы қоршаған ортаны қорғау шараларын жоспарлау үшін маңызды негіз бола алады [23].

Үшінші тарау бойынша тұжырым

Алакөл көлінің экожүйесін бағалау барысында әртүрлі вегетациялық индекстерді (NDVI, NDBI және NDWI) қолдану табиғи және антропогендік факторлардың өзара байланысын кешенді түрде саралауға мүмкіндік берді. Бұл тарауда жүргізілген талдаулар өсімдік жамылғысы, су ресурстары және урбанизация үдерістерінің кеңістіктік және уақыттық динамикасын айқын көрсетті.

NDVI индексі өсімдік жамылғысының жай-күйін сандық тұрғыда бағалауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, NDVI мәндері зерттелген кезең ішінде төмен деңгейде сақталып, тек кейбір жылдары (мысалы, 2019 және 2025 жж.) өсімдік жамылғысының салыстырмалы түрде жақсаруы байқалды. Бұл жағдай климаттық факторлар мен адам әрекетінің, әсіресе жайылымдық жүктеменің әсерін көрсетуі мүмкін.

NDBI индексі арқылы зерттеу аумағында урбанизация деңгейінің өте төмен екені дәлелденді. Индекс мәндерінің үнемі теріс болуы және кейбір жылдары, әсіресе 2025 жылы, теріс шектен төмендеу үрдісі – аймақтың табиғи күйінде сақталғанын немесе қалпына келу белгілерін көрсетті. Бұл өз кезегінде табиғи ресурстарға деген қысымның төмендігін және инфрақұрылымдық өзгерістердің шектеулі екенін дәлелдейді.

NDWI индексі арқылы су ресурстары мен ылғалдылықтың маусымдық және көпжылдық өзгерісі бағаланды. Көктем-жаз мезгілдерінде NDWI мәндерінің артуы аумақтағы ылғалдылықтың жоғарылауын көрсетсе, күз-қыс мезгілдеріндегі төмендеуі табиғи гидрологиялық циклге сай өзгерістер екенін көрсетті. 2019 және 2025 жылдары су индексінің ең жоғары шегіне жетуі – сол жылдары аймақтағы су ресурстарының көлемінің артқанын немесе климаттық қолайлылықтың жоғарылағанын білдіреді.

Үш индекстің уақыттық графиктерін салыстыра отырып, зерттелетін аймақтағы экожүйелік жағдайдың маусымдық және көпжылдық тұрғыда динамикалық түрде өзгеріп отыратыны анықталды. NDVI мен NDWI маусымдық заңдылықтарға сәйкес өзгерсе, NDBI индексі кеңістіктік

тұрақтылық пен табиғи ландшафтың басымдығын көрсетті.

Жалпы, NDVI, NDBI және NDWI индекстерін біріктіре қолдану Алакөл көлінің экожүйесін жан-жақты сипаттауға, табиғи және антропогендік факторлардың әсерін кешенді бағалауға мүмкіндік берді. Бұл әдістемелік тәсіл болашақта экологиялық мониторинг, табиғи ресурстарды ұтымды басқару және климаттық өзгерістерге бейімделу стратегияларын әзірлеу үшін ғылыми әрі практикалық тұрғыда маңызды негіз болады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Алакөл көлі аймағында орын алып жатқан табиғи және антропогендік өзгерістерді жан-жақты зерттеу – қоршаған ортаны қорғау мен табиғи ресурстарды тиімді басқарудың басты алғышарты болып табылады. Бұл өңір өзінің ерекше экожүйесімен, биологиялық әртүрлілігімен және гидрологиялық маңызымен ерекшеленеді. Сондықтан мұндағы кез келген өзгеріс тек жергілікті ғана емес, өңіраралық және экологиялық масштабта да салмақты әсерін тигізуі мүмкін. Зерттеу барысында алынған ЖҚЗ деректеріне негізделген карталар мен индекстер, атап айтқанда NDVI, NDWI және NDBI, Алакөл маңындағы өсімдік жамылғысының, ылғалдылықтың және урбанизация деңгейінің өзгерісін нақты әрі айқын түрде көрсетті.

Жерді қашықтықтан зондтау әдістері табиғи ортаның өзгерістерін кеңістіктік және уақыттық өлшемде жүйелі түрде бақылауға мүмкіндік беріп отыр. Бұл әдістердің көмегімен алынған мәліметтер аумақтың экологиялық жай-күйін сандық тұрғыда бағалауға, табиғи ресурстарды тұрақты пайдаланудың жолдарын табуға, сондай-ақ климаттық және антропогендік факторлардың өзара байланысын терең зерттеуге септігін тигізеді. Мысалы, өсімдік жамылғысының жартысынан астамының жойылуы – бұл аймақтың су тапшылығы мен климаттық өзгерістерге өте сезімтал екенін және адам әрекетінің салдарын нақты көрсетеді. NDVI индексі арқылы анықталған өсімдіктің тозу деңгейі табиғи тепе-теңдіктің бұзылып жатқанын дәлелдейді. Ал NDWI көрсеткіштері арқылы су аймағының кішіреюі мен тартылу үрдісі анық байқалды. Сонымен қатар, NDBI индексі құрылыс көлемінің артып келе жатқанын, әсіресе жағалау маңындағы урбанизацияның жылдам өскенін көрсетті.

Зерттеу нәтижелері Алакөл маңының экожүйесіне түсіп жатқан қысымды айқындай түсті. Жайылым жерлердің шамадан тыс пайдаланылуы, суармалы жүйелердің тиімді басқарылмауы, ретсіз құрылыс және инфрақұрылым нысандарының көбеюі – мұның бәрі табиғи ортаның тозуына және экологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына алып келіп отыр. Мұндай жағдайлар жер ресурстарының сарқылуына, биоалуантүрліліктің азаюына және жергілікті халықтың өмір сүру сапасының төмендеуіне әкелуі мүмкін. Сондықтан бұл үдерістерге дер кезінде әрекет ету, олардың жағымсыз салдарын азайту және алдын алу шараларын қабылдау — стратегиялық маңызды мәселе.

Осы орайда, ЖҚЗ технологиялары мен геоақпараттық жүйелерді тұрақты пайдалану табиғи ортаның жай-күйін бақылап отыруға, ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға және экологиялық саясатты дәл әрі тиімді жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл әдістердің қолжетімділігі мен сенімділігі Алакөл маңында ғана емес, еліміздің басқа да экологиялық сезімтал аймақтарында мониторинг жүргізуге мүмкіндік береді. Геокеңістіктік ақпаратқа негізделген осындай зерттеулер аумақты тиімді жоспарлау, табиғат қорғау шараларын онтайландыру және экожүйелерді қалпына келтіру

бағытындағы нақты қадамдарды анықтауға сеп болады.

Қорытындылай келе, жүргізілген зерттеулер Алакөл көлінің табиғи ресурстарын қорғау мен тұрақты пайдалану жолындағы шешуші қадам болып табылады. Бұл зерттеулердің нәтижелері табиғатты қорғау саласындағы іс-шараларды жоспарлауда, су ресурстарын басқаруда, экологиялық тепе-теңдікті қалпына келтіруде және аумақтың даму стратегиясын әзірлеуде үлкен маңызға ие. Алакөл маңының экожүйесі – табиғи тепе-теңдігі нәзік, бірақ биологиялық тұрғыдан бай және маңызды аймақ. Оны сақтау тек ғылыми қауымдастықтың емес, сонымен қатар мемлекеттік органдардың, жергілікті әкімшіліктер мен қоғам өкілдерінің үйлесімді әрі тұрақты әрекетін талап етеді. Тек жүйелі мониторинг пен сенімді деректерге негізделген басқару шешімдері ғана бұл аймақтың экологиялық тұрақтылығын сақтап, оны келешек ұрпаққа аман жеткізуге мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Асанов Б.Ш. Қазақстанның физикалық географиясы. – Алматы: Мектеп, 2018. – 272 б.
- 2 Байтілесов Т. Құрғақ аймақтардағы экожүйелер. – Алматы: Экос, 2019. – 198 б.
- 3 Алакөл мемлекеттік табиғи қорығының ресми материалдары. – 2022.
- 4 ҚР Ұлттық географиялық қоғамы. Географиялық анықтамалық. – Нұр-Сұлтан: 2020 – 320 б.
- 5 Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman J.W. Remote Sensing and Image Interpretation. – Wiley, 2015. – 736 p.
- 6 Jensen J.R. Introductory Digital Image Processing. – Pearson, 2016.
- 7 Ибраев Т.Т. Қашықтықтан зондау негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2021. – 248 б.
- 8 Сейітов С.Р. Геоакпараттық жүйелер. – Алматы: Полиграфия, 2022. – 218 б.
- 9 Huete A.R., et al. Vegetation Indices in Remote Sensing. – Remote Sensing of Environment, 2002.
- 10 Landsat 8-9 пайдаланушы нұсқаулығы. – USGS.gov.
- 11 Медеу А.К. Ландшафттық экология және геоакпараттық әдістер. – Алматы: Ғылым, 2019. – 276 б.
- 12 Баймұхамбетов Б.К. NDVI индекстерін экологиялық зерттеуде қолдану. – Алматы: 2020.
- 13 Байжомартов Б.Т. Алакөл экожүйесінің тұрақтылығы: географиялық талдау. – Семей: Шәкәрім университеті, 2021. – 130 б.
- 14 Жалелов С. Табиғи ресурстарды қашықтықтан зондау әдістерімен бағалау. – Алматы: Экос, 2020. – 205 б.
- 15 Қазгидромет. Алакөл алабындағы климаттық есеп. – Нұр-Сұлтан: 2022.
- 16 Сағындықов С.Т. Қазақстан топырақтарының экологиясы. – Алматы: Білім, 2019. – 236 б.
- 17 ҚР ҚНЖЕ 1.02-03-2011. Құрылыстағы геодезиялық жұмыстар. – Алматы: ҚР Құрылыс істері комитеті, 2011. – 64 б.
- 18 ҚР СП 2.03-30-2017. Құрылыс сейсмикасы. – Астана: ҚР Құрылыс істері комитеті, 2017.
- 19 Төлегенова А. Алакөл көлінің флорасы мен фаунасы. – Алматы: 2022.
- 20 Құлмағанбетова З.Қ. NDWI индексін қолдану арқылы су ресурстарын бақылау. – // «Геоакпарат» журналы, №4, 2020.
- 21 United Nations. Sustainable Development Goals Report 2023. – New York, 2023.
- 22 QGIS Training Manual. – <https://docs.qgis.org>
- 23 Есжанова М.Т. Экожүйелік өзгерістерді қашықтықтан бақылау. –

Астана: 2023. -150 б.

24 Қазақ энциклопедиясы: География. — Алматы: «Қазақ энциклопедиясы», 2018.

РЕЦЕНЗИЯ

Магистрлік диссертацияға
(жұмыс түрлерінің атауы)

Касенова Сая Берікқызы
(магистранттың аты жөні)

7M07306 – «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»
(мамандықтың атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ
деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау
Орындалды:

а) Графикалық бөлім _____ 17 _____ парақтарда
б) түсіндірме жазба _____ 59 _____ беттерінде

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУЛЕР

Магистрлік диссертациялық жұмыс Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) көмегімен жасауға арналған өзекті әрі практикалық маңызы жоғары ғылыми тақырыпты қамтиды. Зерттеу барысында заманауи қашықтықтан зондтау технологиялары мен геоақпараттық талдау әдістері қолданылды. Жұмыс құрылымы магистрлік диссертация талаптарына сай, ғылыми тілде сауатты жазылған. Жұмыстың рәсімделуі мен мазмұндық жағынан елеулі кемшіліктер анықталған жоқ. Дегенмен, кейбір картографиялық материалдардың сапасын арттыру және ғылыми стильді одан әрі жетілдіру ұсынылады.

Жұмысты бағалау

Касенова Саяның магистрлік диссертациялық жұмысы экологиялық мониторинг, геоақпараттық талдау және ЖҚЗ технологияларын қолдану бағытында өзекті әрі практикалық маңызы жоғары мәселені қамтиды. Диссертациялық жұмыста толық мәліметтер жинақталған, оларды өңдеуде жоғары деңгейдегі дайындық пен дағдысын көрсете алды. Жұмыста қойылған ғылыми міндеттер толық шешімін тапқан, нәтижелер негізделген және нақты картографиялық материалдармен бекітілген.

Жалпы, магистрлік диссертация сапалы орындалған, ғылыми құндылығы жоғары. Жұмыс "өте жақсы" (95%) деген бағаға лайық және магистр академиялық дәрежесін алуға лайық деп есептеймін.

Рецензент
Т.ғ.к., қауым. Профессор
Халықаралық білім беру корпорациясы
Омиржанова Ж.Т.

« 20 » 06 2025 ж.

ҚазҰТЗУ 706-17-Ү. Рецензия

Подпись Омиржанова Ж.Т.
заверяю
HR департамент
« 20 » 06 2025

Ізденуші Касенова Сая Берікқызы «Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау» атты диссертациялық жұмысына

СЫН ПІКІР

Диссертациялық жұмыста Алакөл көлі аймағындағы өсімдік жамылғысының динамикасын бағалау және карталау мәселелері қарастырылған. Зерттеу қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері мен заманауи бағдарламалық кешендерді (Google Earth Engine, QGIS) қолдану арқылы жүзеге асырылған.

Диссертациялық жұмыстың негізгі мақсаты – Алакөл көлінің айналасындағы өсімдік жамылғысының кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін анықтау арқылы экологиялық жағдайды бағалау және табиғи ресурстарды тиімді басқаруға ғылыми негізделген ұсыныстар беру. Бұл мақсатқа жету үшін NDVI, NDWI және NDBI сияқты спектралдық индекстер есептеліп, көпжылдық спутниктік деректерге талдау жасалған.

Зерттеу пәні мен объектісі. Жұмыстың зерттеу пәні – өсімдік жамылғысы мен оны сипаттайтын вегетациялық индекстердің динамикасы, ал зерттеу объектісі - Алакөл көлі мен оның маңындағы табиғи аумақтар.

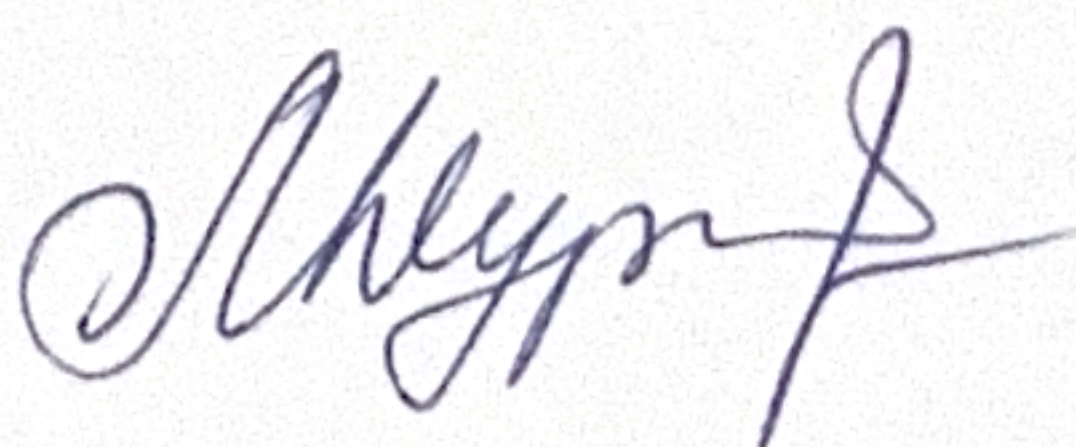
Зерттеу нәтижелері табиғатты қорғау мекемелеріне, экологиялық мониторинг жүргізуші ұйымдарға, жергілікті әкімдіктер мен мемлекеттік органдарға өсімдік жамылғысының жағдайын бақылау және экожүйелерді тұрақты басқару бойынша нақты ұсыныстар ұсынуға мүмкіндік береді.

Жұмыста Алакөл көлінің географиялық және экологиялық сипаттамаларына толық талдау жасалған. Вегетациялық индекстер негізінде 2015–2025 жылдар аралығындағы өсімдік жамылғысы өзгерістерінің карталары мен графиктері құрылып, олардың себеп-салдарлық байланыстары ғылыми негізде талданған. Сонымен қатар, антропогендік және климаттық факторлардың әсері нақты деректер арқылы көрсетілген.

Диссертациялық жұмыс барлық ғылыми-әдістемелік талаптарға сай орындалған. Тақырып мазмұны толық ашылған, қолданылған әдістер ғылыми тұрғыдан негізделген, алынған нәтижелер сенімді және тәжірибелік мәнге ие.

Ізденуші Касенова Саяның магистрлік диссертациясы 95 деген бағаға лайық деп есептеймін және 7M07306 - «Геокеңістік цифрлық инженерия» білім беру бағдарламасының магистрантына «Техника ғылымдарының магистрі» дәрежесін алуға лайық деп санаймын.

ҚазҰТЗУ «Геодезия және
маркшейдерлік іс» кафедрасының
т.ғ.д., профессор



Нурпеисова М.Б.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Касенова Сая Беріккызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Диссертация магистра наук

Название работы: Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 1.4

Коэффициент Подобия 2: 0.5

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

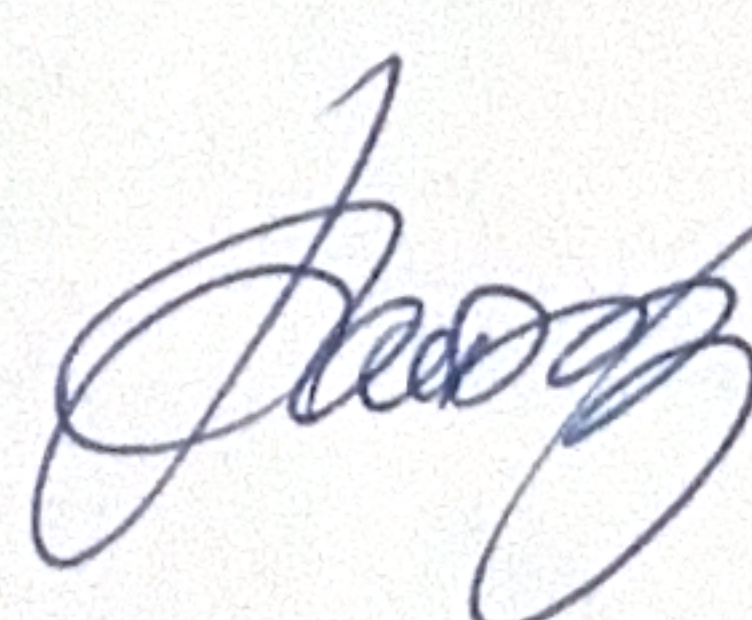
☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ 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:

Дата 16.06.2022

 
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Касенова Сая Берікқызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Диссертация магистра наук

Название работы: Алакөл көлі өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау

Научный руководитель:

Коэффициент Подобия 1: 1.4

Коэффициент Подобия 2: 0.5

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 2

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:

Дата 16.06.2025



Заведующий кафедрой

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
ЖУРНАЛ

МАРКШЕЙДЕРИЯ И НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ

№ 2, март-апрель 2024 г.

www.n-gn.ru

«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»
«Mine Surveying and Subsurface Use»

90 ЛЕТ

КАФЕДРЕ «МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА И ГЕОДЕЗИИ»

КазНТУ имени К.И. Сатпаева



СӘТБАЕВ
УНИВЕРСИТЕТІ



SATBAYEV
UNIVERSITY



№2(130)

март-апрель 2024 г.



Учредитель журнала
Общество с ограниченной
ответственностью
«Издательский дом
«Недропользование и горные науки»

Редакционный совет

Г. И. Айнбиндер – ООО «АГЭП», Москва
И. И. Айнбиндер – ИПКОН РАН, Москва
А. А. Барях – ПФИЦ УрО РАН, Пермь
В. М. Вернигор – АО «Технологии контроля безопасности», Москва
В. И. Голик – ФГБОУ ВО «СКГМИ (ГТУ)», Владикавказ
В. А. Гордеев – ООО «Союз маркшейдеров России», Москва
В. В. Грицков – ООО «Союз маркшейдеров России», Москва
В. А. Дрибан – РАНИМИ, Донецк
А. А. Добрынин – ИПКОН РАН, Москва
В. Н. Захаров – ИПКОН РАН, Москва
В. А. Игнаткина – НИТУ «МИСиС», Москва
Г. В. Калабин – ИПКОН РАН, Москва
Д. Р. Каплунов – ИПКОН РАН, Москва
Н. М. Качурин – ТулГУ, Тула
Р. В. Ключев – СКГМИ (ГТУ), Владикавказ
С. Б. Кулибаба – ИПКОН РАН, Москва
В. В. Куликов – МГРИ, Москва
Л. Ш. Махмудова – ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллион-
щикова», Грозный
Н. В. Милетенко – Минприроды РФ, Москва
М. Б. Носырев – Екатеринбург
В. Н. Одинцев – ИПКОН РАН, Москва
В. Д. Пропп – ФГБОУ ВО «УГГУ», Екатеринбург
И. А. Пыталев – МГТУ им. Г.И. Носова, Магнитогорск
Х. Э. Таймасханов – ФГБОУ ВО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллион-
щикова», Грозный
К. Н. Трубецкой – ИПКОН РАН, Москва
М. А. Тюленев – КузГТУ, Кемерово
А. А. Хорешок – КузГТУ, Кемерово
В. А. Чантурия – ИПКОН РАН, Москва

Издатель:

ООО «Издательский дом «Недропользование и горные науки»
Адрес редакции и издателя:
117647, ул. Академика Капицы, д. 26, 1.
Тел.: +7(915) 111 0386
E-mail: office@n-gn.ru, articles@n-gn.ru
http://www.n-gn.ru

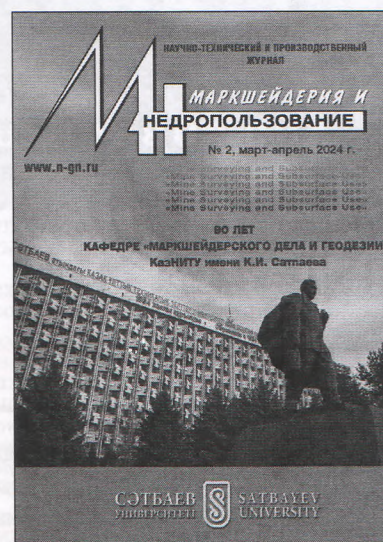
Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере
массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия.
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-83630 от 26.07.2022 г.

По решению ВАК журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых
научных журналов и изданий, в которых могут быть опубликованы
основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени
кандидата и доктора наук по разработке месторождений
полезных ископаемых и по наукам о Земле

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ
и в Российский индекс научного цитирования.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в международной
справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям
«Ulrich's Periodicals Directory»

© Маркшейдерия и недропользование



В ЭТОМ НОМЕРЕ:

90 ЛЕТ КАФЕДРЕ «МАРКШЕЙДЕРСКОГО ДЕЛА
И ГЕОДЕЗИИ» КазНИТУ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

НАШИ ЮБИЛЯРЫ

Журнал издается с 2001 года

Редакция:

Главный редактор
Ю. В. Дмитрак
Заместитель главного редактора
В. Н. Хегагуров
Ведущий редактор
Н. А. Федотенко
Ученый секретарь
Н. А. Милетенко
Верстка и дизайн
Н. Р. Алкснитис
Помощник главного редактора
Б. Н. Пашичев

Подписной индекс издания
в каталоге «Урал-Пресс»,
в объединенном каталоге АРЗИ
«Пресса России» – 88016

В течение года можно произвести
подписку на журнал непосредственно в редакции

За точность приведенных сведений
и содержание данных, не подлежащих открытой публикации,
несут ответственность авторы

При перепечатке ссылка на журнал
«Маркшейдерия и недропользование» обязательна

Журнал отпечатан в типографии
«CLUB PRINT»
тел.: +7(495) 669 5009

ISSN 2079-3332



24 002



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

90 лет кафедре «Маркшейдерского дела и геодезии»
КазНТУ имени К. И. Сатпаева

90 years of the Department of Mine Surveying and Geodesy of
KazNRTU named after K. I. Satpayev

- М. М. Бегентаев*
Семь великих свершений Сатпаева
M. M. Begentayev
Seven great things Satpayev4
- М. Б. Нурпеисова*
Во всех сферах деятельности кафедры — космическая
точность
M. B. Nurpeisova
In all fields of activity of the department — cosmic precision.....7
- К. Б. Рысбеков, С. Б. Касенова, К. Б. Ауесхан, А. Б. Тойшы*
Составление карты динамики растительного покрова
по данным дистанционного зондирования Земли
K. B. Rysbekov, S. B. Kasenova, K. B. Aueskhan, A. B. Toishy
Drawing up a map of vegetation dynamics based on Earth
remote sensing data10
- Т. Б. Нурпеисова, А. Е. Орманбекова, Т. С. Сагит, М. Е. Бертус*
Обработка результатов GPS-мониторинга при
интенсивных движениях земной коры в сейсмоактивных
регионах Казахстана
T. B. Nurpeisova, A. E. Ormanbekova, T. S. Sagit, M. E. Bertus
Processing of GPS-monitoring results during intensive
movements of the earth's crust in seismically active regions
of Kazakhstan14
- М. Б. Нурпеисова, Г. С. Сердалина, И. М. Бородин, Ф. А. Калабаев*
Инновационные методы маркшейдерских съемок при
освоении хромитовых месторождений
M. B. Nurpeisova, G. S. Serdalina, I. M. Borodina, F. A. Kalabaev
Innovative methods of surveying surveys during the
development of chromite deposits.....20
- Г. М. Кыргызбаева, М. Д. Исагазы, Д. М. Кыргызбаева,*
А. Ж. Санатова
Исследование физико-механических свойств горного
массива при освоении недр
G. M. Kirgizbayeva, M. D. Isagazy, D. M. Kirgizbaeva,
A. Zh. Sanatova
Investigation of the physical and mechanical properties of the
mountain massif during the development of the subsoil.....29
- М. Б. Нурпеисова, Ж. М. Нукарбекова, Н. Д. Торехан,*
Б. А. Елеусинова
Совершенствование геодезических методов мониторинга
земной поверхности при освоении недр
M. B. Nurpeisova, Zh. M. Nukarbekova, N. D. Torekhan,
B. A. Eleusinova
Improvement of geodesic methods monitoring the earth's
surface during subsoil development35

- С. Т. Солтабаева, А. М. Абдыбек, Н. Б. Ахмет, А. Н. Амангелди*
Мониторинг подземных рельсовых путей Алматинского
метрополитена
S. T. Soltabaeva, A. M. Abdybek, N. B. Akhmet, A. N. Amangeldi
Monitoring of underground rail tracks of the Almaty metro.....40
- А. Т. Салкынов*
Знание, опыт, ответственность за порученное дело — залог
успеха работы компании
A. T. Salkynov
Knowledge, experience, responsibility for the assigned task is the
key to the success of the company's work46
- Г. С. Мадимарова, Т. Нурланкызы, Д. Н. Сулейменова,*
Ш. А. Жантуева
Изучение физико-механических свойств пород
месторождения бассейна Каратау
G. S. Madimarova, T. Nurlankyzy, D. N. Suleimenova,
Sh. A. Zhantueva
Study of physical and mechanical properties of rocks
of deposits of the Karatau basin.....50
- Х. М. Касымканова, С. Б. Юсупов, О. Байтурбай,*
М. М. Оразымбет
Наблюдения за деформациями сооружений в зоне
строительства метрополитена г. Алматы
Kh. M. Kasymkanova, S. B. Yusupov, O. Baiturbay,
M. M. Orazymbet
Observations of deformations of structures in the Almaty
metro construction zone56
- Ш. К. Айтказинова, Ж. Д. Байгулин, Ж. Г. Адилев,*
А. Б. Бергенгалиев
Геодинамический мониторинг на месторождении
Кенкиек (Республика Казахстан)
Sh. K. Aitkazanova, Zh. D. Baigurin, J. G. Adilov, A. B. Bergengaliyev
Geodynamic monitoring on Kenkiyak field (Republic
of Kazakhstan)62
- А. А. Мамытов, А. А. Токтаров, С. С. Абдыгалиева, О. Байтурбай*
Применение дистанционного зондирования Земли
и геоинформационных систем в обеспечении
цифровизации сельского хозяйства Республики Казахстан
A. A. Mamytov, A. A. Toktarov, S. S. Abdygalieva, O. Baiturbai
The use of remote sensing and GIS to ensuring digitalization
agriculture of the Republic of Kazakhstan69
- М. Д. Исагазы*
Состояние и перспективы маркшейдерских работ
на руднике «Жыланды»
M. D. Isagazy
The state and prospects of surveying at the «Zhylandy» mine ..75

Наши юбилеи Our anniversaries

- 50 лет Мейраму Мухаметрахимовичу Бегентаеву
50 years of Meyram Mukhametovich Begentaev80
- Поздравляем Маржан Байсановну Нурпеисову с Днем
рождения
87 years of Marzhan Baysanovna Nurpeisova81
- «Лучший преподаватель вуза 2023»
«The best university teacher 2023»82

главная
новости
обозрение
статьи
выпуски журнала
информация
о журнале
контакты



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ
журнал
**МАРКШЕЙДЕРСКОЕ ДЕЛО И
НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЕ**

№ 1 (129) 2024 г
№ 2 (130) 2024 г
№ 3 (131) 2024 г
№ 4 (132) 2024 г

 (915) 111-03-86

НА НАШЕМ САЙТЕ:
краткий обзор статей, анонс профильных мероприятий, новости недропользования,
памятные даты и многое другое

www.n-gn.ru

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

К. Б. Рысбеков, С. Б. Касенова, К. Б. Ауесхан, А. Б. Тойшы,

Казахский национальный исследовательский технический университет (КазНУ) имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан

Аннотация: Приведены предварительные результаты оценки характера и динамики изменения растительного покрова территории Алаколь на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Рассмотрена необходимость использования географических информационных систем (ГИС), отвечающая современному уровню развития науки и техники. Результаты свидетельствуют о восстановлении растительного покрова после завершения строительства пансионатов и множества баз отдыха. Отмечено хорошее восстановление травяного покрова.

Ключевые слова: озеро, побережье, зона отдыха, строительство, растительный покров, космические снимки, дешифрирование, геоинформационные системы.

Для цитирования: Рысбеков К. Б., Касенова С. Б., Ауесхан К. Б., Тойшы А. Б. Составление карты динамики растительного покрова по данным дистанционного зондирования Земли // Маркшейдерия и недропользование. 2024. № 2.С. 10-13. DOI: 10.56195/20793332_2024_2_10_13.

DRAWING UP A MAP OF VEGETATION DYNAMICS BASED ON EARTH REMOTE SENSING DATA

K. B. Rysbekov, S. B. Kasenova, K. B. Aueskhan, A. B. Toishy,

Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract: Preliminary results of assessing the nature and dynamics of changes in the vegetation cover of the Alakol territory based on Earth remote sensing (ERS) data are presented. The need to use geographic information systems (GIS) that meet the modern level of development of science and technology is considered. The results indicate the restoration of vegetation cover after the completion of the construction of boarding houses and many recreation centers. Good restoration of grass cover was noted.

Keywords: lake, coast, recreation area, construction, vegetation cover, satellite images, interpretation, geographic information systems.

For citation: Rysbekov K. B., Kasenova S. B., Aueskhan K. B., Toishy A. B. Drawing up a map of vegetation dynamics based on Earth remote sensing data. Surveying and subsoil use. 2024;(2):10-13. (In Russ.). DOI: 10.56195/20793332_2024_2_10_13.

Алаколь — горько-солёное бессточное озеро Казахстана, расположенное на Балхаш-Алакольской низменности, находится на границе Абайской и Жетысуской областей, в восточной части Балхаш-Алакольской котловины в юго-восточном Казахстане. Оно раскинулось в долине Джунгарского Алатау в окружении невысоких предгорий. Рассматриваемое озеро является вторым по величине среди водоемов Казахстана и единственным глубоководным среди бессточных озер республики. Береговая линия озера Алаколь отличается большой изрезанностью, образует многочисленные полуострова, мысы, косы, заливы и бухты. Минерализованные воды обширного водоема, обилие целебных источников и впечатляющие ландшафты обусловили создание на берегах озера курортной зоны.

С 2020 года интенсивно начала развиваться инфраструктура озера Алаколь. Сегодня в этом удаленном от крупных городов регионе развивается туризм, строится огромное количество мест для отдыха: санатории, отели, пансионаты.

Любое строительство приводит к значительным изменениям естественных ландшафтов, а его эксплуатация несет в себе риски, которые могут привести к локальной или даже региональной экологической катастрофе. В условиях горного рельефа и обильных осадков высока интенсивность развития экзогенных геологических процессов (эрозия, оползни и др.) [1-3]. Поэтому крайне важно изучение поверхности космической системой — методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Дистанционное изучение земель широко используется в решении вопросов безопасности, обороны, энергетики, использования недр. Для наблюдения за Землей применяются дистанционные методы. На сегодняшний день данные дистанционного зондирования получают с искусственных спутников Земли [4, 5]. Благодаря высоте полета искусственный спутник Земли охватывает большое масштабное пространство, скорость полета и возможность транслировать несколько спектральных



Рис. 1. Структура дистанционного зондирования

Цель работы — изучение динамики растительного покрова, определение его состояния по космическим снимкам за период с 2000 по 2024 гг. Методы исследования — анализ космических снимков с космическими снимками за период с 2000 по 2024 гг. в форме Google Earth. В ходе исследования были проведены следующие работы: подбор снимков, анализ снимков, выполнение карт. Результаты исследования — изучение динамики растительного покрова. Основные выводы — за 2000, 2024 гг. паратов семейства. В заключение — далее будут проведены бражений, по

1. Амралиев, Бастау, 2006
2. Глобально з

Маркшейд

ORIGINAL PAPER
2024_2_10_13РОВА
ЛИ

Сатпаева,

льного покрова
сть использова-
техники. Резуль-
тов и множества

ки, дешифиро-

ки растительно-
2.С. 10-13. DOI:

EARTH

territory based on
modern level of
completion of the

information sys-

s based on Earth

льным измене-
туация несет
льной или даже
словиях горно-
ивность разви-
озия, оползни
е поверхности
ного зондиро-о использует-
роны, энерге-
ия за Землей
сегодняшний
ия получают
агодаря высо-
и охватывает
рость полета
спектральных

ель 2024 г.

зон позволяют получить ценные данные больших размеров [6-9].

Современные данные дистанционного зондирования дают быструю и достоверную информацию о растительном покрове на большой территории. Оно широко используется в изучении сельскохозяйственных угодий, природных и техногенных зон, рациональном использовании и рациональном планировании земель, организации различных сельскохозяйственных мероприятий. Процесс сбора данных дистанционного зондирования и их использование осуществляется в географических информационных системах (ГИС). Материалы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), структурная схема которого изображена на рисунке 1, являются частью большой системы сбора, переработки, регистрации и использования данных.



Рис. 1. Структурная схема системы дистанционного зондирования
Fig. 1. Block diagram of the remote sensing system

Цель работы: анализ изменения состояния растительного покрова, определяемого по количеству фотосинтетически активной биомассы (расчет NDVI) на основе данных ДЗЗ.

Методы исследования: дешифрирование и анализ снимков с космических аппаратов семейства Landsat и Sentinel-2 за период с 2000 по 2020 год, геоинформационное картографирование изменения состояния растительности на платформе Google earth engine.

В ходе исследования решались такие задачи, как [10-12]:

- ✦ подбор разновременных космических снимков среднего разрешения на район исследования;
- ✦ анализ хода изменений NDVI на территории озера Алаколь;
- ✦ выполнение работ для получения фактических результатов о современном состоянии растительного покрова изучаемого объекта.

Основными материалами послужили спутниковые снимки за 2000, 2010 и 2020 года, полученные с космических аппаратов семейства Landsat и Sentinel-2 (рис. 2, 3, см. цветную вставку стр. 25).

Далее были рассчитаны индексы NDVI и SAVI для изображений, полученных Landsat-7 и Sentinel-2.

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности т.е. простой количественный показатель количества фотосинтетической активной биомассы. Это один из наиболее распространенных и широко используемых индексов для решения задач показателей растительности, рассчитывается по следующей формуле

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где NIR – отражение растительности в инфракрасной области спектра; RED – отражение в красной области спектра.

SAVI (Soil-Adjusted Vegetation Index) – это индекс растительности, который пытается уменьшить влияние яркости почвы с помощью поправочного коэффициента яркости почвы. Его часто используют в пустынных районах, где мало растительности. Рассчитывают по следующей формуле, а результаты находятся в диапазоне от -1,0 до 1,0.

$$SAVI = ((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L), \quad (2)$$

где NIR – отражение в инфракрасном диапазоне спектра; Red – отражение в красной области спектра; L – ценность зеленой растительности.

Динамика изменения состояния растительности в результате воздействия интенсивного строительства зоны отдыха определена с помощью дешифрирования космических снимков на всей территории озера Алаколь [13, 14]. Основываясь на его изменениях, на наблюдаемой территории построены схемы, позволяющие оценить состояние растительного покрова в 2000, 2010 и 2020 годах соответственно (рис. 4, 5, см. цветную вставку стр. 26-27).

По рисункам видно, что пространственное разрешение Sentinel выше, чем у Landsat. Пространственное разрешение Sentinel – 10-60 м, пространственное разрешение Landsat – 15-60 м. Поскольку Landsat был запущен 23 июля 1972 года, это позволяет нам получать снимки с 1972 года по настоящее время. А Sentinel запущен в 2015 году, поэтому мы можем наблюдать только снимки за последние 7-8 лет. То есть контролируемый диапазон у этого спутника меньше, чем у Landsat [15-17]. Таким образом, в этой работе с помощью Google earth engine были подсчитаны вегетационные индексы по спутникам Landsat и Sentinel-2 с 2000 по 2020 год, изучены изменения растительного покрова озера Алаколь.

Выводы

Использование вегетационного индекса, рассчитанного на основе периодических космических съемок, позволило наглядно представить состояние растительного покрова и динамику его восстановления на исследуемом объекте.

Отмечено хорошее восстановление растительного покрова на территории озера Алаколь после завершения строительства зоны отдыха. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Амиргалиев, Н. А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озера / Н. А. Амиргалиев, С. Р. Тимирханов, Ш. А. Альпейсов. - Алматы: Бастау, 2006. - 368 с.
2. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озера). - Астана, 2007. - 271 с.

3. Бабкин, А. В. Поверочный и фактический прогноз уровня воды озера Алаколь на ближайшую перспективу / А. В. Бабкин, А. С. Мадибеков, К. А. Мусакулкызы. // Гидрогеология и экология. - 2017. - № 3. - С. 60-65.
4. Чурсин, И. Н. Деформационный спутниковый мониторинг нарушенных земель в районе Кузнецкого бассейна / И. Н. Чурсин // Маркшейдерия и недропользование. - 2021. - № 1 (111). - С. 50-55.
5. Мусихин, В. В. Оценка точности определения оседаний земной поверхности Риддерского ГОКа по результатам интерферометрической обработки данных космического радиолокационного зондирования / В. В. Мусихин, В. А. Тютюкова, Н. М. Харина // Маркшейдерия и недропользование. - 2023. - № 1 (123). - С. 57-63.
6. Охраняемые природные территории Средней Азии и Казахстана [Электронный ресурс]. - URL: <http://iucnca.net/inforeserve165> (дата обращения: 16.05.2022).
7. Нурпеисова, М. Б. Космическая геодезия: учебник / М. Б. Нурпеисова. - Алматы: КазННТУ, 2019. - 250 с.
8. Лурье, И. К. Теория и практика цифровой обработки изображений / И. К. Лурье, А. Г. Косиков // Дистанционное зондирование и географические информационные системы. - М.: Научный мир, 2003. - 166 с.
9. Баймаганбетова, Г. А. Данные дистанционного зондирования Земли для оценки состояния зеленых насаждений г. Астана / Г. А. Баймаганбетова, Е. И. Голубева, М. В. Зимин // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии: материалы 6-й Всероссийской (с международным участием) конференции / ИКИ РАН. - М., 2016. - С. 88-91.
10. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time / Z. Zhu et al. // Remote Sensing of Environment. - 2015. - Vol. 162. - P. 67-83.
11. Vanhellemont, Q. Advantages of high quality SWIR bands for ocean colour processing: Examples from Landsat-8 / Q. Vanhellemont, K. Ruddick // Remote Sensing of Environment. - 2015. - Vol. 161. - P. 89-106.
12. Баширова, Ч. Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности / Ч. Ф. Баширова // Молодой ученый. - 2019. - № 31 (269). - С. 30-31.
13. Баборыкин, М. Ю. Сходимость результатов дистанционного метода дешифрирования с полевыми работами на линейном объекте. На примере оползневого участка / М. Ю. Баборыкин // Изв. Томского политехнического ун-та. Инжиниринг георесурсов. - 2020. - Т. 331, № 7. - С. 161-175.
14. Долгополов, Д. В. Использование данных дистанционного зондирования Земли при формировании геоинформационного пространства трубопроводного транспорта / Д. В. Долгополов // Вестник СГУГиТ. - 2020. - Т. 25, № 3. - С. 151-159.
15. Берлянт, А. М. Картографический метод исследования / А. М. Берлянт. - М.: МГУ, 1970. - 251 с.
16. Landsat Science (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration) [Electronic resource]. - URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov> (accessed: 20 April, 2022).
17. Sentinel Missions. Website ESA (European Space Agency) [Electronic resource]. - URL: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed: 20 April, 2022).

REFERENCES

1. Amirgaliev NA, Timirkhanov SR, Alpeisov ShA. Ichthyofauna and ecology of the Alakol lake system. Almaty: Bastau, 2006 (In Russ.).
2. Globally significant wetlands of Kazakhstan (Alakol-Sasykkol lake system). Astana, 2007 (In Russ.).
3. Babkin AV, Madibekov AS, Musakulkyzy KA. Verification and actual forecast of the water level of Lake Alakol in the near future. *Hydrogeology and ecology*. 2017;3:60-5 (In Russ.).
4. Chursin IN. Deformational satellite monitoring of disturbed lands in the Kuznetsk basin area. *Surveying and subsoil use*. 2021;1(111):50-5 (In Russ.).
5. Musikhin VV, Tyutyukova VA, Kharina NM. Assessment of the accuracy of determining the subsidence of the Earth's surface of the Riddersky GOK based on the results of interferometric processing of space radar sensing data. *Surveying and subsoil use*. 2023;1(123):57-63 (In Russ.).
6. Protected natural territories of Central Asia and Kazakhstan. Available from: <http://iucnca.net/inforeserve165> (In Russ.).
7. Nurpeisova MB. Space geodesy (textbook). Almaty: KazNITU, 2019 (In Russ.).
8. Lurie IK, Kosikov AG. Theory and practice of digital image processing. *Remote sensing and geographic information systems*. Moscow: Scientific World, 2003 (In Russ.).
9. Baimaganbetova GA, Golubeva EI, Zimin MV. Earth remote sensing data for assessing the state of green spaces in Astana. *Materials of the 6th All-Russian (with international participation) Conference «Aerospace methods and Geoinformation technologies in forest vision, Forestry and Ecology»*, ICI RAS. Moscow;2016:88-91 (In Russ.).
10. Zhu Z. et al. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time. *Remote Sensing of Environment*. 2015; 162:67-83.
11. Vanhellemont Q., Ruddick K. Advantages of high quality SWIR bands for ocean colour processing: Examples from Landsat-8. *Remote Sensing of Environment*. 2015;161:89-106.
12. Bashirova ChF. NDVI index for remote monitoring of vegetation. *Young Scientist*. 2019;31 (269):30-1 (In Russ.).
13. Boborykin MYu. Convergence of the results of the remote decoding method with field work on a linear object. On the example of a landslide site. *Izv. Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering*. 2020;331(7):161-75 (In Russ.).
14. Dolgoplov DV. The use of Earth remote sensing data in the formation of the geoinformation space of pipeline transport. *Bulletin of SGUGiT*. 2020;25(3):151-59 (In Russ.).
15. Berlyant AM. Cartographic method of research. Moscow: Moscow State University, 1970 (In Russ.).
16. Landsat Science (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration). Available from <https://landsat.gsfc.nasa.gov> (accessed 20 April, 2022).
17. Sentinel Missions. Website ESA (European Space Agency). Available from: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed 20 April 2022).



КРИТЕРИИ
Авторы заявляют
work on the art
КОНФЛИКТ
Авторы заявляют



Факультет
ГОРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
ИНЖЕНЕРНОГО
Контакты: +7 (371) 233-11-11

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Рысбеков Канай Бахытович:
кандидат технических наук,
профессор,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: K.Rysbekov@satbayev.university



Касенова Сая Бериккызы:
бакалавр технических наук,
магистрант
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: saya_kassenova@mail.ru,
<https://orcid.org/0009-0008-0962-4713>



Ауесхан Карлыгаш Бакыткызы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: karlygash.auyeskhan@gmail.com



Тойшы Аяулым Бегимбеткызы:
магистрант,
кафедра маркшейдерского дела и геодезии,
Казахский национальный исследовательский
технический университет (КазННТУ)
имени К. И. Сатпаева,
г. Алматы, Республика Казахстан, e-mail:
ayaulym.toyshy@bk.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rysbekov Kanai Bakhytovich:
Candidate of Technical Sciences,
Professor,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: K.Rysbekov@satbayev.university

Kassenova Sая Berikkyzy:
Bachelor of Technical Sciences,
master's student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: saya_kassenova@mail.ru,
<https://orcid.org/0009-0008-0962-4713>

Aueskhan Karlygash Bakytkyzy:
PhD doctoral student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: karlygash.auyeskhan@gmail.com

Toishy Ayaulym Begimbetkyzy:
PhD doctoral student,
Department of Surveying and Geodesy,
Satbayev University,
Almaty, Republic of Kazakhstan,
e-mail: ayaulym.toyshy@bk.ru

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION:

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей / The authors declare the equal contribution of everyone to the work on the article.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.



УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет»
был создан 3(16) июля 1914 г. в Екатеринбурге.

Факультеты: ГОРНО-МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ (ГМФ),
ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ (ГТФ),
ИНЖЕНЕРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ (ИЭФ), ФАКУЛЬТЕТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ (ФГиГ).

Контакты: +7 (343) 257-25-47, +7 (343) 283-06-06, e-mail: office@ursmu.ru; rector@ursmu.ru, <http://www.ursmu.ru/sveden/common>



WWW.N-GN.RU

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE
REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

SATBAYEV UNIVERSITY



**ҚАЗАҚСТАН МАРКШЕЙДЕРЛЕР ОДАҒЫ
Ө.А.БАЙҚОҢЫРОВ АТЫНДАҒЫ ТАУ-КЕН МЕТАЛЛУРГИЯ ИНСТИТУТЫ**

**СОЮЗ МАРКШЕЙДЕРОВ КАЗАХСТАНА
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ О.А. БАЙКОНУРОВА**

**UNION OF SURVEYORS OF KAZAKHSTAN
MINING AND METALLURGICAL INSTITUTE NAMED AFTER O.A. BAIKONUROV**

**«ГЕОДЕЗИЯ МЕН МАРКШЕЙДЕРИЯДАҒЫ ЦИФРЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР»
АТТЫ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ФОРУМЫНЫҢ ЕНБЕКТЕР ЖИНАҒЫ
26-27 СӘУІР 2024**

**СБОРНИК ТРУДОВ МЕЖДУНАРОДНОГО ФОРУМА
«ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГЕОДЕЗИИ И МАРКШЕЙДЕРИИ»
26-27 АПРЕЛЯ 2024**

**PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL FORUM
«DIGITAL TECHNOLOGIES IN GEODESY AND SURVEYING»
26-27 of APRIL, 2024**

Алматы 2024
Almaty 2024

Жанакулова К.А., Касымканова Х.М. ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА ЭХОАКУСТИКИ В ИССЛЕДОВАНИЯХ ДНА ВОДОЁМОВ.....	198
Казанцева В.В., Долгонос В.Н., Старостина О.В. СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА НАБЛЮДАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЙ ПО ДАННЫМ АФС С ПРИМЕНЕНИЕМ БАС.....	205
Кыргызбаева Г.М., Сарсенбаева А.А. СПУТНИКТІК ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ НЕГІЗІНДЕ КООРДИНАТАЛАРДЫ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ МЕТОДИКАСЫН ЗЕРТТЕУ.....	209
Кайратов Д., Мадимарова Г. С., Нурпенсова Т.Б. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ В ПРОГРАММНОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ AGISOFT METASHAPE PRO.....	213
Касенова С.Б., Нурпенсова М.Б. СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	217
Кусайынова Г.С., Хмырова Е.Н., Шилец Р.Н., Нуркимбаева Р.К., Нуркимбаев С.К. ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИКЛАДНОЙ ГЕОДЕЗИИ.....	222
Луцкевич Д.Е. ВЛИЯНИЕ РАЗВИТИЯ ЦИФРОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ.....	226
Мұсайф Г., Алыпбеки О.А. АГРОӨНЕРКӨСПТІК АУДАН ЖЕРІН ПАЙДАЛАНУДЫ КЕҢІСТІКТІК- УАҚЫТТЫҚ ТАЛДАУЫ.....	230
Ормамбекова А.Е., Нурпенсова Т.Б. РОЛЬ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИЯХ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ВЫСОТНЫХ СООРУЖЕНИЙ.....	234
Okenova A. Zh., Adebiet B., Orynbasarova E.O. COMPARATIVE ANALYSIS OF UAV METHODOLOGIES IN THREE- DIMENSIONAL MODELING.....	237
Сугатов Н.С. ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ АЭРОФОТОСЪЕМКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ БПЛА.....	241
Стародуб К.В., Кыргызбаева Г.М. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКИ ВЫСОКОТОЧНОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ.....	246
Zeken A. T. THE ADVANTAGES AND POTENTIAL OF MULTISPECTRAL IMAGING FOR AGRICULTURE IN KAZAKHSTAN.....	250
Шарапова Д. ИССЛЕДОВАНИЕ СЕЗОННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КОЛИЧЕСТВА НАВОДНЕНИЙ В ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	253
Нурпейсова Т.Б., Дәулетханова Г.Н., Тайрова Ж. АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ МЕН БАҒАЛАУДА ҒАЖ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУ.....	261
Тойшы А.Б., Жакыпбек Ы., Мусахан Н.Н., Әбен А.С. АЭРОҒАРЫШТЫҚ ДЕРЕКТЕР НЕГІЗДЕ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ МАҚСАТЫНДАҒЫ ЖЕРЛЕРДІҢ ЖАҒДАЙЫН ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІ.....	269
Парахатова Н.М., Кыргызбаева Д.М. ЖЕРДІ ҚАШЫҚТЫҚТАН ЗОНДТАУ АРҚЫЛЫ ТАБИҒИ ЖӘНЕ ТЕХНОГЕНДІК ПРОЦЕСТЕРДІҢ ҚОРШАҒАН ОРТАҒА ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	274
Нысанбай Н.Н., Тиржанова С.Е., Аккуанов Н.Ж., Кожаяев Ж.Т. РАСЧЕТОБЪЕМОВЗЕМЛЯНЫХРАБОТС ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ AUTOCADCIVIL3D.	279

4. Технический отчет в рамках реализации проекта «Оцифровка инфраструктуры и автоматизация бизнес процессов с.Аксукуент Сайрамского района» г. Туркестан 2022. С 89
5. Касымканова К.М., Мадимарова Г.С. Геодезическое обеспечение монтажных работ и геодезический контроль в строительстве (учебное пособие). - Алматы. КазНТУ 2012.
6. Захаров А. И. Геодезические приборы: Справочник. - М.: Недра, 2017. - 314 с.
7. Технический отчет по инженерно-геодезическим изысканиям. Проект: 08-2021-5-ТОПО ТОМ 5. 2021-21 с.

УДК 528

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Касенова С.Б., Нурпенсова М.Б.

Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. Приведены предварительные результаты оценки характера и динамики изменения растительного покрова территории Алаколь на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Рассмотрены необходимость использования географических информационных систем (ГИС), отвечающие современному уровню развития науки и техники. Результаты свидетельствуют о восстановлении растительного покрова после завершения строительства пансионатов и множество баз отдыха. Отмечено хорошее восстановление растительного покрова на территории озера Алаколь после завершения строительства зоны отдыха.

Ключевые слова: озеро, побережье, зона отдыха, строительство, растительный покров, космические снимки, дешифрирование, геоинформационные системы, картографирование, охрана природы, Landsat, Sentinel-2

Введение. Алако́ль — горько-солёное бессточное озеро Казахстана, расположенное на Балхаш-Алакольской низменности, что находится на границе Абайской и Жетысуской областей, в восточной части Балхаш-Алакольской котловины в юго-восточном Казахстане. Оно раскинулось в долине Джунгарского Алатау, в окружении невысоких предгорий. Рассматриваемое озеро является вторым по величине среди водоемов Казахстана и единственным глубоководным среди бессточных озер республики. Береговая линия озера Алаколь отличается большой изрезанностью, образует многочисленные полуострова, мысы, косы, заливы и бухты. Минерализованные воды обширного водоема, обилие целебных источников и впечатляющие ландшафты обусловили создание на берегах озера курортные зоны. С 2020 года интенсивно начала развиваться инфраструктура озера Алаколь. Сегодня в этом удаленном от крупных городов регионе развивается туризм, строится огромное количество мест для отдыха - санатории, отели, пансионаты.

Любое строительство приводит к значительным изменениям естественных ландшафтов, а его эксплуатация несет в себе риски, которые могут привести к локальной или даже региональной экологической катастрофе. В условиях горного рельефа и обильных осадков высока интенсивность развития экзогенных геологических процессов (эрозия, оползни и др.) [1–3]. Поэтому крайне важно изучение поверхности комической системой - методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Дистанционное изучение земель широко используется в решении вопросов безопасности, обороны, энергетики, использования недр и недр земли.

Основное содержание Для дистанционного наблюдения за землей применяются дистанционные методы. На сегодняшний день данные дистанционного зондирования

4. Технический отчет в рамках реализации проекта «Оцифровка инфраструктуры и автоматизация бизнес процессов с.Аксукуент Сайрамского района» г. Туркестан 2022. С 89
5. Касымканова К.М., Мадимарова Г.С. Геодезическое обеспечение монтажных работ и геодезический контроль в строительстве (учебное пособие). - Алматы. КазНТУ 2012.
6. Захаров А. И. Геодезические приборы: Справочник. - М.: Недра, 2017. - 314 с.
7. Технический отчет по инженерно-геодезическим изысканиям. Проект: 08-2021-5-ТОПО ТОМ 5. 2021-21 с.

УДК 528

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ДИНАМИКИ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Касенова С.Б., Нурпеисова М.Б.

Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан

Аннотация. Приведены предварительные результаты оценки характера и динамики изменения растительного покрова территории Алаколь на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Рассмотрены необходимость использования географических информационных систем (ГИС), отвечающие современному уровню развития науки и техники. Результаты свидетельствуют о восстановлении растительного покрова после завершения строительства пансионатов и множество баз отдыха. Отмечено хорошее восстановление растительного покрова на территории озера Алаколь после завершения строительства зоны отдыха.

Ключевые слова: озеро, побережье, зона отдыха, строительство, растительный покров, космические снимки, дешифрирование, геоинформационные системы, картографирование, охрана природы, Landsat, Sentinel-2

Введение. Алако́ль — горько-солёное бессточное озеро Казахстана, расположенное на Балхаш-Алакольской низменности, что находится на границе Абайской и Жетысуской областей, в восточной части Балхаш-Алакольской котловины в юго-восточном Казахстане. Оно раскинулось в долине Джунгарского Алатау, в окружении невысоких предгорий. Рассматриваемое озеро является вторым по величине среди водоемов Казахстана и единственным глубоководным среди бессточных озер республики. Береговая линия озера Алаколь отличается большой изрезанностью, образует многочисленные полуострова, мысы, косы, заливы и бухты. Минерализованные воды обширного водоема, обилие целебных источников и впечатляющие ландшафты обусловили создание на берегах озера курортные зоны. С 2020 года интенсивно начала развиваться инфраструктура озера Алаколь. Сегодня в этом удаленном от крупных городов регионе развивается туризм, строится огромное количество мест для отдыха - санатории, отели, пансионаты.

Любое строительство приводит к значительным изменениям естественных ландшафтов, а его эксплуатация несет в себе риски, которые могут привести к локальной или даже региональной экологической катастрофе. В условиях горного рельефа и обильных осадков высока интенсивность развития экзогенных геологических процессов (эрозия, оползни и др.) [1–3]. Поэтому крайне важно изучение поверхности космической системой - методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Дистанционное изучение земель широко используется в решении вопросов безопасности, обороны, энергетики, использования недр и недр земли.

Основное содержание Для дистанционного наблюдения за землей применяются дистанционные методы. На сегодняшний день данные дистанционного зондирования

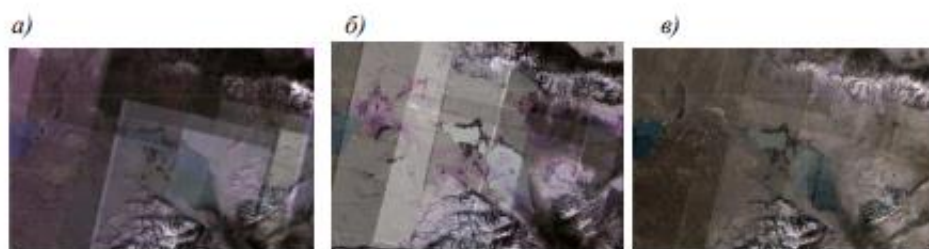


Рисунок 2. Космические снимки, полученные 2000, 2010 2020 гг. через Landsat 7.



Рисунок 3. Космические снимки, полученные 2000, 2010 2020 гг. через Sentinel 2 Далее

были рассчитаны Индексы NDVI и SAVI для изображений, полученных Landsat 7 и Sentinel 2.

NDVI (Normalizovannyu differentsial'nyu indeks rastitel'nosti)- нормализованный дифференциальный индекс растительности, т.е. простой количественный показатель количества фотосинтетически активной биомассы. Это один из наиболее распространенных и широко используемых индексов для решения задач х показателей растительности, который рассчитывается по следующей формуле

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

где, NIR- отражение растительности в инфракрасной области спектра;
RED – отражение в красной области спектра;

SAVI (Soil- Adjusted Vegetation Index) - это индекс растительности, который пытается уменьшить влияние яркости почвы с помощью поправочного коэффициента яркости почвы. Его часто используют в пустынных районах, где мало растительности, рассчитывают по следующей формуле и результаты находятся в диапазоне от -1,0 до 1,0.

$$SAVI = ((NIR - Red)/(NIR + Red + L)) * (1 + L) \quad (2)$$

где, NIR- отражение в инфракрасном диапазоне спектра; RED – отражение в красной области спектра; L- ценность зеленой растительности.

Динамика изменения состояния растительности в результате воздействия интенсивного строительства зоны отдыха определена в результате дешифрирования космических снимков на всей территории озера Алаколь [11,12]. Основываясь на его изменениях, на наблюдаемой территории построены схемы, позволяющие оценить состояние растительного покрова в 2000, 2010 и 2020 гг. соответственно (рисунки 4 и 5).

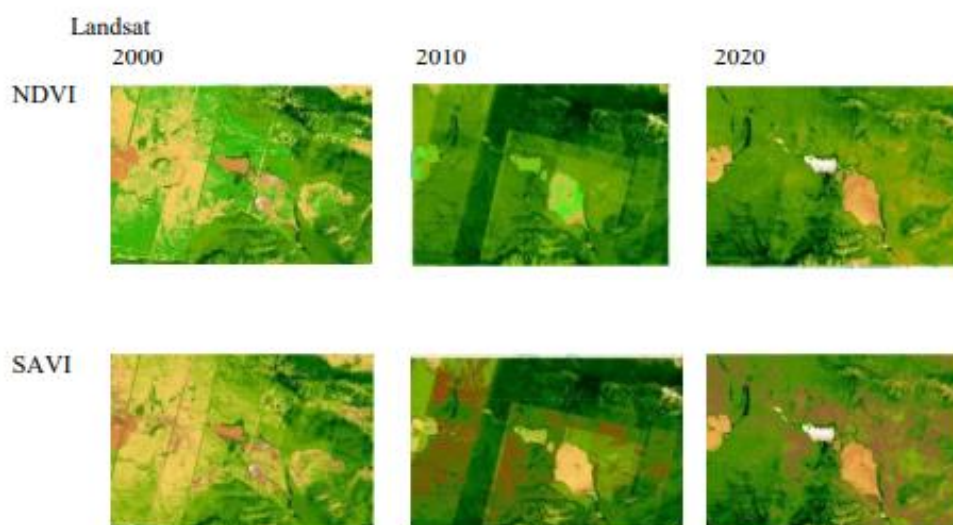


Рисунок 4. Результаты расчёта индексов вегетации на основе данных Landsat 7

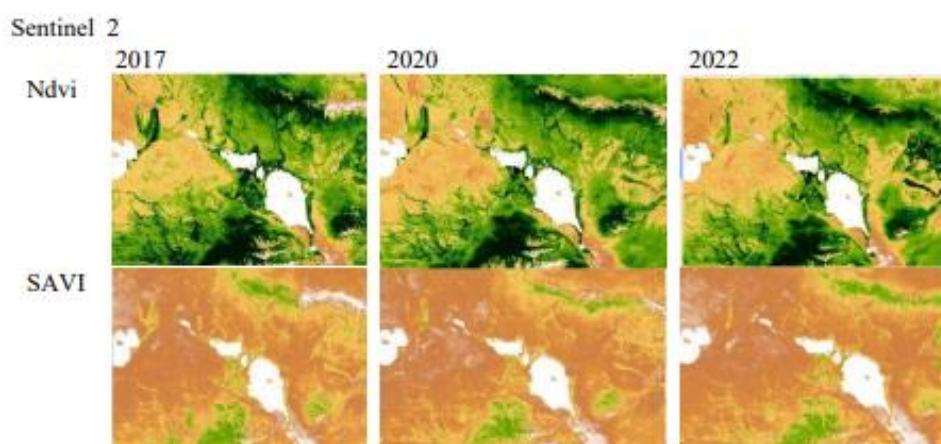


Рисунок 5. Результаты расчёта индексов вегетации на основе данных Sentinel 2

По рисункам видно, что по результатам исследования пространственное разрешение Sentinel выше, чем у Landsat. Пространственное разрешение Sentinel 10-60 м, пространственное разрешение Landsat 15-60 м. Поскольку Landsat был запущен 23 июля 1972 года, это позволяет нам получать снимки с 1972 года по настоящее время. А Sentinel был запущен в 2015 году, поэтому мы можем наблюдать только снимки последних 7-8 лет. То есть контролируемый диапазон меньше, чем Landsat [13–15]. Таким образом, в этой работе с помощью Google earth engine были подсчитаны вегетационные индексы по спутникам Landsat и sentinel-2 с 2000 по 2020 год, изучены изменения растительного покрова озера Алаколь.

Выводы. Использование вегетационного индекса, рассчитанного на основе периодических космических съемок, позволило наглядно представить состояние растительного покрова и динамику его восстановления на исследуемом объекте. Отмечено

хорошее восстановление растительного покрова на территории озера Алаколь после завершения строительства зоны отдыха.

Список использованной литературы:

1. Амиргалиев Н.А., Тимирханов С.Р., Альпейсов Ш.А. Ихтиофауна и экология Алакольской системы озер. – Алматы: Бастау, 2006. – 368 с.
2. Глобально значимые водно-болотные угодья Казахстана (Алаколь-Сасыккольская система озер). – Астана, 2007. – 271 с.
3. А.В. Бабкин А.С. Мадиебеков, А. Мусакулкызы поверочный и фактический прогноз уровня воды озера Алаколь на ближайшую перспективу. гидрогеология и экология. №3. 2017.- С.60.
4. Охраняемые природные территории Средней Азии и Казахстана. [Электрон. ресурс] URL: <http://iucnca.net/inforeserve165>. (дата обращения: 16.05.2022).
5. Нурпеисова М.Б. Космическая геодезия (учебник).- Алматы: КазНУТУ, 2019.- 250 с.
6. Спутники ДЗЗ <https://innoter.com/sputnik/> 10. Лурье И.К., Косиков А.Г. Теория и практика цифровой обработки изображений //Дистанционное зондирование и географические информационные системы. -М.: Научный мир, 2003
7. Баймаганбетова Г.А., Голубева Е.И., Зимин М.В. Данные дистанционного зондирования Земли для оценки состояния зеленых насаждений г.Астана. // Материалы 6-й Всероссийской (с международным участием) конференции «Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоводении, лесном хозяйстве и экологии», ИКИ РАН. – М. -2016. -С. 88-91
8. Zhu Z. et al. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time //Remote Sensing of Environment. 2015.- Т.162. – С. 67-83.
9. Vanhellemont Q., Ruddick K. Advantages of high quality SWIR bands for ocean colour processing: Examples from Landsat-8 //Remote Sensing of Environment. – 2015. – Т. 161. – С. 89-106.
10. Баширова, Ч. Ф. Индекс NDVI для дистанционного мониторинга растительности /Ч. Ф. Баширова// Международный научный журнал Молодой ученый. 2019. № 31 (269). — 30-31с.
11. Баборыкин М. Ю. Сходимость результатов дистанционного метода дешифрирования с полевыми работами на линейном объекте. На примере оползневого участка // Изв. Томского политехнического ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 161–175. –DOI 10.18799/24131830/2020/7/2727.
12. Долгополов Д. В. Использование данных дистанционного зондирования Земли при формировании геоинформационного пространства трубопроводного транспорта // Вестник СГУГиТ. – 2020. –Т. 25, № 3. – С. 151–159. – DOI 10.33764/2411-1759-2020-25-3-151-159. Вестник СГУГиТ, Том 27, № 4, 2022
13. Берлянт А.М. Картографический метод исследования. Москва: МГУ, 1970. –251 с
14. Landsat Science (Website NASA (National Aeronautics and Space Administration) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://landsat.gsfc.nasa.gov> (accessed 20 April, 2022).
15. Sentinel Missions. Website ESA (European Space Agency) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> (accessed 20 April 2022).



040200, Жетісу облысы, Алакөл ауданы, Үшарал қаласы,
Қабанбай батыр көшесі №104 үйі
тел.: 872833 2 12 90, e-mail: alakol_a.sh.b@mail.ru

040200, Жетісуская область, Алакольский район, город
Ушарал, улица Кабанбай батыра, дом №104
тел.: 872833 2 12 90, e-mail: alakol_a.sh.b@mail.ru

Пікір

«Алакөл ауданының ауыл шаруашылығы мен жер қатынастары бөлімі» мемлекеттік мекемесі Қазақстан Республикасының Жер кодексінің 43-1 бабына сәйкес, ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер учаскелерін конкурс арқылы беру тәртібі көзделген. Осы мақсатта өсімдік жамылғысының динамикасын зерттеу және бақылау әдісі ерекше тиімді құрал ретінде қолданыла алады.

Өсімдік жамылғысын қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) деректері арқылы бақылау конкурста шығарылатын жер учаскелерінің шынайы экологиялық және аграрлық жағдайын алдын ала бағалауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде конкурста қатысушыларға жердің шөп жамылғысы, деградация деңгейі және өнімділік әлеуеті туралы объективті ақпарат ұсынуға жағдай жасайды. Сонымен қатар, өсімдік жамылғысын жүйелі түрде қадағалау конкурс жеңімпаздарының жерді тиімді пайдалануын бақылауға мүмкіндік береді. Жер телімі алынғаннан кейін оның нақты пайдаланылып жатқанын немесе қараусыз қалғанын спутниктік деректер мен NDVI индексі арқылы анықтауға болады. Бұл әдіс жер пайдаланушылардың міндеттемелерін орындауын қадағалап, заңсыз әрекеттердің алдын алады.

Сондай-ақ, өсімдік жамылғысының жағдайына қарай жайылым, шабындық немесе егістік ретінде жарамды жерлерді анықтау арқылы тек шаруашылыққа бейімделген учаскелерді конкурста шығару мүмкін болады. Бұл ауыл шаруашылығы мақсатындағы жерлерді рационалды әрі экологиялық тұрғыда тиімді пайдалануға жол ашады.

Қорытындылай келе, өсімдік жамылғысының динамикасын бақылау Жер кодексінің 43-1 бабын жүзеге асыру барысында жер ресурстарын тиімді басқарудың заманауи және ғылыми негізделген әдісі болып табылады. Бұл тәсіл жер қатынастары мен ауыл шаруашылығы саласындағы ашықтықты, тиімділікті және тұрақтылықты қамтамасыз етуге айтарлықтай үлес қосады.

Осы тұрғыда Касенова Сая зерттеп отырған "Алакөл ауданының өсімдік жамылғысы динамикасының картасын ЖҚЗ деректері мен бағдарламалық кешендер (БК) қолданып жасау" тақырыбындағы диссертациялық жұмысы — тек ғылыми маңызға ие емес, сонымен қатар Алакөл ауданының ауыл шаруашылығы мен жер қатынастары салалары үшін де практикалық тұрғыда аса өзекті әрі құнды болып табылады. Бұл зерттеу жер ресурстарын дұрыс жоспарлау, бақылау және басқару ісіне нақты деректер мен ғылыми негіздеме бере отырып, мемлекеттік басқару сапасын арттыруға көмектеседі.

Бөлім басшысы



М.М.Рысбеков