

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

Палжанов Елдос
Оразбек Даниал

«Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07304 – «Геокеңістіктік цифрлық инженерия»

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Ө.А. Байқоңыров атындағы Тау-кен металлургия институты

«Маркшейдерлік іс және геодезия» кафедрасы

6B07304 – «Геокеністіктік цифрлық инженерия»



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

«Маркшейдерлік іс және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
Т.Ғ.К., қауым. профессор

Г. Мейрамбек
" 06 " 2025 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: «Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу»

6B07304 – «Геокеністіктік цифрлық инженерия»

Орындаған

Палжанов Елдос
Оразбек Даниал

Рецензент

Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ



2025 ж

Ғылыми жетекші:

PhD докторы,
қауым. профессор
Токтар М.

" 02 " 06 2025 ж

Алматы 2025

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 және геодезия» кафедрасы

6B07304 – «Геоинженерлік цифрлық инженерия»

БЕКІТЕМІН

«Маркшейдерлік және геодезия»
кафедрасының меңгерушісі
т.ғ.к. қауым. профессор

Г. Мейрамбек
"13" 06 2025 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға арналған
ТАПСЫРМА**

Білім алушылар: *Оразбек Даниал Ержанұлы, Палжанов Елдос Насиридинұлы*
Тақырыбы: *«Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу»*
Академиялық мәселелер жөніндегі проректор №26-П/Ө «29» қаңтар 2025 ж. бұйрығымен
бекітілген

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі: «11» маусым 2025 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы деректері:

- а) *Эрозия ұғымы және оның негізгі ерекшеліктері*
- б) *Іле Алатауының тік беткейіндегі эрозиялық процестер*

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) *Іле Алатауының тік беткейіндегі эрозияның түрлері*
- б) *Даму қарқынын және таралу ерекшеліктерін анықтау, қауіптіліктен зондтау арқылы.*

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): *ArcGIS бағдарламасы, Landsat суреттері, USGS бағдарламасы.*

Ұсынылған негізгі әдебиеттер: *17 атаулардан тұрады.*

1 Дүйсенбаев С.Ж. Топырақ эрозиясы және оны болдырмау жолдары. – Алматы: Рауан, 2015 ж. – 145 б.

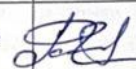
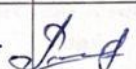
2 Байсейітов Қ. Қазақстандағы эрозияға қарсы кешенді шаралар. – Алматы: Жеті Жарғы, 2015 ж. – 184 б.

3 ҚР Экология министрлігі. «Қазақстандағы эрозиялық процестердің мониторингі», 2022 ж. – 356.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
Эрозия ұғымы және оның негізгі ерекшеліктері	18.03.2025	ИНОҚ -
Іле Алатауының тік беткейіндегі эрозиялық процестер	25.04.2025	ИНОҚ -
Зерттеу әдістері және алынған нәтижелер	29.05.2025	ИНОҚ -

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға қатысты диплом жобасының бөлімдерінің
кеңесшілерінің және қалып бақылаушыларының
қолдары

Бөлімдер атауы	Кенесшілер тегі, аты, әкесінің аты, (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Эрозия ұғымы және оның негізгі ерекшеліктері	Токтар М., PhD докторы, қауым. профессор	18.03.2025	
Іле Алатауының тік беткейіндегі эрозиялық процестер	Токтар М., PhD докторы, қауым. профессор	25.04.2025	
Зерттеу әдістері және алынған нәтижелер	Токтар М., PhD докторы, қауым. профессор	29.05.2025	
Норма бақылаушы	Ормамбекова А.Е. PhD докторы, аға оқытушы	13.06.2025	

Ғылыми жетекшісі

 Токтар М.

Білім алушылар тапсырманы орындауға алды

 Оразбек Д.Е.

 Палжанов Е.Н.

Күні

18 02 2025 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс: кіріспе, 3 тарау және қорытынды және қосымша материалдан тұрады.

Жұмыстың мақсаты: Іле Алатауының тік беткейлерінде жүретін эрозиялық процестердің сипатын, себептерін және олардың аймақтың экологиялық жағдайына әсерін зерттеу. Сонымен қатар, эрозияның алдын алу және беткейлердің тұрақтылығын арттыру бойынша ұсыныстар әзірлеу. Тақырып өзектілігі: Іле Алатауы – Қазақстанның ең биік және экологиялық маңызды тау жүйелерінің бірі. Оның тік беткейлерінде қарқынды эрозиялық процестер жүріп, топырақтың шайылуына, жердің құнарсыздануына және көшкіндер мен сырғымалардың пайда болуына алып келеді. Бұл процестер ауыл шаруашылығы жерлеріне, инфрақұрылымға, ормандарға және жалпы экожүйеге кері әсер етеді. Климаттың өзгеруі, антропогендік факторлар және жауын-шашынның артуы эрозия қарқынын күшейтіп отыр. Сондықтан Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу және олармен күресу шараларын әзірлеу аса маңызды.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из: введения, 3 глав и заключительного и дополнительного материала.

Цель работы: изучить характер, причины эрозионных процессов, протекающих на крутых склонах Заилийского Алатау, и их влияние на экологическое состояние региона. Кроме того, разработать рекомендации по предотвращению эрозии и повышению устойчивости склонов. Актуальность темы: Заилийский Алатау-одна из самых высоких и экологически значимых горных систем Казахстана. На его крутых склонах происходят интенсивные эрозионные процессы, приводящие к вымыванию почвы, обесценению земли и образованию оползней и оползней. Эти процессы негативно влияют на сельскохозяйственные угодья, инфраструктуру, леса и экосистемы в целом. Изменение климата, антропогенные факторы и увеличение количества осадков усиливают темпы эрозии. Поэтому крайне важно изучить эрозионные процессы на крутых склонах Заилийского Алатау и разработать меры борьбы с ними.

ANNOTATION

For the thesis consists of: introduction, 3 chapters and final and additional material.

Purpose of the work: to study the nature and causes of erosion processes occurring on the steep slopes of the Trans-Ili Alatau and their impact on the ecological state of the region. In addition, recommendations should be developed to prevent erosion and increase slope stability. Relevance of the topic: The Trans-Ili Alatau is one of the highest and most ecologically significant mountain systems in Kazakhstan. Intensive erosion processes occur on its steep slopes, leading to soil leaching, land depreciation, and the formation of landslides and landslides. These processes negatively affect agricultural land, infrastructure, forests, and ecosystems in general. Climate change, anthropogenic factors, and increased precipitation are increasing the rate of erosion. Therefore, it is extremely important to study the erosion processes on the steep slopes of the Trans-Ili Alatau and develop measures to combat them.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Эрозия ұғымы және оның негізгі ерекшеліктері	8
1.1 Эрозия ұғымы және оның түрлері	8
1.2 Эрозияның геологиялық әсері	13
1.3 Эрозияның экологиялық салдары	15
2 Іле Алатауының тік беткейіндегі эрозиялық процестер	18
2.1 Зерттеу аймағының физико-географиялық сипаттамасы	18
2.2 Топырақ жамылғысының құрамы және құрылымы	21
2.3 Антропогендік әсерлер	24
2.4 Эрозия процесінің қазіргі жағдайы және даму динамикасы	25
3 Зерттеу әдістері және алынған нәтижелер	28
3.1 (NDVI) Іле Алатауының өсімдіктерінің нормаланған салыстырмалы индексінің 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу	28
3.2 (NDMI) Іле Алатауының жерді қашықтықтан зондтау арқылы өсімдік шаруашылығы нормаланған қамту индексінің 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу	31
3.3 (LST) Іле Алатауының жер температурасын есептей отырып 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу	33
3.4 (SAVI) Іле Алатауының топыраққа түзетілген өсімдік жамылғысының 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу	35
3.5 (RUSLE) Іле Алатауының топырақ эрозиясын болжаудың жаңартылған әмбебап теңдеуін есептеу	37
3.6 Эрозияға қарсы шаралар және ұсыныстар	46
Қорытынды	48
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	49
Қосымшалар	50

КІРІСПЕ

Эрозия – табиғи құбылыс, оның барысында топырақ пен тау жыныстары сыртқы күштердің әсерінен шайылып, тасымалданады. Бұл процестің басты себепкерлері су, жел, мұздықтар және адам әрекеті болып табылады. Эрозия процесі өте баяу жүруі мүмкін, кейде оны бірден байқау қиын, бірақ ұзақ мерзімді перспективада ол жер бедерін едәуір өзгертеді. Іле Алатауы сияқты таулы аймақтарда эрозия процестері ерекше қарқынмен жүреді, себебі тік беткейлер, қар еруі және қатты жаңбырлар эрозия қаупін арттырады.

Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан Іле Алатауы - биік тау жоталары мен күрделі геоморфологиялық құрылымдарға бай, ерекше табиғи аймақтардың бірі. Бұл өңірде климаттық, геологиялық және антропогендік факторлардың өзара әсері нәтижесінде әртүрлі табиғи процестер, соның ішінде эрозиялық құбылыстар кең таралған. Әсіресе, Іле Алатауының тік беткейлерінде эрозиялық процестердің белсенділігі артып, топырақтың шайылуы, жер бедерінің өзгеруі және ландшафттардың деградациясы байқалады.

Эрозиялық процестер – топырақ пен жыныстардың су, жел немесе ауырлық күші арқылы бұзылып, тасымалдануы мен қайта шөгуіне байланысты табиғи құбылыс. Бұл процестер табиғи жағдайда баяу жүретін болса да, адам әрекетімен күшейіп, ауыл шаруашылығы, құрылыс, орман кесу сияқты факторлардың әсерінен үдей түсуде. Іле Алатауындағы тік беткейлер - эрозияның қарқыны жоғары аймақтар, сондықтан оларды зерттеу - аймақтың экологиялық тепе-теңдігін сақтау мен табиғи ресурстарды тиімді пайдаланудың маңызды бөлігі болып табылады.

Жұмыстың негізгі мақсаты – Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестердің түрлерін, даму қарқынын және таралу ерекшеліктерін анықтап, оларды төмендету жолдарын ұсыну. Зерттеу барысында заманауи геоақпараттық технологиялар мен далалық бақылау әдістері қолданылды.

Жұмыстың өзектілігі – Іле Алатауының табиғи ортасын қорғау мен болашақта эрозияға қарсы тиімді шараларды жүзеге асыру қажеттілігінде. Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестер – бұл экологиялық, экономикалық және әлеуметтік аспектілерді қамтитын күрделі мәселе. Бұл аймақтың географиялық ерекшеліктері, климаттық жағдайлары мен геологиялық құрылымы эрозияның қарқындылығына әсер ететін негізгі факторлар болып табылады. Алайда, адам әрекеті мен климаттық өзгерістердің әсері бұл процестерді одан әрі күшейтеді, нәтижесінде табиғи ресурстардың құнсыздануы мен экологиялық тепе-теңдіктің бұзылуына әкеледі.

1 Эрозия туралы жалпы ақпарат

1.1 Эрозия ұғымы және оның түрлері

Эрозия (латын тілінен "erosio" – "мүжілу") – топырақ қабатының бүліну және жойылу процесі, онда топырақтың жоғарғы, ең құнарлы қабаты су, жел немесе адам әрекеттері сияқты сыртқы факторлардың әсерінен шайылады немесе үрленеді. Бұл құбылыс табиғи процесс болып табылады, бірақ адам қызметінің әсерінен айтарлықтай күшейеді. Эрозия барлық құрлықтарда және түрлі климаттық аймақтарда орын алады, бірақ оның қарқындылығы жергілікті жағдайларға, соның ішінде климатқа, топырақ типіне, өсімдік жамылғысына және жер бедеріне байланысты. Қазақстанда эрозия процестері елдің көптеген аудандарында, әсіресе тау бөктерлерінде, тың жерлерде және шөлейт аумақтарда белсенді түрде байқалады.

Эрозия процесінің негізгі механизмі – бұл топырақ бөлшектерінің су немесе жел энергиясының әсерінен ығысуы. Эрозияға ұшыраған топырақтар құнарлылығын, биологиялық әртүрлілігін және өнімділігін жоғалтады. Эрозия процестері ландшафттарды өзгертіп, өзен арналарын толтырып, көлдерде шөгінділер жинақтауға әкеледі. Бұл қоршаған ортаға, экономикаға және адам денсаулығына кері әсерін тигізеді.

Эрозия процесінің ауырлығы бірнеше факторларға байланысты: топырақ қабатының ерекшеліктері, климат, өсімдік жамылғысы, жер бедері және адамның шаруашылық қызметі. Эрозияға ұшыраған топырақтарды қалпына келтіру өте қиын және ұзақ процесс, сондықтан эрозияның алдын алу шаралары оның салдарымен күресуден гөрі әлдеқайда тиімді [1].

Негізгі нәтижелер:

- Су эрозиясы, жел эрозиясы, топырақ эрозиясы, жағалау эрозиясы, мұздық эрозиясы, геологиялық эрозия сияқты эрозияның бірнеше түрлері бар .
- Эрозияның әр түрінің өзіндік процестері және қоршаған ортаға әсері болады.
- Су эрозиясы жауын-шашынның топырақ агрегаттарын бұзуға жеткілікті күшпен жалаңаш топыраққа түскенде пайда болады.
- Жел эрозиясы құрғақ жайылымдық жерлерде маңызды мәселе болып табылады.
- Топырақ эрозиясы әртүрлі процестер арқылы, соның ішінде су эрозиясы, жел эрозиясы және адам әрекеті арқылы болуы мүмкін.

Су эрозиясы. Су эрозиясы – жауын-шашынның топырақ агрегаттарын бұзуға жеткілікті күшпен жалаңаш топыраққа түсуі кезінде пайда болатын эрозияның кең таралған түрі. Бұл процесс қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етуі мүмкін және құнды топырақ қабатының жоғалуына әкелуі мүмкін (1.1-сурет). Су эрозиясына ықпал ететін факторларды түсіну эрозияға қарсы тиімді шараларды жүзеге асыру үшін өте маңызды (1.1 кесте).

Жауын-шашынның қарқындылығы. Су эрозиясына әсер ететін негізгі факторлардың бірі жауын-шашынның қарқындылығы болып табылады. Жауын-шашын мөлшері мен оның түсу жылдамдығы судың эрозиялық күшін анықтай алады. Қатты жауын-шашын топырақ бетіне әсер ету күшін арттыруы мүмкін, бұл топырақтың бөліну және тасымалдау ықтималдығының жоғарылауына әкеледі [2].



1.1-сурет – Су эрозиясына ұшыраған аймақ

Топырақтың эрозиялық қасиеті. Топырақтың су эрозиясына осалдығында оның табиғаты да маңызды рөл атқарады. Саз сияқты ұсақ бөлшектері бар топырақтар құм сияқты үлкенірек, тұрақты бөлшектері бар топырақтармен салыстырғанда эрозияға көбірек ұшырайды. Топырақтың эрозияға ұшырауы оның құрылымына, агрегациясына және органикалық заттардың құрамына әсер етеді.

Еңіс ұзындығы және тіктігі. Су эрозиясына еңістің ұзындығы мен тіктігі де әсер етеді. Ұзынырақ беткейлер судың жиналуы үшін көбірек орын береді, бұл ағынды және эрозия ықтималдығын арттырады. Қатты беткейлер ағынның жылдамдығын арттырады, бұл судың эрозиялық күшін одан әрі арттырады. Еңістің ұзындығы мен тіктігін басқару су эрозиясын бақылауға және оның әсерін азайтуға көмектеседі.

Контурлық жырту, террасалау және жабындық дақылдарды пайдалану сияқты эрозияға қарсы шараларды жүзеге асыру су эрозиясын азайтуға көмектеседі. Бұл тәжірибелер ағынды бәсеңдетуге, топырақ құрылымын жақсартуға және судың инфильтрациясын жақсартуға, эрозия қаупін азайтуға көмектеседі. Су эрозиясына ықпал ететін факторларды түсіну және тиімді стратегияларды жүзеге асыру арқылы біз өзіміздің топырақ ресурстарын қорғай аламыз және қоршаған ортаны сақтай аламыз [3].

Кесте 1.1 – Су эрозиясына ықпал ететін факторлар

Факторлар	Әсерлері
Жауын-шашынның қарқындылығы	Топырақ бетіне әсер ету күшін арттырады
Топырақтың эрозиялық қасиеті	Ұсақ құрылымды топырақтарда көбірек сезімтал
Еңіс ұзындығы және тіктігі	Ағынды және эрозия потенциалына әсер етеді

Жел эрозиясы. Жел эрозиясы құрғақ, жалаңаш топырақты қатты жел соғып, топырақ бөлшектерінің жылжуына әкелетін құрғақ жайылымдық жерлерде маңызды мәселе болып табылады. Эрозияның бұл түрі әсіресе ұсақ, борпылдақ және құрғақ табиғатына байланысты жел эрозиясына бейім құмды топырақтары бар аймақтарда өте қиын (1.2-сурет). Кедергілердің болмауы және күшті желдің болуы эрозиялық әрекетке одан әрі ықпал етеді. Жел эрозиясын жақсы түсіну үшін оның пайда болуына ықпал ететін факторларды ескеру қажет. Бұл факторларға топырақтың ерекшеліктері, ашық алаңдардың болуы, желдің қарқындылығы жатады. Ұсақ, борпылдақ және құрғақ топырақтар желге көтеріліп, алып кетуге бейім болады (1.2 кесте), ал ешбір кедергісі жоқ үлкен ашық аумақтар желдің топырақтың үстінен өтуіне кедергісіз жол береді. Құрғақ аймақтардағылар сияқты күшті желдер жел эрозиясының эрозиялы әлеуетін күшейтеді. Жел эрозиясымен байланысты негізгі құбылыстардың бірі су өткізбейтін жер қойнауларында тегіс, жалаңаш аймақтардың пайда болуына әкелетін күйдіру болып табылады. Күйіп кетулер топырақтың үстіңгі қабатының жойылуына байланысты пайда болады, содан кейін эрозияға ұшыраған жер асты материалы қалады. Бұл жалаңаш жерлер одан әрі эрозияға өте сезімтал және жердің тұрақтылығы мен өнімділігіне теріс әсер етуі мүмкін.



1.2-сурет – Жел эрозиясы

«Жел эрозиясы құрғақ жайылымдардағы маңызды мәселе болып табылады, бұл жерді басқару және экожүйе тұрақтылығы үшін қиындықтар туғызады. Жел эрозиясына ықпал ететін факторларды түсіну және тиісті шараларды жүзеге асыру оның әсерін азайтуға және осал аймақтарды қорғауға көмектеседі.»

Кесте 1.2 – Жел эрозиясына ықпал ететін факторлар

Факторлар	Сипаттама
Жұқа, борпылдақ және құрғақ топырақ	Ұсақ бөлшектері бар, құрылымы борпылдақ, ылғалдылығы төмен топырақтар жел эрозиясына көбірек ұшырайды.
Үлкен ашық алаңдар	Табиғи желден немесе кедергілерден айырылған ашық алаңдар желдің топырақ бойымен қозғалуына айқын жол береді.
Қатты желдер	Желдің жоғары жылдамдығы желдің эрозиялық күшін күшейтіп, жел эрозиясының ықтималдығын арттырады.

Жел эрозиясын шешу жерді басқарудың тиімді әдістерін енгізуді талап етеді. Желге қарсы әрекет ету үшін өсімдіктерді отырғызу, топырақты тұрақтандыру әдістерін енгізу және жерді пайдаланудың тиісті әдістерін қабылдау сияқты стратегиялар эрозияны болдырмауға және құрғақ жайылымдық жерлердің тұрақтылығын сақтауға көмектеседі. Жел эрозиясына ықпал ететін факторларды қарастырып, белсенді шаралар қолдану арқылы біз осы осал жерлерді қорғай аламыз және олардың ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз ете аламыз.

Мұздық эрозиясы. Мұздық эрозиясы – мұздың қозғалысы және жер бетіндегі материалдардың тозуы арқылы ландшафтты қалыптастыратын қызықты геологиялық процесс. Мұздықтар ілгерілеген сайын, олар жерді ұнтақтап, мұздық қабатынан тасты тырнап, жұлып алады. Тау жыныстарын қазу немесе жұлу деп аталатын бұл процесс таулар мен аңғарлардың эрозиясына ықпал етіп, бірегей рельеф формаларын жасайды (1.3 сурет).

Мұздық эрозиясының күші мұздың абразивті әрекетінде жатыр. Мұздық жылжып келе жатқанда, оның негізіне салынған тау жыныстары мен шөгінділерді тасымалдайды, олар құм қағаз сияқты әрекет етеді және астындағы ландшафтты тоздырады. Эрозияға ұшыраған материал мұздықпен ол түпкілікті шөгілгенге дейін немесе мұздық ерігенше тасымалданады, артта U-тәрізді аңғарлар, цирктер және мореналар сияқты ерекше белгілерді қалдырады.

Мұздық эрозиясынан пайда болған көрнекті жер бедерінің бірі - U-тәрізді аңғар. Мұздық төмен қарай жылжып келе жатқанда, ол аңғардың бүйірлері мен түбін сүртіп, ландшафтты өзінің мөлдір күшімен кесіп өтеді. Нәтижесінде жоғарыдан қарағанда ерекше U-пішіні бар кең, терең және тік қырлы аңғар. Бұл U-тәрізді аңғарлар таулы аймақтарда жиі кездеседі және бұрынғы мұз басудың дәлелі болып табылады (1.3 кесте).



1.3-сурет – Мұздық эрозиясы

Мұздық процестер. Мұздық эрозиясы абразия, жұлу және еріген су эрозиясы сияқты бірнеше процестер арқылы жүреді. Абразия – бұл мұздыққа салынған тау жыныстары мен шөгінділердің ұнтақтау әрекеті, ал жұлу мұздық қабатынан тау жыныстарының сынықтарын көтеру және алып тастау. Еріген су эрозиясы, керісінше, мұздың еруінен пайда болатын судың эрозиялық күшін қамтиды. Бұл процестер ландшафтты қалыптастыру және бірегей геологиялық құрылымдарды құру үшін бірге жұмыс істейді.

Кесте 1.3 – Мұздық ерекшеліктері

Жер бедері	Сипаттама
U-тәрізді аңғар	Ерекше U-тәрізді профилі бар кең, терең және тік қырлы аңғар
Цирк	Мұздық эрозиясынан пайда болған алқап басындағы тостаған тәрізді ойпаң
Морен	Мұздық тұндырған шөгінді үйінді немесе жота

Мұздық эрозиясы – миллиондаған жылдар бойы планетамыздың ландшафттарын қалыптастырған қуатты күш. Норвегияның таңғажайып фьордтарынан Гималайдың ойлы шыңдарына дейін мұздық эрозиясының салдары айналамызда көрінеді. Бұл процестерді түсіну біздің Жер геологиясының динамикалық және үнемі өзгеріп отыратын табиғатын бағалауға көмектеседі.

1.2 Эрозияның геологиялық әсері

Жер бедерінің қалыптасуына әсері. Эрозия – бұл жер бедерінің үздіксіз өзгеруіне ықпал ететін негізгі геологиялық процестердің бірі. Ол жер бетінің мүжіліп, оның формаларының біртіндеп өзгеруіне себеп болады. Судың, желдің, мұздың және тіршілік әрекеттерінің нәтижесінде тау жыныстары мен топырақ шайылып, жер бедері жаңарып отырады. Эрозиялық процестер, әсіресе таулы аймақтарда, өзендердің бойында және шөлейт жерлерде қарқынды жүреді. Мысалы, Іле Алатауындағы тік беткейлерде жауын-шашын мен еріген сулар өзен арналарын тереңдетіп, беткейлерді қию арқылы сайлар мен жыралар қалыптастырады. Уақыт өте келе бұл өзгерістер кең аңғарлар мен терең шатқалдарға айналуы мүмкін.

Тау жыныстары мен топыраққа әсері. Эрозия тау жыныстарының физикалық және химиялық бұзылуына әкеледі. Судың әсерінен жыныстар жарықталып, құрамындағы минералдар еріп, топырақ құрамына өтеді. Жел әсерінен ұсақ бөлшектер желмен ұшып, жер бедері өзгереді. Мұздықтар жыныстарды қырып, үйінділер (мореналар) қалдырады. Бұл процестер топырақ қабатының құнарлылығына кері әсер етеді. Эрозия нәтижесінде өсімдіктердің тамыры ұстай алмайтын бос, тұрақсыз топырақтар пайда болады. Іле Алатауында бұл жағдай мал жайылымының, ағаш кесудің және жол салудың әсерінен де байқалады.

Геоморфологиялық өзгерістер. Геоморфологиялық тұрғыдан алғанда, эрозия – жер бедерін жаңартатын, өзгеріске ұшырататын негізгі күш. Эрозия арқасында қырлар тозып, аңғарлар тереңдейді, жыралар көбейеді. Қатты эрозия процесі жүрген жерлерде опырылмалар мен көшкіндер пайда болып, ландшафттың құрылымына теріс әсер етеді. Іле Алатауы аймағында мұндай өзгерістер жиі байқалады. Қар мен мұздың еруі нәтижесінде мұздық эрозия процестері де жүріп, тау жыныстарының жойылуына, өзен аңғарларының тереңдеуіне әкеледі [4].

Кесте 1.4 – Эрозияның геологиялық әсерлері

Эрозия түрі	Геологиялық әсері	Қауіпті салдары
Су эрозиясы	Жыра, сай, аңғарлар қалыптастырады	Топырақ құнарлылығының төмендеуі
Жел эрозиясы	Дюналар, эолды формалар түзеді	Шаңды дауылдар, егістікке зиян
Мұздық эрозиясы	U-тәрізді аңғарлар, мореналар қалыптастырады	Жер бедерінің күрт өзгеруі
Гравитациялық эрозия	Беткейлік опырылулар мен көшкіндер туғызады	Құрылыс пен жолдарға қауіп

Эрозияның геологиялық мәні – тау жыныстарының табиғи бұзылуымен және олардың шөгінді жыныстарға айналуымен тығыз байланысты. Мұндай процестердің нәтижесінде бұрынғы қатты жыныстар біртіндеп майда

түйіршікті материалдарға айналып, өзен аңғарларымен, жел күшімен немесе мұздықтар арқылы басқа аймақтарға тасымалданады. Бұл материалдар кейіннен аллювий, пролювий, флювиогляциалды немесе көлдік шөгінділер түрінде жиналып, жаңа геологиялық қабаттардың түзілуіне ықпал етеді.

Эрозия геологиялық үдеріс ретінде тау жыныстарының бұзылуына, жыралар мен аңғарлардың түзілуіне, сонымен қатар шөгінді жыныстардың қалыптасуына себеп болады. Бұл үдеріс миллиондаған жылдар бойы жүру арқылы жер бедерін өзгертіп, геологиялық тарихты жасайды.

Негізгі геологиялық салдары:

- Тау жыныстарының үгітілуі – су, жел және мұз эрозиясы арқылы тау жыныстары физикалық тұрғыдан мүжіліп, химиялық жағынан өзгерістерге ұшырайды.

- Жаңа геоморфологиялық пішіндердің түзілуі – жыралар, аңғарлар, шатқалдар, мореналық төбешіктер пайда болады.

- Шөгінді жыныстардың пайда болуы – эрозия нәтижесінде тасымалданған материалдар көлдер мен теңіздер түбіне жиналып, литогенез процесі арқылы қатты жыныстарға айналады.

- Тектоникалық құрылымдарға әсері – кей жағдайларда эрозия тектоникалық қозғалыстардың салдарын күшейтіп, жер бетінің формасын күрделендіреді [17].

Таулы аудандарда, соның ішінде Іле Алатауы сияқты жас қатпарлы тау жүйелерінде эрозия қарқынды жүреді. Мұнда ең алдымен су эрозиясының әсері ерекше байқалады. Жауын-шашынның мол түсуі, қар еріген кезде пайда болатын сел тасқындары және өзендердің жоғары энергиясы тау жыныстарының тез үгітілуіне жағдай жасайды. Нәтижесінде беткейлерде жыралар мен сайлар, ал өзен аңғарларында шатқалдар түзіледі. Сонымен қатар, эрозия жер бедеріндегі тектоникалық қозғалыстардың салдарын да күшейтіп отырады. Жер сілкіністерінен кейін босап қалған жыныстар эрозияға ұшырауға бейім келеді. Гравитациялық эрозия (сырғыма, опырылу) дәл осындай жағдайларда жиі байқалады. Бұл құбылыстар өз кезегінде тау беткейлерінің тұрақсыздығын арттырып, жаңа геологиялық өзгерістерге жол ашады.

Эрозияның ұзақ мерзімді әсері жер қыртысының түзілуіне де ықпал етеді. Мысалы, эрозия нәтижесінде төмен аймақтарға жиналған шөгінділер геологиялық уақыт аясында цементтеліп, шөгінді жыныстардың жаңа қабаттарын түзеді. Бұл қабаттар болашақта пайдалы қазбалардың қалыптасу ортасына айналуы мүмкін. Яғни, эрозия пайдалы қазбалардың орналасуын және түрін де жанама түрде анықтайды.

Эрозияның геологиялық әсерлерін кешенді түрде зерттеу табиғи ресурстарды тиімді игеру мен табиғи қауіп-қатерлерді (сел, көшкін, опырылу) болжау тұрғысынан да маңызды. Геоморфологиялық және геологиялық карта жасау барысында эрозиялық процестердің сипаты мен қарқыны міндетті түрде ескеріледі.

Эрозиялық процестер нәтижесінде Іле Алатауындағы жыныстар физикалық және химиялық тұрғыдан үгітіледі. Жауын-шашын мен қар суы тау

беткейінен төмен қарай ағып, тау жыныстарын шайып кетеді. Бұл процесте әсіресе граниттер, гнейстер, тақтатастар сияқты тау жыныстары біртіндеп бұзылып, майда шөгінділерге айналады. Жыныстардың мүжілуі жер бедерінің тегістелуіне және жаңа пішіндердің қалыптасуына ықпал етеді.

Эрозиялық процестерден кейін үгітілген және тасымалданған жыныстар төменгі жазықтарға немесе аңғарларға жиналып, шөгінді жыныстардың қабаттарын түзеді. Бұл қабаттар ұзақ уақыт бойы тығыздалып, кейінірек конгломераттар, құмтастар немесе сазтастар секілді жыныс түрлеріне айналады. Іле Алатауының етегіндегі аллювийлі жазықтар осы шөгінділердің жиналу орны ретінде ерекшеленеді.

Сел тасқындары – Іле Алатауы үшін тән геологиялық-эрозиялық құбылыс. Олар кенеттен пайда болып, жыныстар мен топырақты үлкен көлемде шайып, жаңа бедер пішіндерін қалыптастырады. Селдердің әсерінен өзен арналары өзгеріп, жаңа аңғарлар пайда болуы мүмкін. Сонымен қатар, көшкіндер мен сырғымалар тау беткейлерін тұрақсыздандырып, жыныстардың геологиялық құрылымына өзгеріс енгізеді. Іле Алатауындағы эрозия тек жыныстарды бұзып қана қоймай, сол арқылы аймақтың геологиялық құрылымын жаңартып отырады. Ескі жыныстар мүжіліп, шөгінділер жиналып, жаңа тау жыныстары түзіледі. Бұл процестер литогенездің бастапқы кезеңдері болып табылады. Эрозия геологиялық уақыт ішінде таулардың биіктігін төмендетіп, жазық жерлердің пайда болуына да әсер етеді.

Іле Алатауы сейсмикалық белсенді аймақ болғандықтан, жер сілкіністерінен кейін пайда болған жарықтар мен жарылымдар эрозияны күшейте түседі. Осындай жарықтар бойымен су ағып, тау жыныстарын тереңірек үгітеді. Бұл тектоникалық құрылымдардың беткі бедерге әсерін арттырып, эрозия мен геологиялық процестердің өзара байланысын көрсетеді. Іле Алатауында эрозия жер бедерін қалыптастырушы басты геологиялық факторлардың бірі болып саналады. Бұл аймақта су, мұз және гравитациялық эрозия түрлері белсенді жүріп, тау жыныстарының үгітілуіне, жаңа пішіндердің түзілуіне, шөгінді жыныстардың қалыптасуына және геологиялық құрылымдардың үздіксіз жаңаруына алып келеді. Осы процестердің нәтижесінде Іле Алатауының қазіргі геоморфологиялық және геологиялық бейнесі қалыптасып отыр. Жалпы айтқанда эрозия тек табиғи жоюшы күш емес, ол сонымен қатар жаңа геологиялық құрылымдардың пайда болуына себеп болатын маңызды үдеріс. Іле Алатауы сияқты аймақтарда бұл құбылыс өте белсенді жүріп, жер бедері мен тау жыныстарының қалыптасуына үлкен әсерін тигізіп отыр.

1.3 Эрозияның экологиялық салдары

Эрозия – тек жер бедерінің өзгеруімен шектелмейтін, табиғи ортаға жан-жақты әсер ететін күрделі процесс. Ол топырақтың құнарсыздануына, биологиялық әртүрліліктің азаюына, су ресурстарының ластануына, өсімдіктер

мен жануарлар тіршілігінің бұзылуына және климаттың өзгеруіне дейінгі ауқымды экологиялық мәселелерді туындатады. Әсіресе, Іле Алатауы сияқты биік таулы, күрделі экожүйелерде эрозияның теріс салдары кең көлемде байқалады [5].

Топырақтың тозуы және деградациясы. Эрозияның алғашқы және ең елеулі экологиялық салдарының бірі – топырақтың жоғалуы мен тозуы. Су немесе жел әсерінен топырақтың құнарлы, органикалық заттарға бай жоғарғы қабаты шайылып, жер бедері тасты, құнарсыз күйге түседі. Мұндай жағдай өсімдіктердің өсуін тежейді, ауыл шаруашылығына жарамды жерлердің көлемін азайтады.

Іле Алатауының етегіндегі жазық жерлерде де, беткейлі аймақтарда да эрозиядан кейін топырақ профилінің біртіндеп жұқарып, өнімділігі төмендейтіні байқалады. Кейбір зерттеулер бойынша, бұл өңірлерде топырақтың жылына 5-10 тонна/га мөлшерінде шайылуы тіркелген. Бұл құбылыс ұзақ мерзімді экологиялық деградацияға алып келеді.

Өсімдік жамылғысының сиреуі мен экожүйе тұрақсыздығы. Эрозия өсімдіктердің тамыр жүйесіне тікелей әсер етіп, олардың топыраққа бекіну қабілетін әлсіретеді. Тамыры әлсізденген өсімдіктер жер бетінен оңай жойылады, бұл өз кезегінде жаңа эрозия ошақтарының пайда болуына әкеледі. Мұндай жағымсыз шеңбер өсімдік жамылғысының біртіндеп жойылуына, экожүйенің құрылымының бұзылуына себеп болады.

Іле Алатауы флорасы бірегей: бұл аймақта эндемик түрлер (мысалы, Іле бөріқарақаты, Тянь-Шань шыршасы) мен реликт өсімдіктер кең таралған. Эрозиядан кейін бұл өсімдіктердің тіршілік ету ареалы шектеліп, жойылу қаупі туындайды.

Су ресурстарының лайлануы және сапасының төмендеуі. Эрозиядан пайда болған жыныс пен топырақ бөлшектері өзендер мен көлдерге түсіп, олардың лайлануына себеп болады. Бұл жағдай су қоймаларының сыйымдылығының азаюына, тұнба қабаттарының көбеюіне және судың сапасының төмендеуіне алып келеді. Іле Алатауындағы Кіші Алматы, Үлкен Алматы және Есік өзендері мұздықтармен қоректенетіндіктен, олардағы су ресурстары маңызды экологиялық рөл атқарады. Алайда, эрозия өзендердің ағысын бұзып, ластануға ұшыратады. Бұл – су экожүйелеріндегі тіршілік иелерінің тіршілігін қиындатып, кейбір түрлердің жойылуына алып келеді. Мысалы, балықтардың уылдырық шашуына қажетті таза қиыршық тасты түбінің орны лай қабатымен жабылып қалуы мүмкін.

Жануарлар әлеміне әсері және биоалуантүрліліктің азаюы. Эрозиялық процестер жануарлардың мекен ету ортасын тікелей өзгертеді. Өсімдік жамылғысының жойылуы олардың қоректік базасын азайтады, ал су көздерінің лайлануы су фаунасына теріс әсер етеді. Бұл жағдай омыртқалы және омыртқасыз жануарлардың түрлік құрамының азаюына, миграция процестерінің бұзылуына алып келеді. Іле Алатауы – жануарлар дүниесіне бай аймақ. Мұнда арқар, таутеке, елік, түлкі, сілеусін сияқты сирек аңдар, сондай-ақ құстардың көптеген түрлері мекендейді. Алайда олардың тіршілігі көбіне

өсімдік жамылғысы мен су көздерінің сапасына тәуелді. Эрозия нәтижесінде жануарлардың қозғалыс бағыты бұзылып, популяциялардың оқшаулануы байқалады.

Климаттық өзгерістер мен көміртек тепе-теңдігіне әсері. Эрозия топырақ құрамындағы органикалық көміртектің жоғалуына себеп болады. Құнарлы топырақ шайылған кезде, онда сақталған көміртек атмосфераға бөлініп, парниктік газдардың көбеюіне ықпал етеді. Бұл жаһандық климат өзгерісінің жеделдеуіне түрткі болады. Іле Алатауы сияқты таулы аймақтарда өсімдіктер мен топырақ көміртек сіңірудің маңызды бөлігі болып табылады. Алайда эрозия бұл экологиялық қызметті әлсіретіп, климаттың өзгеруіне жанама әсер етеді. Мұндай өзгерістер жауын-шашын мөлшерінің өзгеруіне, су тапшылығына және құрғақшылыққа жол ашады.

Табиғи апаттар қаупінің артуы. Эрозия тек экожүйеге әсер етіп қоймай, сонымен қатар табиғи апаттардың жиілеуіне алып келеді. Топырақ пен жыныс қабатының босап қалуы көшкін, сырғыма және сел сияқты апаттық құбылыстардың пайда болуын жеңілдетеді. Бұл құбылыстар адамзат үшін қауіп төндірумен қатар, табиғи ортаны толықтай бұзуы мүмкін.

Іле Алатауында 1973 жылғы Қарғалы сел тасқыны – эрозия мен сел процесінің табиғи тепе-теңдікті қалай күрт өзгерте алатынының нақты мысалы. Мұндай жағдайлар жергілікті халықтың өміріне, ауыл шаруашылығына, экологиялық тепе-теңдікке теріс әсерін тигізеді. Эрозияның экологиялық салдары көп қырлы әрі ұзақ мерзімді сипатта болады. Іле Алатауындағы таулы аймақтарда бұл процестің қарқындылығы ерекше байқалады. Топырақтың тозуы, су ресурстарының сапасының төмендеуі, өсімдіктер мен жануарлардың тіршілік ету ортасының бұзылуы, климаттық өзгерістер мен табиғи апаттар қаупінің артуы - эрозияның негізгі экологиялық салдарлары. Мұндай жағдайларды болдырмау үшін кешенді бақылау, топырақ қорғау технологиялары, орман қалпына келтіру және экожүйелік тепе-теңдікті сақтау бағытында нақты іс-шаралар қолға алынуы қажет.

2 Іле Алатауындағы эрозиялық процестердің ерекшеліктер

2.1 Географиялық жағдай және климаттық факторлар

Іле Алатауы – Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан, Тянь-Шань тау жүйесінің солтүстік тармағына жататын ірі тау жотасы (2.1-сурет). Бұл аймақ геоморфологиялық жағынан өте күрделі құрылымға ие және табиғи жағдайларының әртүрлілігімен ерекшеленеді. Географиялық орны мен климаттық ерекшеліктері бұл өңірде эрозиялық процестердің қалыптасуына, дамуына және қарқындылығына тікелей әсер етеді.



2.1-сурет – Іле Алатауының географиялық орны

Іле Алатауы шамамен солтүстік-батыстан оңтүстік-шығысқа қарай 300 шақырымға созылып жатыр. Оның ең биік нүктесі - Талғар шыңы (4973 м). Таудың солтүстік беткейлері Алматы қаласына және Іле ойпатына қарай бағытталған, ал оңтүстік жағы Қырғызстанмен шекаралас. Жотаның солтүстік беткейлері өте тік және терең өзен аңғарларымен тілімделген. Бұл бедер ерекшелігі эрозиялық процестердің қарқынды жүруіне қолайлы жағдай жасайды. Таудың топырақ және жыныс құрамының әртүрлілігі де эрозияны қалыптастыратын негізгі факторлардың бірі болып табылады. Гранит, сланец, әктастар мен конгломераттардан тұратын жыныстар жаңбыр, еріген қар және сел суларымен оңай үгітіліп, жер бедерінің өзгеруіне әкеледі. Іле Алатауының климаты - қатаң континенттік сипатта, яғни ауа райы күрт ауытқуға бейім. Бұл ерекшелік эрозиялық процестердің маусымдық және жылдық қарқындылығын айқындайды [6-7].

Температура: Аймақтың температурасы биіктікке байланысты өзгереді. Төменгі белдеулерде жазда +25°C-тан асатын болса, жоғарғы белдеулерде жаз бойы 0°C маңайында сақталады. Температура айырмашылығы жыныстардың жарықталып, бұзылуын (физикалық үгілу) үдетеді.

Жауын-шашын мөлшері: Іле Алатауында орташа жылдық жауын-шашын мөлшері 600–1000 мм аралығында. Көктем мен күз мезгілдерінде нөсер

жаңбырлар жиі түседі. Мұндай қарқынды жауын-шашын беткейлік ағындардың түзілуіне, топырақ жамылғысының шайылуына себеп болады. Бұл – су эрозиясының негізгі қозғаушы күші.

Қар жамылғысы мен мұздықтар: Биік таулы бөліктерде жыл бойы тұрақты қар жамылғысы мен мұздықтар сақталады. Көктем мен жаз мезгілінде қар мен мұздың күрт еруі өзендердегі су деңгейінің көтерілуіне, ал таулы беткейлерде сел, лай көшкіндері мен жыралық эрозия процестерінің күшеюіне себеп болады.

Желдің әсері: Таулы аймақтарда жел эрозиясы да байқалады, әсіресе өсімдіктер жамылғысы сирек кездесетін ашық беткейлерде. Жел топырақтың жеңіл бөлшектерін ұшырып, құрылымын бұзады.

Іле Алатауының күрделі бедері климаттық факторлармен өзара тығыз байланыста. Тік беткейлер мен терең аңғарлар ылғалдың біркелкі таралмауына, температура мен жауын-шашынның әртүрлі деңгейде болуына себепші. Бұл жағдай әртүрлі биіктік белдеулерде эрозияның түрлі формаларын туындатады. Мысалы, төменгі бөліктерде су эрозиясы жиі кездессе, жоғарғы бөліктерде қар көшкіні мен сел эрозиясы басым. Іле Алатауының географиялық орны мен климаттық ерекшеліктері бұл аймақта эрозиялық процестердің қарқынды жүруіне тікелей ықпал етеді. Таулы бедердің күрделілігі, жауын-шашын мөлшерінің көптігі, қар мен мұздың еруі сияқты табиғи факторлар эрозия түрлерінің кең таралуына жағдай жасайды.

Топырақ және өсімдік жамылғысы. Іле Алатауының тік беткейлерінде топырақ пен өсімдік жамылғысының таралуы биіктік белдеулік заңдылықтарға сәйкес келеді. Таулы аумақтың геологиялық, климаттық және гидрологиялық ерекшеліктері топырақ түзілу процесіне және өсімдіктердің түрлік құрамына тікелей әсер етеді. Бұл факторлар эрозиялық процестердің белсенділігіне де ықпалын тигізеді. Іле Алатауының солтүстік беткейіндегі топырақ жамылғысы (2.1 кесте).

Кесте 2.1 – Іле Алатауының солтүстік беткейіндегі топырақ типтері биіктікке қарай бірнеше белдеуге бөлінеді

Биіктік белдеуі	Топырақ типі	Ерекшеліктері	Эрозияға сезімталдығы
800–1300 м	Қара қоңыр топырақ	Құнарлы, органикалық затқа бай, жынысы құмдақ	Орташа
1300–2200 м	Орманды қоңыр топырақ	Ылғалдылығы жоғары, органикалық қалдықтармен байытылған	Төмен–орташа
2200–3000 м	Таулы шалғынды топырақ	Жұқа қабатты, қышқылдық деңгейі жоғары	Жоғары
3000 м-ден жоғары	Таулы тастақты топырақ	Топырақ жамылғысы өте жұқа, тас басым	Өте жоғары

Қара қоңыр және орманды қоңыр топырақтар негізінен төменгі және орта белдеулерде таралған. Бұл топырақтар ауыл шаруашылығына қолайлы, бірақ артық жүктемеден (мысалы, ормандарды кесу, жайылымдар) кейін эрозия қаупі артады. Таулы шалғынды және тастақты топырақтар – альпілік белдеулерде кездеседі. Бұл аймақтарда топырақтың қалыңдығы небәрі 10–20 см болуы мүмкін, ал жамылғы негізінен қалың тасты және жартасты қабатпен шектелген. Мұндай жерлер өте осал әрі эрозиялық процестерге қатты бейім.

Эрозиялық әсерлер:

Көптеген жерлерде тік беткейлерде жауын-шашын суы топырақтың жоғарғы қабатын шайып кетіп, террасалар мен жыралар (балка, овраг) түзіледі. Бұл құбылыстар әсіресе адамның әрекетімен – жол салу, құрылыс, шөп шабу күшейе түседі.

Өсімдік жамылғысы. Іле Алатауы флораға бай, әрі Қазақстандағы биік таулы өсімдік жамылғысының эталондық үлгілерінің бірі болып саналады (2.2 кесте).

Кесте 2.2 – Өсімдіктердің таралуы да биіктік белдеулікке байланысты

Биіктік белдеуі	Негізгі өсімдіктер	Жамылғы тығыздығы	Эрозияға әсері
800–1300 м	Астық тұқымдастар, жусандар	Орташа	Жел эрозиясын бәсеңдетеді
1300–2200 м	Тянь-Шань шыршасы, арша, бұталар	Жоғары	Топырақты жақсы бекітеді
2200–3000 м	Альпілік шалғындар (селеу, бетеге)	Сирек	Беткейдегі топырақты әлсіз қорғайды
3000 м-ден жоғары	Мүктәрізділер, қыналар	Өте сирек	Топырақ жоқ немесе өте жұқа

Орта белдеулерде таралған Тянь-Шань шыршасы (*Picea schrenkiana*) – топырақ эрозиясына қарсы күресте негізгі рөл атқаратын ағаш түрі. Тамыр жүйесі терең және кең таралған, бұл өз кезегінде беткейлердегі топырақты ұстап тұруға көмектеседі.

Альпілік белдеулерде өсімдіктер тығыз өспейді. Жылдық температура төмен, топырақ жұқа болғандықтан, тек көпжылдық шөптер мен мүктәрізділер өседі. Бұл белдеулерде өсімдік жамылғысының әлсіз болуы – эрозияның, әсіресе су және жел эрозиясының, күшеюіне жол ашады.

Антропогендік ықпал. Адам әрекеттері – орман кесу, мал жаю, жол салу және туризм инфрақұрылымы – өсімдік жамылғысының сиреуіне әкеледі. Бұл әсіресе тік беткейлерде өсімдіктердің жойылып, жалаңаш жерлердің көбеюіне, демек эрозиялық процестердің күшеюіне ықпал етеді. Осы аймағындағы топырақ пен өсімдік жамылғысы – эрозиялық процестердің дамуына тікелей әсер ететін негізгі факторлар. Таулы аймақтың күрделі бедерімен қатар, топырақтың осалдығы және өсімдік қабатының сиреуі табиғи және

антропогендік эрозияны күшейтеді. Сондықтан экожүйе тұрақтылығын сақтау үшін топырақ пен өсімдіктерді қорғау, эрозияға қарсы шараларды тиімді қолдану басты міндеттердің бірі болып саналады.

2.2 Топырақ жамылғысының құрамы және құрылымы

Іле Алатауының тік беткейлері табиғи-географиялық, геоморфологиялық және климаттық факторлар тұрғысынан ерекше өңір. Бұл аймақта топырақ түзілуі мен оның морфологиялық, химиялық және физикалық ерекшеліктері таулы бедерге, жауын-шашын мөлшеріне, аналық жынысқа және өсімдік жамылғысына тығыз байланысты. Тік беткейлі аймақтарда топырақтың шайылуы мен бұзылуы жылдам жүретіндіктен, топырақ қабаты өте жұқа және тұрақсыз болып келеді. Осыған орай, Іле Алатауының тік беткейлеріндегі топырақ жамылғысының құрамын және құрылымын зерттеу табиғи ортаны сақтау және эрозияға қарсы шаралар жүргізу үшін аса маңызды.

Топырақ түзілуіне әсер ететін негізгі факторлар. Топырақтың пайда болуы мен дамуына әсер ететін негізгі бес фактор – климат, аналық жыныс, бедер, тірі ағзалар және уақыт. Тік беткейлі аймақтарда бұл факторлардың бір-бірімен әрекеттесуі күрделі және қарқынды өтеді:

Климат: Іле Алатауының тау етегінен бастап, биік таулы белдеулеріне дейінгі климаттық жағдайлар үлкен айырмашылыққа ие. Ауаның температурасы биіктікке байланысты төмендеген сайын, жауын-шашын мөлшері артады. Бұл құбылыстар топырақтағы ылғалдың мөлшері мен ерітінді ағынын реттейді.

Аналық жыныс: Гранит, құмтас, әктас сияқты жыныстардан құралған аймақтарда әртүрлі топырақ типтері қалыптасады. Бұл жыныстардың механикалық беріктігі мен химиялық құрамы топырақтың құнарлылығына, құрылымына тікелей әсер етеді.

Бедер: Тік беткей жағдайында жердің көлбеулігі 25-40° аралығында болуы мүмкін. Мұндай көлбеулікте ауыр жауын-шашын кезінде топырақ массасы жоғарыдан төмен қарай жылжиды. Бұл – эрозия процесінің басты қозғаушы күші.

Биологиялық факторлар: Шөптесін өсімдіктер, микроағзалар мен жануарлар топырақтағы органикалық қалдықтарды ыдыратып, гумус түзілуіне жағдай жасайды. Дегенмен, тік беткейде бұл процесс баяу жүреді.

Уақыт: Топырақ түзілуі - ұзаққа созылатын табиғи процесс. Алайда тік беткейлердегі эрозиялық процестердің жылдамдығы топырақтың қалыптасу жылдамдығынан бірнеше есе жоғары.

Іле Алатауының тік беткейлеріндегі топырақ жамылғысы – табиғи ортада жүретін күрделі процестердің нәтижесі. Оның морфологиялық, химиялық, физикалық және биологиялық қасиеттері бір-бірімен тығыз байланысты. Аталған факторлардың барлығы эрозияға бейімділікті күшейтеді. Сондықтан

топырақ құрамын кешенді түрде зерттеу – эрозияның алдын алу мен жер ресурстарын тиімді пайдалану үшін қажетті алғышарт болып табылады.

Морфологиялық құрылымы. Тік беткейлі аумақтарда топырақтың морфологиялық профилі толық дамымаған (2.3 кесте). Әдетте келесі қабаттар ғана кездеседі:

- А горизонты (гумустық) – жұқа, қалыңдығы 10–20 см шамасында. Қара-қоңыр немесе сұрғылт түсті, құрылымы борпылдақ. Органикалық заттар мөлшері аз.

- В горизонты (минералды) – кейде байқалады, көбіне нашар дифференциацияланған. Минералды бөлшектер мен сазды түйіршіктер жиналуы мүмкін.

- С горизонты (аналық жыныс) – тікелей тау жынысына жақын, тығыз құрылымды, жиі кездесетін қабат.

Бұл құрылымның үстірт дамуы тік беткейдегі топырақтардың тұрақсыздығын көрсетеді. Ауыр жауын-шашын кезінде А горизонтының шайылып кету қаупі өте жоғары.

Механикалық құрамы. Іле Алатауының тік беткейлерінде топырақтар көбінесе жеңіл механикалық құраммен сипатталады. Яғни, олардың құрамында құмды және құмбалшықты бөлшектер басым болады (2.4 кесте). Мұндай топырақтардың негізгі ерекшеліктері:

- Суды аз сіңіреді, сондықтан су беттік ағын түрінде төмен қарай ағады;
- Құнарлылық төмен, себебі ұсақ бөлшектермен бірге қоректік заттар да шайылып кетеді;

- Сазды немесе балшықты фракциялар төменгі бөліктерде ғана кездеседі;

- Жоғарғы қабаттарда ұсақ тастар мен қиыршықтар молынан кездеседі.

Механикалық құрамның жеңіл болуы эрозияға бейімділікті арттырады, әсіресе жауын-шашын мен қар еру кезінде.

Химиялық құрамы. Топырақтың химиялық құрамы оның құнарлылығының басты көрсеткіші болып саналады (2.5 кесте). Тік беткейлі аймақтарда топырақтың химиялық құрамының негізгі ерекшеліктері мыналар:

- Гумус мөлшері – 5-8% шамасында. Бұл өте төмен көрсеткіш, өйткені органикалық қалдықтар аз жиналады және шайылып кету қаупі жоғары.

- Азот (N) – өсімдік өсуіне қажетті негізгі элементтердің бірі. Оның мөлшері де төмен, себебі гумус аз.

- Фосфор (P) және калий (K) – фосфор көбіне фиксацияланып, өсімдіктерге қиын сіңеді. Калий құрамы гранитті жыныстарда салыстырмалы түрде жоғары болуы мүмкін.

- рН деңгейі – бейтарапқа жақын немесе әлсіз қышқыл (рН 5.5-6.5), бірақ бұл көрсеткіш аналық жынысқа байланысты өзгеріп отырады.

Топырақ құрылымы оның түйіртпекті, кесекті немесе тығыз күйде болуымен сипатталады. Бұл сипат су мен ауаның топырақта таралуына әсер етеді. Тік беткейлердегі топырақтардың құрылымына тән қасиеттер:

- Борпылдақ құрылым – жеңіл шайылады;

- Ұсақ түйіртпекті – эрозияға бейім;
- Тығыз қабаттың болмауы – тамырлардың тереңге бойламауына себеп болады.

Эрозия нәтижесінде топырақ құрылымы үнемі бұзылып, табиғи қалпына келуі ұзаққа созылады.

Кесте 2.3 – Іле Алатауының тік беткейлеріндегі топырақтардың морфологиялық құрылымы

Топырақ қабаты	Қалыңдығы (см)	Түс	Құрылымы	Ерекшелігі
А – гумустық қабат	10–20	Қара-қоңыр	Борпылдақ	Органика аз, шайылуға бейім
В – транзитті қабат	5–10	Қоңыр	Түйіртпекті	Кейде байқалады ғана
С – аналық жыныс	20 см +	Сұр, ашық	Тығыз	Жынысқа байланысты

Кесте 2.4 – Топырақтың механикалық құрамы бойынша бөлінуі

Аймақ биіктігі	Құм (%)	Саз (%)	Қиыршықтас (%)	Эрозияға бейімділік
1000–1500 м	40	25	15	Орташа
1500–2000 м	30	30	25	Жоғары
2000 м +	20	35	30	Өте жоғары

Кесте 2.5 – Химиялық құрамы (орташа деректер негізінде)

Элемент	Мөлшері	Эрозиялық әсері
Гумус	5-8 %	Шайылып кетуге бейім
Азот	0.1–0.2%	Өсімдіктер үшін жетіспейді
Фосфор	0.05–0.1%	Қиын сіңетін формада
Калий	0.2–0.4%	Топырақ типіне байланысты

Аналық жыныстың әсері. Аналық жыныс – топырақтың негізі. Іле Алатауы аймағында кең таралған аналық жыныстар:

Гранит – тығыз, бұзылуы баяу, бірақ құрамында қоректік элементтер аз;

Құмтас – құрылымы борпылдақ, суға тез шалдығады;

Өктастар – су өткізгіштігі жоғары, құрылымы ұсақ түйірлі;

Сазды тақтатастар – топырақ құрамын тығыздандырады, бірақ эрозияға төзімділігі төмен. Аналық жыныстың типі топырақтың химиялық құрамына, физикалық қасиеттеріне және құрылымына әсер етеді.

Биологиялық құрамы. Топырақтың биологиялық құрамы – оның тірі компоненттері. Тік беткейлердегі топырақтарда:

1. Микроағзалардың белсенділігі төмен;
2. Органикалық қалдықтар аз жиналады;
3. Өсімдік тамырлары топырақты байланыстырып тұра алмайды;
4. Деградациялық өзгерістер байқалады.

Жер беті жамылғысы сирек болған сайын, топырақтың биологиялық белсенділігі де соғұрлым төмен болады.

2.3 Антропогендік әсерлер

Іле Алатауының тік беткейлері табиғи жағдайлармен қатар, адам әрекетінің ықпалына ұшыраған аймақтардың бірі болып саналады (2.6 кесте). Антропогендік факторлардың әсерінен топырақ құрылымы бұзылып, эрозиялық процестердің белсенділігі артуда. Бұл тарауда адам әрекетінің негізгі түрлері мен олардың эрозияға әсері қарастырылады.

Іле Алатауының етегіндегі ауыл шаруашылығы аймақтарында мал жайылымының қарқынды жүруі – топырақ эрозиясының басты себептерінің бірі. Шектен тыс мал жаю топырақтың тығыздалуына, өсімдік жамылғысының сиреуіне және жердің жалаңаштануына әкеледі. Малдың таптауы мен топырақтың тығыздануы нәтижесінде су топыраққа сіңбей, ағып кетеді, бұл беттік эрозияны күшейтеді [8-9].

Кесте 2.6 – Жайылымдық жерлердің эрозияға ұшырау деңгейі

Аймақ	Мал басының тығыздығы (бас/га)	Өсімдік жамылғысының тозуы (%)	Эрозия деңгейі
Таулы етек (1000-1500 м)	2.5	40	Орташа
Орта белдеу (1500-2000 м)	3.1	55	Жоғары
Жоғары белдеу (2000 м+)	1.2	25	Төмен

Алматы қаласына жақын орналасқан Іле Алатауы аймақтарында құрылыс жұмыстары мен туризм белсенділігі артып келеді. Құрылыс кезінде жер қазу, жыныс тасымалдау және инфрақұрылым жүргізу барысында топырақ қабаты бұзылады. Су ағатын жолдардың дұрыс ұйымдастырылмауы нәтижесінде жаңбыр суларымен шайылу жиі кездеседі. Туризм саласы да тікелей және жанама түрде эрозияға ықпал етеді (2.7 кесте). Көптеген демалушылар белгіленбеген жолдармен жүру арқылы топырақтың жамылғысын таптайды, ал көліктермен тауға көтерілу кезінде жол жиегіндегі топырақ құрылымы бұзылады.

Антропогендік факторлар Іле Алатауындағы эрозиялық процестердің күшеюіне тікелей әсер етеді. Ауыл шаруашылығы, құрылыс, туризм және көлік қозғалысы жердің табиғи құрылымын бұза отырып, эрозия ошақтарының пайда болуына себеп болады. Болашақта мұндай процестердің алдын алу үшін экологиялық нормаларды сақтау, жерді ұтымды пайдалану және мониторинг жүйелерін енгізу қажет.

Кесте 2.7 – Туризм мен құрылыс әрекеттерінің әсері

Әрекет түрі	Эрозия түрі	Қауіп деңгейі	Мысалдар
Тауға көлікпен шығу	Жол бойы эрозиясы	Жоғары	Медеу–Шымбұлақ
Тауға көлікпен шығу	Жол бойы эрозиясы	Жоғары	Медеу–Шымбұлақ
Демалушылардың қозғалысы	Тапталу	Орташа	Бутаковка, Көк-Төбе

2.4 Эрозия процесінің қазіргі жағдайы және даму динамикасы

Эрозия – табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен топырақтың құнарлы қабатының шайылуы, желмен ұшуы немесе басқа күштердің әсерінен орнынан қозғалып, жер бедерінің өзгеруіне алып келетін геоморфологиялық құбылыс. Бұл процесс әсіресе таулы аймақтарда, соның ішінде Іле Алатауының тік беткейлерінде ерекше қарқынмен жүреді. Себебі мұндағы табиғи-географиялық жағдайлар эрозияның белсенді дамуына өте қолайлы. Іле Алатауы – Қазақстанның оңтүстік-шығысында орналасқан биік таулы жүйе. Бұл аумақтағы бедердің күрделілігі, беткейлердің тік болуы, жауын-шашын мөлшерінің көптігі және климаттық жағдайлардың өзгергіштігі эрозиялық процестердің кең таралуына ықпал етеді. Сонымен қатар, адам әрекеті – орман-тоғайлардың жойылуы, ауыл шаруашылығына жарамсыз жерлерді игеру, мал жаюдың шамадан тыс жүруі, құрылыс жұмыстары – эрозияның қарқын алуына себепкер болып отыр. Қазіргі кезде Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестер бірнеше бағытта дамуда. Солардың ішінде ең бастысы – сулы эрозия. Жауын-шашын әсерінен беткейлерде сулы ағын пайда болып, топырақ қабатын шайып кетеді. Бұл өз кезегінде жыралардың, сайлардың пайда болуына әкеледі. Осындай жыралар жылдан-жылға тереңдеп, кеңейіп, егістік және шабындық жерлерге қауіп төндіруде.

Соңғы онжылдықтарда жүргізілген геоэкологиялық зерттеулер мен топырақ мониторингтері Іле Алатауының жекелеген аудандарында эрозиялық процестердің даму динамикасы жоғары екенін көрсетті. Мысалы, Алматы қаласының маңындағы Аққайнар, Қаскелең, Түрген, Есік бағыттарындағы беткейлерде эрозиялық белгілер айқын байқалады. 1980-2020 жылдар аралығындағы салыстырмалы картографиялық деректерге сәйкес, эрозия

әсерінен топырақ жамылғысының өзгерген аумағы 20-30%-ға дейін жеткен. Бұл көрсеткіштер өңірдегі антропогендік жүктеменің жыл сайын артып келе жатқанын көрсетеді [10].

Эрозияның даму қарқыны климаттық факторлармен де тығыз байланысты (2.8 кесте). Соңғы жылдары жауын-шашынның жылдық мөлшері біршама артқан. Сонымен қатар, қысқы-көктемгі кезеңде қардың күрт еруі мен көктемгі нөсерлердің жиілеуі де сулы эрозияның белсенділігін арттырып отыр. Бұл табиғи процестер тек табиғатқа ғана емес, сондай-ақ әлеуметтік-экономикалық нысандарға да қауіп төндіруде: жолдардың бұзылуы, инфрақұрылымның бүлінуі және ауыл шаруашылығы алқаптарының өнімділігінің төмендеуі жиілеп барады.

Кесте 2.8 – Іле Алатауының жекелеген учаскелеріндегі эрозиялық процестердің қарқындылығы

Учаске атауы	Беткей көлбеулігі	Орташа жауын-шашын (мм/жыл)	Эрозия түрі	Жыл сайынғы топырақ жоғалту (т/га)
Түрген аңғары	15–25°	550–700	Жыралық, беткейлік	18–25
Аққайнар маңы	20–30°	600–750	Сулы эрозия	25–30
Шелек аңғары	10–20°	500–650	Желдік, сулы	10–15
Кіші Алматы шатқалы	25–35°	750–850	Жыралық	30–40

Сонымен қатар, Іле Алатауындағы мұздықтардың еруі мен гидрологиялық режимнің өзгеруі де эрозиялық процестерге қосымша фактор ретінде әсер етеді. Мұздықтардың шегінуі мен уақытша су ағындарының көбеюі эрозия процесін маусымдық тұрғыда күрделендіре түседі. Жалпы алғанда, Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестер қазіргі таңда экологиялық тұрақтылықты сақтау мен табиғи ландшафтарды қорғау үшін кешенді шаралар қабылдауды қажет ететін маңызды мәселе болып отыр. Эрозияның даму динамикасын бақылау, беткейлерді нығайту, жасыл желектерді қалпына келтіру және жер пайдалану мәдениетін арттыру – бұл аймақтағы топырақ деградациясын азайтудың негізгі жолдары болып табылады.

Эрозиялық процестердің кең таралуын ғылыми тұрғыдан бағалау үшін бірнеше индикаторлық көрсеткіштер пайдаланылады. Солардың ішіндегі ең маңыздылары – топырақтың механикалық құрамы, беткейдің көлбеулігі, өсімдік жамылғысының жағдайы және жерді пайдалану сипаты. Іле Алатауының әртүрлі бөліктерінде жүргізілген далалық зерттеулер мен қашықтықтан зондтау деректері осы көрсеткіштер бойынша нақты бағалауға мүмкіндік береді.

Жоғарыдағы кестеден байқалғандай, эрозия процесінің белсенділігі беткейдің көлбеулігі мен жауын-шашын мөлшеріне тікелей байланысты. Беткейі тік және жауын-шашын жиі түсетін аймақтарда эрозияның түрі жыралық сипатқа ие болып, топырақтың жылдық жоғалту мөлшері 30-40 тоннаға дейін жетеді. Бұл жерлерде ауыл шаруашылығы дақылдарын өсіру аса қауіпті және тиімсіз саналады.

Картографиялық мәліметтерге сүйенсек, соңғы 30 жылда Іле Алатауының солтүстік беткейінде эрозия әсерінен деградацияға ұшыраған аумақтардың көлемі екі есеге жуық артқан. Қашықтықтан зондтау (ЖҚЗ) арқылы алынған спутниктік суреттерді көпжылдық салыстыру нәтижесінде жыралар желісінің кеңеюі мен өсімдік жамылғысының сиреуі анықталған.

Эрозия процестерінің даму динамикасы – күрделі және көпфакторлы құбылыс. Табиғи өзгерістермен қатар, адам әрекеті де басты рөл атқарады. Сол себепті эрозиямен күресу үшін ландшафттық-экологиялық ерекшеліктерді ескеретін жүйелі, кешенді жоспарлау қажет. Бүгінгі күні бұл бағытта Қазақстанда экологиялық кодекс пен жер туралы заңнамалар аясында нақты міндеттер қарастырылғанымен, олардың тәжірибеде толық орындалуы жеткіліксіз. Осы мәселені шешу – болашақ мамандар мен қоғамның ортақ міндеті.

3 Зерттеу әдістері және алынған нәтижелер

3.1 (NDVI) Іле Алатауының өсімдіктерінің нормаланған салыстырмалы индексінің 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу

NDVI (нормаланған дифференциалды вегетациялық Индекс) – өсімдіктердің нормаланған салыстырмалы индексі фотосинтетикалық белсенді биомасса мөлшерінің қарапайым сандық көрсеткіші (әдетте вегетациялық индекс деп аталады). Өсімдік жамылғысының сандық көрсеткіштерін қолданатын есептерді шешу үшін ең көп таралған және қолданылатын индекстердің бірі. Келесі формула бойынша есептеледі:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (3.1)$$

мұндағы NIR – NIR-спектрдің жақын инфрақызыл аймағында шағылысу

RED – Қызыл рефлексия спектрдің қызыл аймағында

Осы формулаға сәйкес, суреттің белгілі бір нүктесіндегі өсімдік тығыздығы (NDVI) қызыл және инфрақызыл диапазондағы шағылысқан жарық қарқындылығының айырмашылығына олардың қарқындылығының қосындысына бөлінеді.

NDVI есебі тамырлы өсімдіктердің спектрлік шағылысу қисығының ең тұрақты (басқа факторларға тәуелді емес) екі бөлігіне негізделген. Спектрдің қызыл аймағында (0,6-0,7 мкм) жоғары тамырлы өсімдіктердің хлорофиллімен күн радиациясының максималды сіңуі жатыр, ал инфрақызыл аймақта (0,7-1,0 мкм) жапырақтың жасушалық құрылымдарының максималды шағылысу аймағы орналасқан. Яғни, жоғары фотосинтетикалық белсенділік (әдетте тығыз өсімдіктермен байланысты) спектрдің қызыл аймағында аз шағылысуға және инфрақызылда көбірек шағылысуға әкеледі.

Бұл көрсеткіштердің бір-біріне қатынасы өсімдіктерді басқа табиғи объектілерден нақты бөлуге және талдауға мүмкіндік береді. Қарапайым қатынасты емес, шағылыстың минимумы мен максимумы арасындағы қалыпқа келтірілген айырмашылықты қолдану өлшеу дәлдігін арттырады, суреттің жарықтандыруындағы айырмашылықтар, бұлттылық, тұман, атмосфераның радиацияны сіңіруі және т. б. сияқты құбылыстардың әсерін азайтуға мүмкіндік береді.

+1-ге жақын мәндер: Тығыз, сау өсімдік жамылғысын көрсетеді (ормандар, жайқалған өсімдіктер).

0-ге жақын мәндер: Өсімдіксіз немесе өте сирек өсімдік жамылғысын көрсетеді (жалаңаш топырақ, тастар).

-1-ге жақын мәндер: Су, қар, мұз немесе басқа өсімдіксіз аймақтарды білдіреді.

Іле Алатауының NDVI көрсеткіштері (3.1 кесте) Осы аймақтағы NDVI көрсеткіштері келесідей болуы мүмкін (3.1,3.2,А.1-сурет,А қосымшасы):

Орман алқаптарында: NDVI мәні+0.6—+0.8 олардың арасында шығар. Бұл аймақтарда тығыз өсімдіктер мен орман жамылғысы бар.

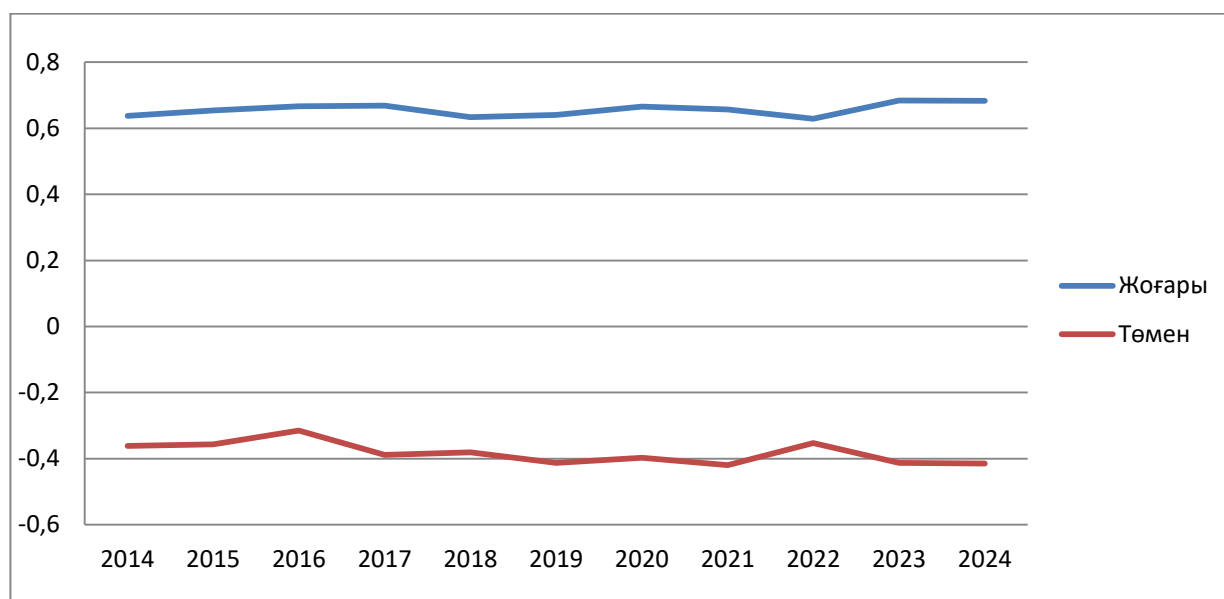
Шалғындарда: NDVI мағынасы+0.3—+0.6 арасында. Бұл шөптесін өсімдіктердің тығыздығы орташа екенін көрсетеді.

Қала аумағында: NDVI мәні+0.1—+0.3 немесе одан да төмен болуы мүмкін, өйткені қалалық аймақ өсімдіктері аз урбанизацияланған аймақ.

Тау-кен аумақтарында және ашық кен орындарында: NDVI мәні 0 немесе теріс болуы мүмкін, өйткені бұл жерлерде өсімдіктер жоқ немесе өте аз.

Sym...	Range	Label
	-0,414720684 - 0,1146669	Өсімдігі аз,тасты н/е жаланаш жер
	0,1146669 - 0,282521499	Сирек өсімдіктер
	0,282521499 - 0,433160243	Орташа тығыз өсімдіктер
	0,433160243 - 0,68279016	Қалың,дені сау өсімдіктер

3.1-сурет – NDVI 2014-2024 жылғы индексін классификациялау



3.2-сурет – NDVI көрсеткіштерінің жылдардағы өзгерісі (диаграмма)

2018-2020 жылдары NDVI көрсеткіштері тұрақты түрде оң нәтижелерге жақындаған, бұл өсімдік жамылғысының жақсарғанын және аймақтың экологиялық тұрақтылығын білдіреді.

2023 жылғы жоғары көрсеткіш 0,68 болған. Мұндай көрсеткіштер жауын-шашынның мол болуы, ауыл шаруашылығының қарқынды дамуы немесе табиғи өсімдіктердің жақсы жағдайын көрсетеді.

2021 жылғы ең төмен көрсеткіш -0,42 болған. Минималды NDVI көрсеткіші өсімдіктердің болмауын немесе аймақтың тозғанын көрсетеді. Мұндай өзгерістер климаттық факторларға (қуаңшылық, жоғары температура) немесе антропогендік әсерлерге (жердің тозуы, құрылыс жұмыстары, шамадан тыс мал жаю) байланысты.

Жоғарыда көрсетілген картада берілгендері бойынша талдау жасайтын болсақ, қою жасыл түспен көрсетілген жерлері өсімдіктің тығыз өсуін көрсетеді. Ашық жасыл түспен көрсетілген жерлер өсімдік жамылғысы бар, бірақ сирек өскені көрсетіледі. Ал сары түспен көрсетілген жерлер өсімдіктердің қурап, жайлап құм басқаны, сарғылт түспен берілген жерлерде тұзданған топырақтың барын көрсетеді.

Кесте 3.1 – NDVI индексінің мәндері

Жылы	Аэрофотосурет	Формуласы	Нәтижесі
2014	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.637374 -0.360968
2015	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.653609 -0.356473
2016	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.666248 -0.314992
2017	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.668645 -0.388307
2018	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.633466 -0.380285
2019	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.640305 -0.412391
2020	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.665469 -0.397452
2021	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.656742 -0.419713
2022	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.628375 -0.35269
2023	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.6845 -0.413007
2024	Landsat 8	$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$	0.68279 -0.414721

3.2 (NDMI) Іле Алатауының жерді қашықтықтан зондтау арқылы өсімдік шаруашылығы нормаланған қамту индексінің 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу

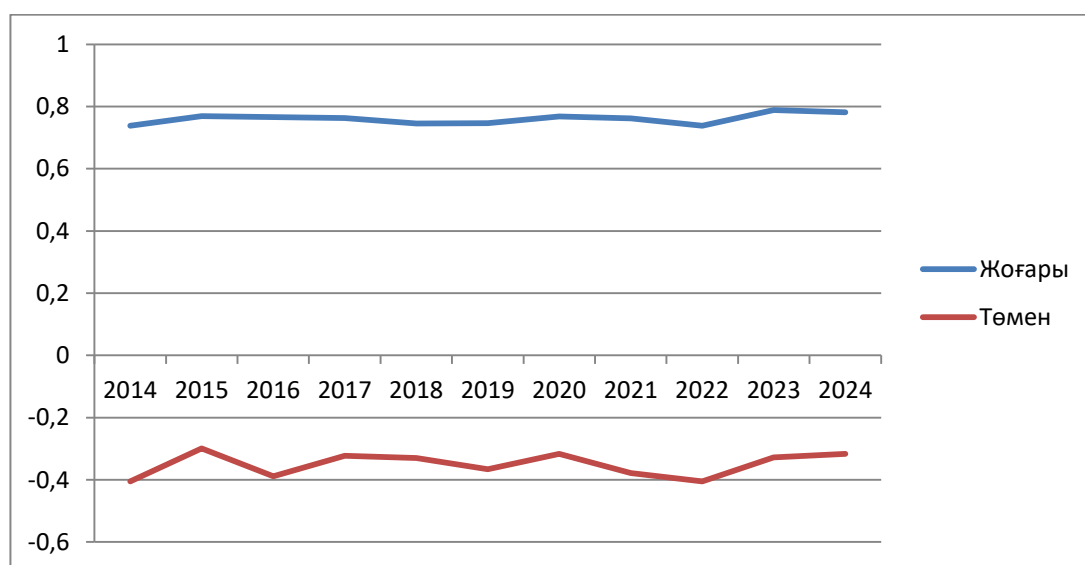
NDMI (Normalized Difference Moisture Index) – бұл жер бетіндегі өсімдіктердің ылғалдылық деңгейін анықтауға арналған индикатор. Ол спутниктік бейнелерден алынған деректер негізінде есептеледі және өсімдіктердің денсаулығын, топырақтың ылғалдылығын, құрғақшылық жағдайларын бағалауда қолданылады. NDMI индексі су стресін анықтауға және экожүйедегі өзгерістерді мониторингтеуге мүмкіндік береді.

$$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad (3.2)$$

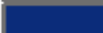
мұндағы NIR (Near-Infrared) – жақын инфрақызыл диапазондағы жарық көрсеткіш

SWIR (Shortwave Infrared) – қысқа толқынды инфрақызыл диапазондағы жарық көрсеткіші.

NDMI көрсеткішін есептеу барысы EarthExplorer сайты арқылы Landsat аэрофотосуреттерін жүктеуден бастамасын алады. ArcGIS бағдарламасында ArcCatalog New File Geodatabase Feature Dataset Polygon Features арқылы Іле Алатауының шекарасы белгіленді, сақталды. Ендірі Landsat аэрофотосуреттері жанадан құралған геодектер базасын пайдалана отырып, ArcToolbox Spatial Analyst Tools Extraction Extract by Mask құралы арқылы киылады. Содан соң ArcGIS бағдарламасында ArcToolbox Spatial Analyst Tools Map Algebra Raster Calculator құралы арқылы өсімдік ылғалдылығының нормаланған айырмашылық индексі NDMI формуласымен анықталды (3.3,3.4,Б.1-сурет,Б қосымшасы).



3.3-сурет – NDMI көрсеткіштерінің жылдардағы өзгерісі (диаграмма)

Sym...	Range	Label
	0,449392309 - 0,780913651	Ылғалды, сау өсімдіктер
	0,216896822 - 0,449392309	Орташа ылғалдылық, вегетация
	0,066205303 - 0,216896822	Құрғақ жағдай
	-0,316981703 - 0,066205303	Топырақ, құрғақ топырақ, өсімдік

3.4-сурет – NDMI 2014-2024 жылғы индексін классификациялау

Көптеген индекстер сияқты, NDMI-1-ден 1-ге дейінгі мәндерге ие, бұл түсіндіруді жеңілдетеді. Су стрессін -1-ге жақындаған теріс мәндер көрсетуі мүмкін, ал +1 батпақтануды көрсетуі мүмкін. Демек, әрбір аралық мән дақылдардың сәл өзгеше күйін көрсетеді. Зерттелген картада NDMI мәндері келесі кластарға жіктеледі:

- Көк түс – NDMI: -0.4 - -0.1 шамалы өсімдік жамылғысы, ылғал жоқ немесе өсімдік жамылғысының тығыздығы өте төмен, ылғалдылық байқалады.

- Жасыл түс – NDMI: -0.1 - 0.2 өсімдік жамылғысының тығыздығы орташадан төмен, су стрессінің жоғары деңгейі немесе шамалы өсімдік жамылғысы, су стрессінің төмен деңгейі байқалады.

- Сары түс – NDMI: 0.2 - 0.4 өсімдік жамылғысының орташа тығыздығы, су стрессінің жоғары деңгейі немесе өсімдік жамылғысының тығыздығы орташадан төмен, су стрессінің төмен деңгейі.

- Қоңыр түс – NDMI: 0.4 - 0.8 өсімдік жамылғысының өте жоғары тығыздығы, су стрессі жоқ.

NDMI мәндері дақылдарды өсіру маусымында өзгеретінін ескеру маңызды, өйткені өсімдіктердің шағылысу қабілеті әр фенологиялық фазада біршама ерекшеленеді. NDMI және NDVI индекстері арасында да қызықты корреляция бар. NDMI мәндерімен белгіленген су стрессін NDVI орташа мәнінен айтарлықтай төмен растауға болады (3.2 кесте).

Кесте 3.2 – NDMI индексінің мәндері

Жылы	Аэрофотосурет	Формуласы	Жоғары	Төмен
2014	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,738224	-0,40534
2015	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,768962	-0,299
2016	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,766037	-0,38905
2017	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,763134	-0,32289

3.2 Кестенің жалғасы

2018	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,745515	-0,32958
2019	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,746427	-0,36637
2020	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,767554	-0,31606
2021	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,761854	-0,37799
2022	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,738224	-0,40534
2023	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,788309	-0,32814
2024	Landsat 8	$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)}$	0,780914	-0,31698

3.3 (LST) Іле Алатауының жер температурасын есептей отырып 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу

Жер беті температурасы (LST – Land Surface Temperature) – бұл жердің немесе оның жабындарының (өсімдік, топырақ, су, құрылыс беті) инфрақызыл сәулелену негізінде өлшенетін температурасы. LST индексі климаттық зерттеулерде, ауыл шаруашылығында, экологиялық мониторингте және табиғи ресурстарды басқаруда маңызды көрсеткіштердің бірі болып табылады.

Іле Алатауы - Қазақстандағы ең маңызды табиғи аймақтардың бірі, оның климаттық ерекшеліктері мен экожүйесі LST индексі арқылы тиімді бағалануы мүмкін.

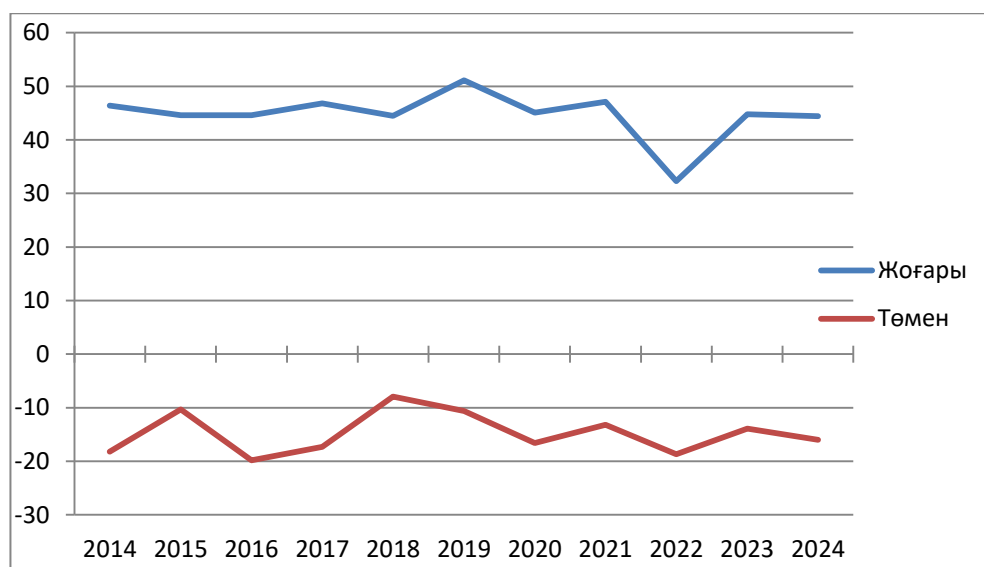
Іле Алатауы - таулы, биік аймақ. Мұндағы LST:

- биіктікке байланысты өзгереді.
- беткейдің күнге қараған бағытына (экспозиция) тәуелді.
- қала маңында (Алматы) урбанизацияның әсерінен жоғары.

LST мен NDVI (өсімдік индексі) арасында кері байланыс бар:

- NDVI жоғары → өсімдік жамылғысы тығыз → температура төмен.
- NDVI төмен → жалаңаш топырақ → температура жоғары.

Бұл Іле Алатауындағы ормандарды қорғау, құрғақшылыққа бейімді аудандарды анықтау, эрозия қаупін бағалау үшін маңызды (3.5-3.6-В.1-сурет, В қосымшасы).



3.5-сурет – LST көрсеткіштерінің 2014-2024 жылдағы өзгерісі (диаграмма)

Sym...	Range	Label
	-16,04837036 - 0,868182014	Суық аймақ
	0,868182014 - 20,73320695	Орташа аймақ
	20,73320695 - 44,46325684	Ыстық аймақ

3.6-сурет – LST 2014-2024 жылғы индексін классификациялау

Картаның оңтүстік-орталық бөлігі (көк) - бұл альпілік және орманды белдеулер, суық әрі көлеңкелі, онда температура төмен. Солтүстік және шығыс (қызыл-сары) - ашық тау беткейлері, күн сәулесі тікелей түсетін жоғары температуралы аймақтар (3.3 кесте).

Кесте 3.3 – LST индекс деңгейі

Биіктік белдеуі	Географиялық сипат	LST ерекшелігі
800–1300 м	Өзен аңғарлары, қала маңы, далалық зона	Жоғары температура (25–35 °C): Ашық жерлер, антропогендік ықпал
1300–2000 м	Орманды белдеу (шырша, қайың)	Орташа температура (15–25 °C): Тығыз өсімдіктер әсерінен температура төмен
2000–3000 м	Альпілік шалғын, тік беткейлер	Төмен температура (5–15 °C): Тау-климаттық белдеу, көлеңке
3000 м жоғары	Мұздықтар, тас жамылғы, қар жамылғысы	Өте төмен температура (<5 °C): Жыл бойы қар/мұз әсері

2021-2022 жылдары бұл аймақтағы LST индексі ең төменгі деңгейде тіркелді, бұл әртүрлі экологиялық және климаттық өзгерістерді көрсетуі мүмкін. LST индексінің төмен мәндері бірнеше факторларға байланысты болуы (3.4 кесте).

Біріншіден, бұл белгілі бір маусымдарда температура көрсеткіштерінің төмендеуіне келетін климаттың өзгеруін көрсетуі мүмкін.

Екіншіден, мұндай өзгерістер жерді пайдалану мен экожүйе процестерінің өзгеруіне байланысты болуы мүмкін.

Кесте 3.4 – LST индексінің мәндері

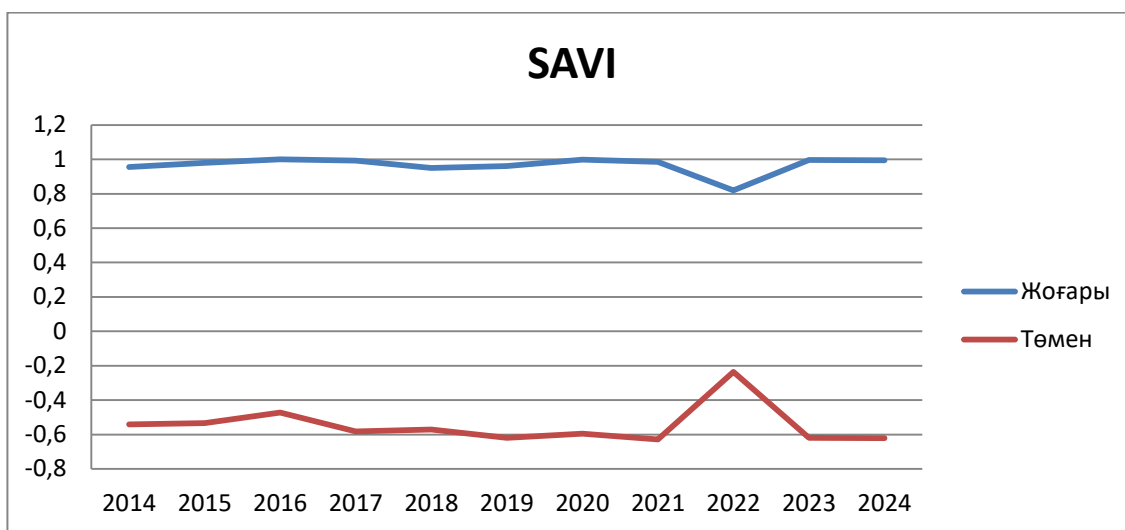
Жылы	Аэрофотос урет	Формуласы	Минималды мән	Максималды мән
2014	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-18,2	46,4
2015	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-10,3	44,6
2016	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-19,8	44,6
2017	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-17,3	46,8
2018	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-7,9	44,5
2019	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-10,6	51,1
2020	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-16,6	45,1
2021	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-13,2	47,1
2022	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-18,7	32,3
2023	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-13,9	44,8
2024	Landsat 8	$BT=k2-\ln(k1/L\lambda+1)-273.15$ $LST=BT/(1+(\lambda*BT/c2)\ln(E))$	-16	44,4

3.4 (SAVI) Іле Алатауының топыраққа түзетілген өсімдік жамылғысының 2014-2024 жылдарға арналған өзгерістерді есептеу

SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) – NDVI индексінің түрлендірілген нұсқасы. Ол топырақтың әсерін азайту арқылы өсімдік тығыздығын дәлірек бағалауға мүмкіндік береді, әсіресе шөлді және жартылай шөлді аймақтарда. Қазақстан деректері негізінде спектралды индекстер есептеліп, олар арқылы жер жамылғысының биофизикалық қасиеттері сандық түрде бағаланады. Осындай индекстердің бірі – NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ол өсімдіктердің фотосинтездік белсенділігін өлшеуге арналған. Алайда, NDVI

жалаңаш топырақты және сирек өсімдік жамылғысы бар аумақтарда қате нәтижелер беруі мүмкін. Бұл шектеулерді жеңу мақсатында SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) индексы жасалды. SAVI формуласына қосымша L коэффициентінің енгізілуі арқасында топырақтың шағылысу әсері ескеріліп, өсімдіктердің жай-күйі дәлірек бағаланады [11-12].

Қазақстан аумағында, әсіресе Іле Алатауы тәрізді биіктік белдеулері айқын аймақтарда өсімдік жамылғысы өте әркелкі орналасқан. Мұндай жағдайда SAVI индексі NDVI-ге қарағанда анағұрлым шынайы әрі сенімді ақпарат береді (3.7-сурет). Осы себепті SAVI – қазіргі экологиялық мониторинг пен картографиялауда кеңінен қолданылып жүрген маңызды көрсеткіш болып табылады. Осындай күрделі табиғи жағдайда SAVI индексі арқылы экожүйелердің күйін бағалау маңызды ғылыми әрі практикалық мәнге ие.



3.7-сурет – SAVI көрсеткіштерінің 2014-2024 жылдағы өзгерісі (диаграмма)

Зерттеу нәтижесінде Іле Алатауының әртүрлі белдеулерінде SAVI индексі мынадай диапазонда болды(3.8-сурет):

0.1–0.2: тасты, өсімдіксіз жерлер (жоғары белдеу)

0.3–0.5: жайылымдық, сирек өсімдікті аймақтар

0.6–0.8: орман, шалғын, ылғалды жерлер

Sym...	Range	Label
	-0,622068167 - 0,172001457	Өсімдігі жоқ, тасты, құмды, жалаң топырақ
	0,172001457 - 0,423779631	Сирек өсімдік, деградация басталған
	0,423779631 - 0,649734402	Орташа өсімдік жамылғысы, жайылым
	0,649734402 - 1,024173737	Өсімдігі тығыз, орман, егін, шалғын

3.8-сурет – SAVI 2014-2024 жылғы индексін классификациялау

SAVI индекстерінің кеңістіктік таралуына сүйене отырып, келесі қорытындыларды жасауға болады (Г.1-сурет, Г қосымшасы). Солтүстік бөліктер (оң жақ жоғары мен сол жақ жоғары): Қою жасыл түс басым - бұл орманды, ылғалды, төмен беткейлер. Көлеңкелі және вегетациясы тығыз аудандар. Орталық және оңтүстік бөліктер: Қызыл-қоңыр түс - биік тау жоталары, тасты және өсімдігі аз аймақтар (альпілік зона). Бұл аймақтарда топырақ ашық, эрозия қаупі жоғары. Өтпелі белдеулер: Сары-жасыл түс – ормансыз шалғындар мен жайылымдар, шамамен 1200–2000 м биіктік аралығында.

Биіктікке байланысты SAVI градиенті - жер бедерінің және климаттың әсерінен өсімдіктің тығыздығы биіктіктің өсуіне қарай азаяды. Солтүстік беткейлер (көлеңкелі, ылғалды) - SAVI жоғары, өсімдік жақсы дамыған. Оңтүстік беткейлер (күнге ашық) - SAVI төмен, өсімдік сирек, деградацияға бейім. Су көздері мен аңғарлар маңы - SAVI жоғары, себебі ылғал жеткілікті. Адам ықпалы (жолдар, инфрақұрылым, туризм) - SAVI төмендеген аймақтарда байқалады (мысалы, Шымбұлақ, Медеу маңы) (3.5 кесте).

Кесте 3.5 – SAVI индексінің мәндері

Жыл ы	Аэрофотос урет	Формуласы	Минимал ды мән	Максималд ы мән
2014	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,54144	0,956049
2015	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,5347	0,9804
2016	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,47248	0,99936
2017	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,58245	0,99296
2018	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,57042	0,950186
2019	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,61857	0,960446
2020	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,59617	0,998191
2021	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,62956	0,985101
2022	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,23512	0,818911
2023	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) \times (1 + L)$	-0,6195	0,99674
2024	Landsat 8	$((NIR - Red) / (NIR + Red + L)) * (1 + L)$	-0,62207	0,99417

3.5 (RUSLE) Іле Алатауының топырақ эрозиясын болжаудың жаңартылған әмбебап теңдеуін есептеу

RUSLE – бұл Revised Universal Soil Loss Equation, яғни топырақ эрозиясын болжаудың жаңартылған әмбебап теңдеуі. Ол жыл сайынғы топырақ шығынын (эрозияны) бағалау үшін қолданылады және ауыл шаруашылығы,

орман шаруашылығы, экология, құрылысты жоспарлау, жер ресурстарын басқару сияқты салаларда кеңінен қолданылады. RUSLE формуласы:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (3.3)$$

мұндағы A - Топырақ жоғалту, орташа жылдық топырақ шығыны (т/га/жыл).

R - Жауын-шашын факторы, жауын-шашынның эрозиялық күші.

K - Топырақ факторы, топырақтың эрозияға төзімділігі.

LS - Рельеф факторы, склон ұзындығы мен тік бұрышы.

C - Өсімдік жамылғысы, жердің жабылу түрі (шөп, орман, бос топырақ).

Пайдалнылатын салалары:

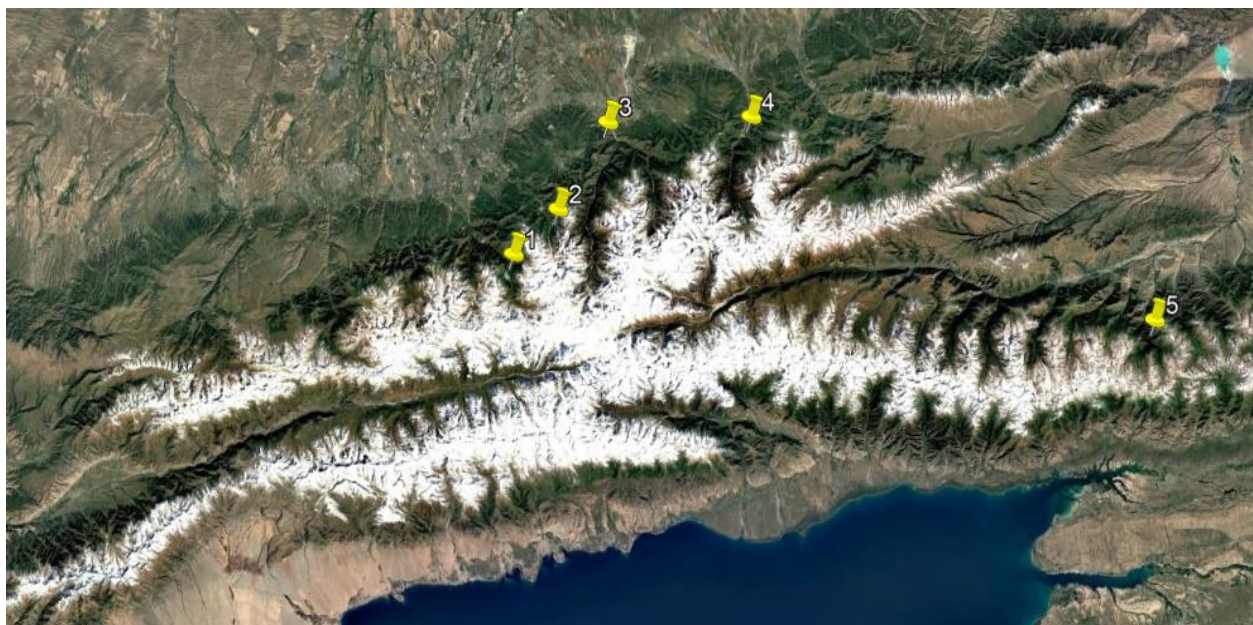
Ауыл шаруашылығында - егістік жерлердегі топырақ жоғалуын болжау.

Экологиялық бағалау үшін - эрозия қаупі бар аймақтарды анықтау.

Инженерлік жобалауда - жол салу, құрылыс, шахта қазу кезінде.

География және Жертану ғылымдарында - топырақ эрозиясын модельдеу үшін.

Алматы облысының Үлкен Алматы көлі, Шымбұлақ, Байбұлақ, Есік, Көлсай, аудандарындағы топырақ кесінділерінің негізгі нүктелерінің картасы жасадық (3.9-сурет).



3.9-сурет – Алматы облысының Үлкен Алматы көлі, Шымбұлақ, Байбұлақ, Есік, Көлсай, аудандарындағы топырақ кесінділерінің негізгі нүктелерінің картасы

1-нүкте. Үлкен Алматы көлі ауданы үшін (биіктігі шамамен 2500 м, Іле Алатауы тауларында, Алматының оңтүстігінде орналасқан), RUSLE индексі. Үлкен Алматы көлінің координаттары: Ендік: 43.05° N, Бойлық: 76.9856° E



3.10-сурет – 1-нүкте топырақ кескіні

RUSLE есептеу параметрлері:

Жауын-Шашын (R): Үлкен Алматы көлі шамамен 2500 м биіктікте орналасқан, онда жауын-шашын әсіресе жазда қарқынды болуы мүмкін. Бұл аймақта күтілетін орташа жылдық жауын-шашын мөлшері шамамен 1000-1200 мм болады (бұл климаты тән таулы аймақ екенін ескере отырып).

$$R = 1100 \text{ мм/жыл.}$$

Топырақ түрі (K): Бұл аймақтағы топырақтар негізінен таулы болады, аласа жерлерге қарағанда эрозияға бейім. Бұл биік таулар болғандықтан, топырақ түрі үшін $k \approx 0.5$ мәнін қолданамыз (бұл эрозия қаупінің жоғарылауы).

$$K \approx 0.5$$

Көлбеу (LS): Бұл аймақта жер бедері өте тік, әсіресе көлдің өзінде. Таулардағы көлбеу мәні айтарлықтай жоғары болады.

$$LS \approx 2.5.$$

Өсімдік Жамылғысы (C): Бұл аймақтағы өсімдіктер альпілік шөпті және бұталы аймақтармен, сондай-ақ төменгі деңгейдегі ормандармен шектеледі. Мұндай аймақ үшін $C \approx 0.4$, өйткені таулы аймақтардағы өсімдіктер әдетте аз тығыз болады.

$$C \approx 0.4$$

Қорғаныс практикасы (P):Үлкен Алматы көлі ауданында, басқа биік таулы аудандардағыдай, қорғаныс тәжірибелерінің саны аз.

$$P \approx 1.$$

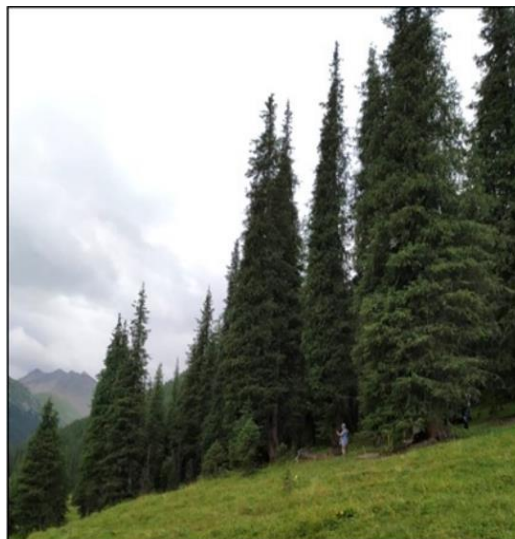
$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

$$A=1100 \times 0.5 \times 2.5 \times 0.4=1100 \times 0.5 \times 1=550 \text{ тонна/га}$$

Қорытынды: Үлкен Алматы көлі ауданында күтілетін жыл сайынғы топырақ шығыны гектарына шамамен 550 тоннаны құрайды.

2-нүкте. Іле Алатауының тауларында, Алматының жанында, шамамен 2200 м биіктікте орналасқан Шымбұлақ үшін RUSLE индексі есептейік.

Шымбұлақтың географиялық координаттары: Ендік: 43.3264° С.Е., Бойлық: 77.0425° ш. б.



3.11-сурет – 2-нүкте топырақ кескіні

RUSLE есептеу параметрлері:

Жауын-Шашын (R):Шымбұлақ ауданында Таулы климатты ескере отырып, әсіресе жазда жауын-шашын жеткілікті жоғары болуы мүмкін. Жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері жылына шамамен 1000 мм құрайды.

$$R \approx 1000 \text{ мм/жыл.}$$

Топырақ түрі (K):Бұл аймақтағы топырақтар таулы және эрозияға бейімділігі жоғары. $K \approx 0.5$, бұл биік таулы аймақтарға тән.

$$K \approx 0.5$$

Көлбеу (LS):Шымбұлақ ауданындағы жер бедері өте тік, әсіресе таулардың баурайында. Таулы аймақтар үшін көлбеу өте тік.

$$LS \approx 2.5$$

Өсімдік Жамылғысы (C):Шымбұлақ ауданындағы өсімдіктер альпілік шөпті аймақтармен, бұталармен және төменгі учаскелердегі жартылай ормандармен ұсынылған. $C \approx 0.3$, өйткені өсімдіктер жоғары биіктікте тығыз емес.

$$C \approx 0.3$$

Қорғаныс практикасы (P):Бұл аймақта қорғаныс тәжірибелері аз, өйткені бұл ең аз антропогендік жүктемесі бар таулы аймақ.

$$P \approx 1.$$

RUSLE формуласы бойынша есептеу:

$$A=1000 \times 0.5 \times 2.5 \times 0.3 \times 1 = 1000 \times 0.5 \times 2.5 \times 0.3 = 375 \text{ тонна/га}$$

Қорытынды: Шымбұлақ ауданында күтілетін жыл сайынғы топырақ шығыны гектарына шамамен 375 тоннаны құрайды.

3-нүкте.Байбұлақ ауылы Іле Алатауының таулы жерінде, Алматы маңында орналасқан. Байбұлақ ауылының географиялық координаттары: Ендік: 43.2675° С.Е., Бойлық: 77.0583° ш. б.



3.12-сурет – 3-нүкте топырақ кескіні

RUSLE есептеу параметрлері:

Жауын-шашын (R): бұл аймақта жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері шамамен 700 мм құрайды.

$$R \approx 700 \text{ мм/жыл.}$$

Топырақ түрі (K): бұл аймақтағы топырақтың түрлері әртүрлі біз алған топырақтың мәні

$$K \approx 0.3$$

Көлбеу (LS): бұл аймақтағы жер бедері әр түрлі, жұмсақ және тік беткейлер бар. Біздің жер үшін

$$LS \approx 1.5$$

Өсімдік жамылғысы (C): бұл аймақтағы өсімдіктер ауылшаруашылық жерлері мен шөпті аймақтарды қамтиды.

$$C \approx 0.4.$$

Қорғаныс тәжірибелері (P): бұл аймақта әртүрлі қорғаныс тәжірибелерін қолдануға болады.

$$P \approx 0.8.$$

RUSLE формуласы бойынша есептеу:

$$A = 700 \times 0.3 \times 1.5 \times 0.4 \times 0.8 = 700 \times 0.144 = 100.8 \text{ тонна/га}$$

Қорытынды: Байбұлақ ауылының ауданында күтілетін жыл сайынғы топырақ шығыны гектарына шамамен 100.8 тоннаны құрайды.

4-нүкте. Іле-Алатау ұлттық саябағында, Есік қаласының шығысында, Іле Алатауының солтүстік беткейлерінде орналасқан Есік көлі ауданы үшін RUSLE индексі. Есік көлінің географиялық координаттары: Ендік: 43.182° С.Е., Бойлық: 77.495° ш. б.



3.13-сурет – 4-нүкте топырақ кескіні

RUSLE есептеу параметрлері:

Жауын-Шашын (R): Бұл биіктік белдеуі (шамамен 1700-1800 м) орташа жоғары жауын-шашынмен сипатталады. Жауын — шашынның жылдық орташа мөлшері жылына шамамен 800-1000 мм құрайды.

$$R \approx 900 \text{ мм/жыл}$$

Топырақ түрі (K): Бұл аймақтағы топырақтар таулы рельеф пен мерзімді сел ағындарының әсерінен эрозияға бейім.

$$K \approx 0.4.$$

Көлбеу (LS): Көл тік беткейлері бар шатқалда орналасқан. Аудандағы көлбеудің орташа мәні $15-30^\circ$ жетуі мүмкін, бұл $LS \approx 2.0$ мәнін береді.

$$LS \approx 2$$

Өсімдік Жамылғысы (C): Көлдің айналасында қылқан жапырақты ормандар да, шабындықтар да бар. Өсімдік жамылғысы орташа.

$$C \approx 0.3.$$

Қорғаныс практикасы (P): Аумақ қорғалған, бірақ нақты агротехникалық шаралар жоқ.

$$P \approx 1.$$

RUSLE формуласы бойынша есептеу:

$$A = 900 \times 0.4 \times 2.0 \times 0.3 \times 1 = 900 \times 0.24 = 216 \text{ тонна/га}$$

Қорытынды: Есік көлі ауданында жыл сайынғы топырақ шығыны гектарына 216 тоннаны құрайды.

5-нүкте. Іле Алатауының таулы жерінде, Алматы маңында орналасқан Көлсай көлдері ауданы үшін RUSLE индексі. Көлсай көлінің географиялық координаттары: Ендік: 43.4674° С.Е., Бойлық: 77.7419° ш. б.



3.14-сурет – 5-нүкте топырақ кескіні

RUSLE есептеу параметрлері:

Жауын-Шашын (R): Көлсай көлдері аймағында климаты таулы, жауын-шашын көп, әсіресе жазда. Жауын-шашынның жылдық орташа мөлшері жылына шамамен 900-1000 мм құрайды. Орташа

$$R \approx 950 \text{ мм/жыл.}$$

Топырақ түрі (K): Бұл аймақтағы топырақтар таулы, таулы рельеф пен жауын-шашынның мол болуына байланысты жоғары эрозияға ұшырайды.

$$K \approx 0.4$$

Көлбеу (LS): Бұл аймақтағы жер бедері өте тік, әсіресе таулардың баурайында. Көлдердің айналасындағы таулы аймақ үшін орташа және жоғары көлбеу үшін қолайлы

$$LS \approx 2.2$$

Өсімдік Жамылғысы (C): Бұл аймақта өсімдіктер әр түрлі, төменгі биіктіктегі қылқан жапырақты ормандардан бастап альпілік шалғындарға дейін, биік жерлерде шөпті жерлерге дейін.

$$C \approx 0.3$$

Қорғаныс практикасы (Р): Көлсай көлдері аймағында баурайдағы орман екпелері сияқты шектеулі қорғаныс тәжірибелері қолданылуы мүмкін. Жалпы алғанда, қорғаныс практикасы минималды, әсіресе биік жерлерде.

$$P \approx 1$$

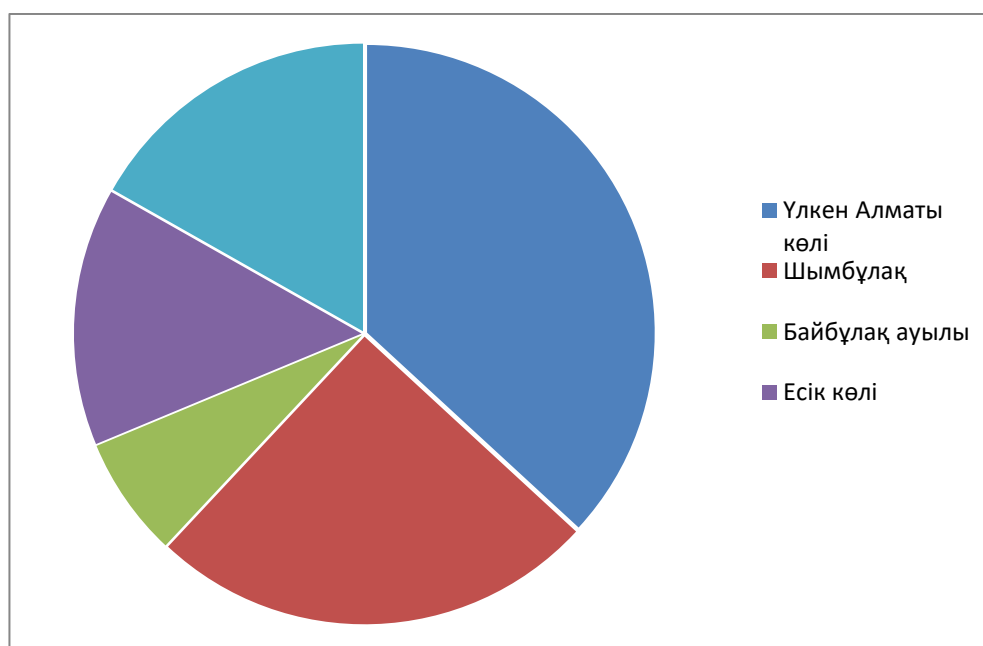
RUSLE формуласы бойынша есептеу:

$$A=950 \times 0.4 \times 2.2 \times 0.3 \times 1 = 950 \times 0.264 = 250.8 \text{ тонна/га}$$

Қорытынды: Көлсай көлдері аймағында күтілетін жылдық топырақ шығыны гектарына шамамен 250.8 тоннаны құрайды. Аймақтар бойынша топырақтың орташа шайылуы (3.6 кесте) дигаграма бойынша көрсетілуі (3.10-сурет).

Кесте 3.6 – Аймақ бойынша жылдық орташа топырақтың шайылуы

№	Аудан атауы	RUSLE (тонна/га)
1	Үлкен Алматы көлі	550
2	Шымбұлақ	375
3	Байбұлақ ауылы	100.8
4	Есік көлі	216
5	Көлсай көлдері	250.8
Орташа мән		298.52



3.15-сурет – Жыл сайынғы топырақ шығыны тонна/га (диаграмма)

3.6 Эрозияға қарсы шаралар және ұсыныстар

Іле Алатауы – еліміздің оңтүстік-шығысындағы күрделі морфологиялық құрылымға ие таулы өңір. Оның тік беткейлері мен биік шоқылары, климаттың ылғалды сипатта болуы және адам әрекетінің қарқындылығы бұл аумақты топырақ эрозиясына өте осал етеді. Осыған байланысты аймақта эрозияны тежеу мақсатында арнайы шараларды жобалау – экожүйелік тұрақтылықты сақтау мен ауыл шаруашылығының өнімділігін арттыруда шешуші рөл атқарады.

Эрозияға қарсы шаралар табиғи, экономикалық және экологиялық факторларды ескере отырып, кешенді түрде жүзеге асырылуы тиіс. Іле Алатауы жағдайында оларды үш негізгі бағытта қарастыруға болады: агротехникалық, инженерлік және биологиялық-экологиялық әдістер.

Агротехникалық шаралар. Агротехникалық әдістер – топырақты дұрыс өңдеу, егістік құрылымын оңтайландыру және өсімдік жамылғысын сақтау арқылы жүзеге асырылады. Бұл әдістер Іле Алатауының тау етегі мен орта биіктіктегі беткейлерінде тиімді.

- Контурлы өңдеу: Беткейлерде топырақты горизонталь бағытта жырту су эрозиясының алдын алады.

- Террасалау: Тік беткейлерде егістік жүргізу үшін сатылы террасалар жасау арқылы су ағынын бәсеңдетіп, топырақ шайылуын азайтуға болады.

- Көпжылдық шөп және сүрлемдік дақылдар егу: Бұл өсімдіктердің тамыр жүйесі топырақты ұстап тұруға ықпал етеді.

- Дақылдарды ауыстырып егу: Жердің құнарлылығын сақтау және эрозияны болдырмау үшін бір дақылды бірнеше жыл қатарынан екпей, ауыспалы егіс жүйесін қолдану қажет [14-15].

Инженерлік шаралар. Инженерлік әдістер – табиғи су ағыстары мен жел әсерін басқару үшін құрылыс элементтерін қолдану арқылы жүзеге асырылады.

- Бөгеттер мен жыралар бойында су ұстаушы құрылымдар (гидротехникалық тосқауылдар) салу: Бұл су ағынының жылдамдығын төмендетіп, шайылу көлемін азайтады.

- Арықтар мен дренаж жүйесін орналастыру: Су эрозиясына қарсы суды бағыттап ағызу үшін арықтарды және сүзгілік арналарды қолдану тиімді.

- Жыраларды бекіту: Жыралар мен сайлардың түбі мен қабырғаларын таспен, шөппен немесе торфпен нығайту арқылы топырақтың одан әрі шайылуына жол бермейді.

Биологиялық және экологиялық әдістер. Іле Алатауының биік белдеулерінде биологиялық әдістер экологиялық тепе-теңдікті сақтау мен табиғи ландшафттарды қорғауда ерекше маңызға ие.

- Орман жолақтарын қалпына келтіру: Тау бөктеріндегі бұрынғы орман алқаптарын қайта қалпына келтіру немесе жаңа қорғаныш белдеулер отырғызу эрозияны бәсеңдетіп, биологиялық әртүрлілікті сақтайды.

- Табиғи өсімдік жамылғысын сақтау: Шөптесін өсімдіктер мен бұталар топырақтың беріктігін арттырып, жел мен су эрозиясына қарсы тұрады.

- Мал жаю тәртібін реттеу: Малдың шамадан тыс жайылуы өсімдіктерді таптап, топырақты жалаңаштап, эрозия қаупін күшейтеді. Сондықтан мал жаю кезеңі мен көлемін табиғи жағдайларға сай реттеу қажет.

Ұсыныстар. Эрозияға бейім учаскелерді картографиялық әдістермен анықтап, басым қауіп төнген аумақтарды ерекше бақылауға алу қажет;

- Геоакпараттық жүйелерді (ГАЗ) пайдалана отырып, топырақ эрозиясының мониторингін тұрақты жүргізу;

- Жергілікті шаруашылықтарға арналған арнайы агротехникалық нұсқаулықтар әзірлеп, жер пайдаланушыларға оқыту семинарларын ұйымдастыру;

- Қорғалатын табиғи аумақтар жүйесін кеңейтіп, Іле Алатауындағы биологиялық әртүрлілікті сақтай отырып, эрозияға қарсы биологиялық белдеулер құру.

Іле Алатауындағы эрозияға қарсы шараларды тиімді жобалау үшін әрбір аймақтың табиғи, әлеуметтік және экономикалық ерекшеліктерін ескере отырып, кешенді және жүйелі түрде іске асыру қажет. Бұл тәсіл аймақтың экологиялық тепе-теңдігін сақтап, ауыл шаруашылығының тұрақты дамуына негіз болады [13-16].

ҚОРЫТЫНДЫ

Іле Алатауы – Қазақстанның оңтүстік-шығыс бөлігін алып жатқан ерекше табиғи кешен, әрі топырақ эрозиясы секілді күрделі табиғи-экологиялық құбылыстардың қарқынды жүріп жатқан аймағы. Осы дипломдық жұмыста Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестер жан-жақты зерттеліп, олардың қазіргі жағдайы мен даму динамикасы нақты деректер негізінде сараланды. Сонымен қатар, эрозияның таралуына әсер ететін табиғи және антропогендік факторлар анықталып, болашаққа бағытталған нақты ұсыныстар ұсынылды.

Зерттеу нәтижесінде анықталған ең басты тұжырым – Іле Алатауының тік беткейлері табиғи ерекшеліктеріне байланысты эрозиялық процестерге өте сезімтал. Жауын-шашынның мол түсуі, беткейлердің тік болуы және өсімдік жамылғысының сиреуі топырақтың шайылу қаупін күшейтіп отыр. Бұл жағдайды одан әрі күрделендіретін фактор - адам әрекетінің, әсіресе егіншілік пен мал шаруашылығының дұрыс ұйымдастырылмауы.

Бұл мәселенің алдын алу және эрозияны тежеу үшін келесі ұсыныстарды енгізу қажет:

Тік беткейлерде ауыл шаруашылығы мақсатындағы жер пайдалану құрылымын қайта қарап, эрозия қаупі жоғары аймақтарда егістік жұмыстарын шектеу;

Контурлы жырту, террасалау, көпжылдық шөптер егу және органикалық тыңайтқыштармен жұмыс істеу сияқты агротехникалық әдістерді енгізу;

Жыралар мен сайларда инженерлік-мелиоративтік құрылғылар орнату арқылы су ағыны мен топырақ шайылуын бақылау;

Эрозияға ұшыраған жерлерде орман отырғызу, табиғи өсімдік жамылғысын қалпына келтіру жұмыстарын жүргізу;

Қазіргі заманғы геоақпараттық технологияларды пайдалана отырып, эрозиялық үдерістерді жүйелі бақылау және болжау.

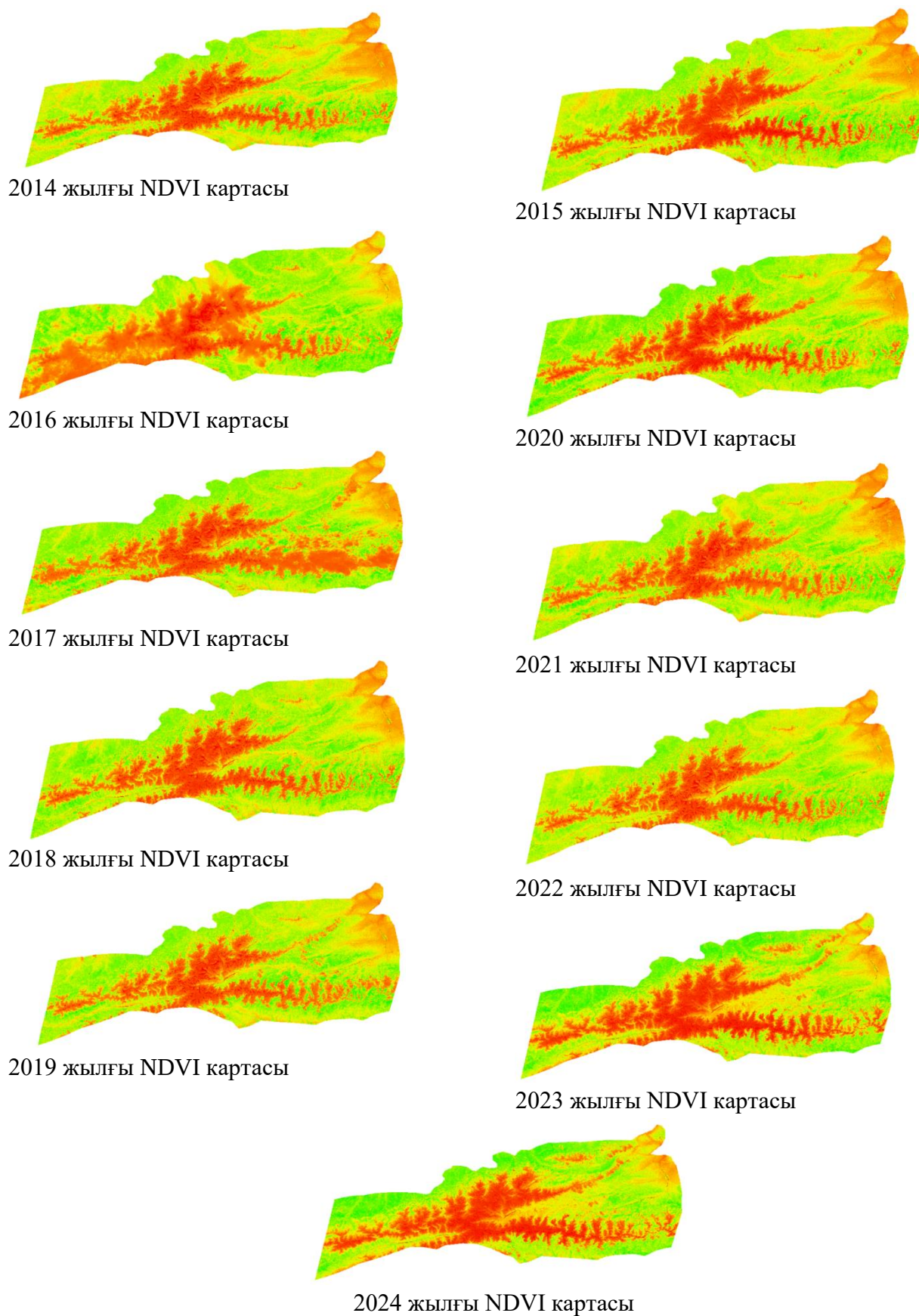
Зерттеудің ғылыми және тәжірибелік маңызы зор. Бұл жұмыс Іле Алатауындағы эрозиялық процестердің нақты ахуалын көрсетіп, жер ресурстарын тиімді басқарудағы өзекті мәселелерді шешуге бағытталған ұсыныстармен толықты. Дипломдық жұмыс барысында алынған нәтижелер табиғатты қорғау іс-шараларын жоспарлауда, ауыл шаруашылығын экологиялық негізде жүргізуде және өңірлік деңгейде жер пайдалану саясатын жетілдіруде пайдалы болмақ. Алдағы уақытта осы бағыттағы зерттеулерді кеңейтіп, Іле Алатауының басқа да бөліктерінде ұқсас зерттеу жүргізу, эрозияның ұзақмерзімді мониторинг жүйесін қалыптастыру және алынған деректер негізінде нақты өңірлік стратегиялар жасау маңызды. Бұл - табиғи байлықтарымызды келешек ұрпаққа аман-сау жеткізудің кепілі.

Асқар таулар елі – Іле Алатауын қорғау әрбіріміздің азаматтық әрі ғылыми борышымыз екенін ұмытпауымыз қажет.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

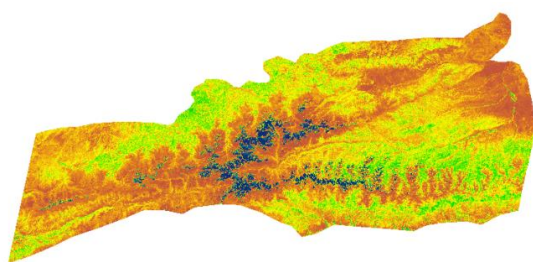
- 1 Омаров Т.М. Топырақтану негіздері. – Алматы: Эверо, 2020. – 176 б.
- 2 Жүсіпов Т.Л. Су эрозиясы: себептері мен алдын алу шаралары. – Қызылорда: Тұмар, 2021. – 121 б.
- 3 Дүйсенбаев С.Ж. Топырақ эрозиясы және оны болдырмау жолдары. – Алматы: Рауан, 2015. – 145 б.
- 4 Түсіпбеков Ж.Қ. Геоморфология негіздері. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – 198 б.
- 5 Исаков Ә.Ә. Топырақтың экологиялық жағдайы және оны қорғау. – Алматы: Экология, 2016. – 173 б.
- 6 Ахметов К.Ә. Қазақстанның физикалық географиясы. – Астана: Фолиант, 2018. – 180 б.
- 7 Исламұлы Е. Қазақстанның физика-географиялық аудандары. – Алматы: Ғылым, 2015. – 188 б.
- 8 Kazhydromet. «Эрозиялық өзгерістер мен климаттық факторлар» (Аналитикалық есеп). – Нұр-Сұлтан, 2021. – 42 б.
- 9 Түсіпбеков Н.Ж. Табиғи ландшафттар мен антропогендік факторлар. – Қарағанды: Болашақ, 2021. – 160 б.
- 10 ҚР Экология министрлігі. «Қазақстандағы эрозиялық процестердің мониторингі», 2022 ж. – 35 б.
- 11 Жанабаев М.Ф. Топырақ эрозиясын модельдеу әдістері. – Алматы: Ғылым, 2016. – 168 б.
- 12 Smith R. & Jones A. Mountain erosion dynamics. – Springer, 2019. – 154 p.
- 13 Назарбаев Н.Ә. Табиғатты пайдалану және қорғау. – Алматы: Қайнар, 2014. – 193 б.
- 14 Сарыбаев Б.С. Топырақ эрозиясы және оны болдырмау жолдары. – Шымкент: ОҚМУ баспасы, 2019. – 132 б.
- 15 Байсейітов Қ. Қазақстандағы эрозияға қарсы кешенді шаралар. – Алматы: Жеті Жарғы, 2015. – 184 б.
- 16 Ержанова А.К. Қазақстандағы табиғатты қорғау мәселелері. – Павлодар: ИнЕУ баспасы, 2018. – 137 б.
- 17 Смайылова Г.Р. Тау жоталарындағы геоморфологиялық процестер. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2016. – 203 б.

А Қосымшасы

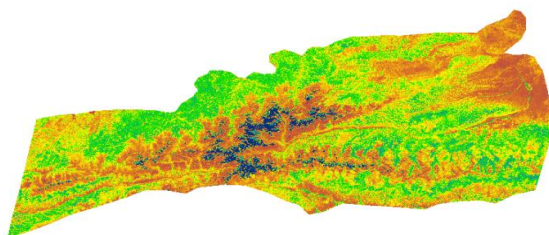


А.1-сурет – 2014-2024 жылғы аралығындағы NDVI картасы

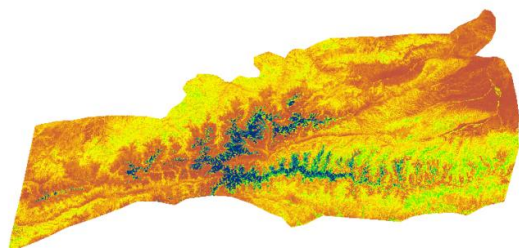
Б Қосымшасы



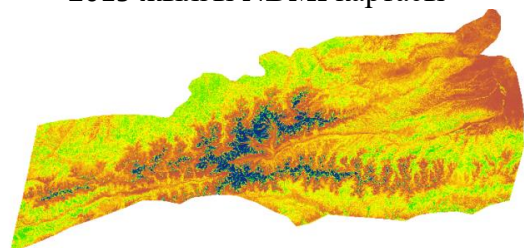
2014 жылғы NDMI картасы



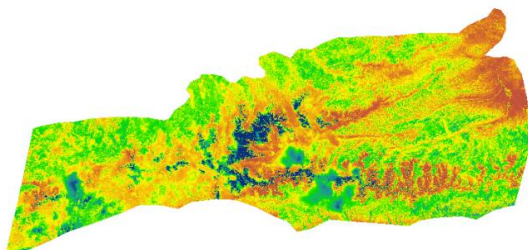
2019 жылғы NDMI картасы



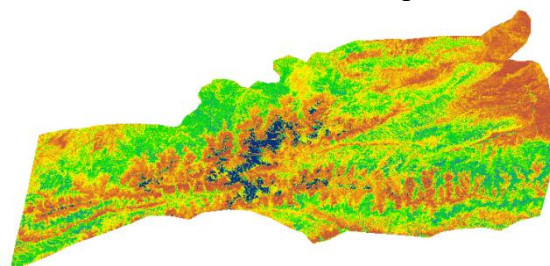
2015 жылғы NDMI картасы



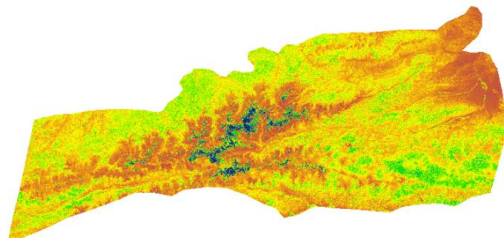
2020 жылғы NDMI картасы



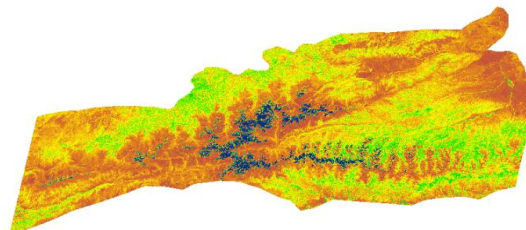
2016 жылғы NDMI картасы



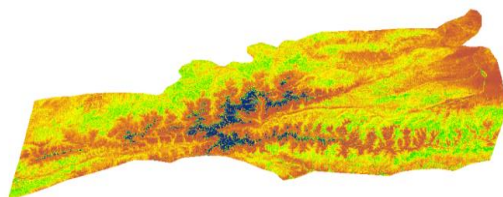
2021 жылғы NDMI картасы



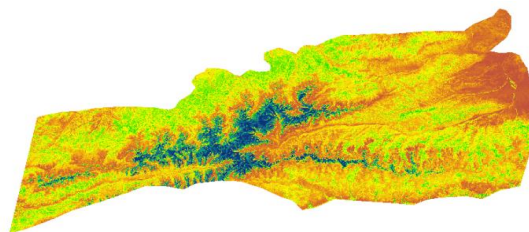
2017 жылғы NDMI картасы



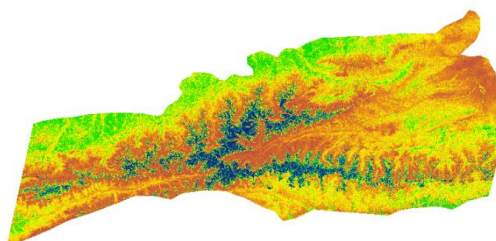
2022 жылғы NDMI картасы



2018 жылғы NDMI картасы



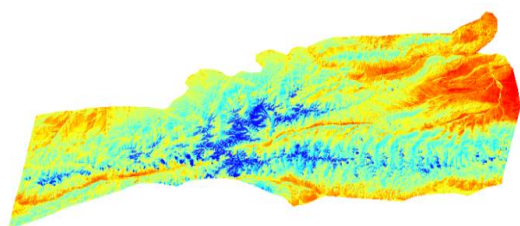
2023 жылғы NDMI картасы



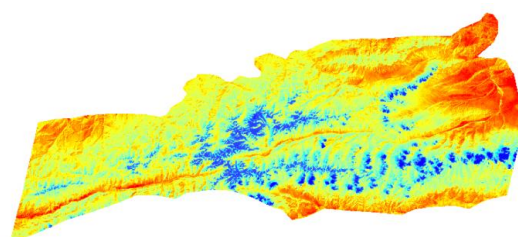
2024 жылғы NDMI картасы

Б.1-сурет – 2014-2024 жылғы аралығындағы NDVI картасы

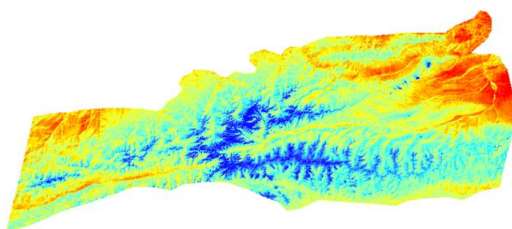
В Қосымшасы



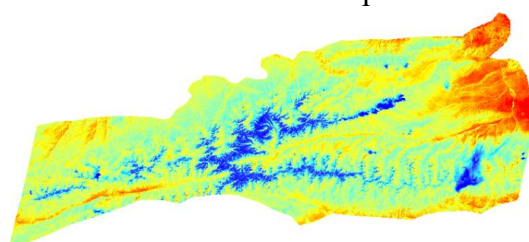
2014 жылғы LST картасы



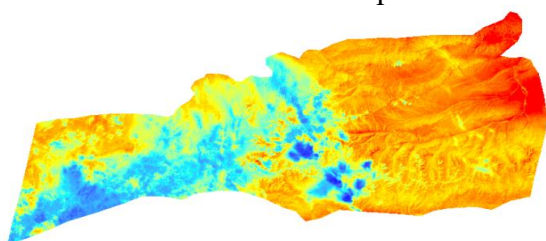
2019 жылғы LST картасы



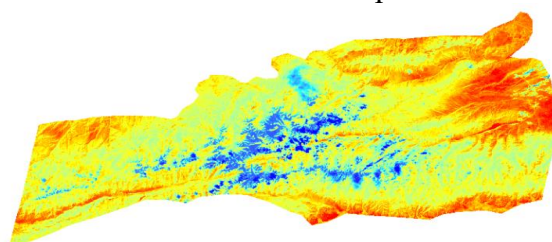
2015 жылғы LST картасы



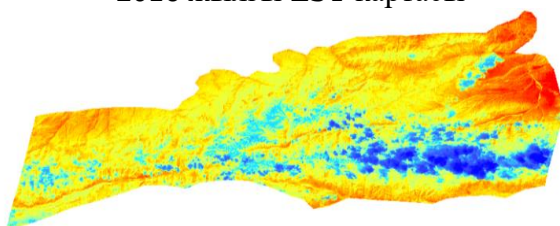
2020 жылғы LST картасы



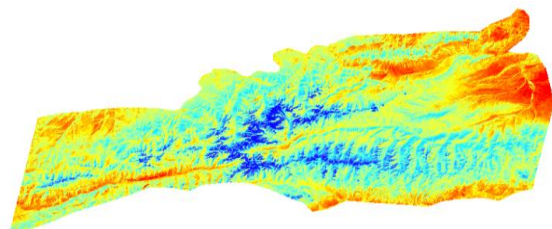
2016 жылғы LST картасы



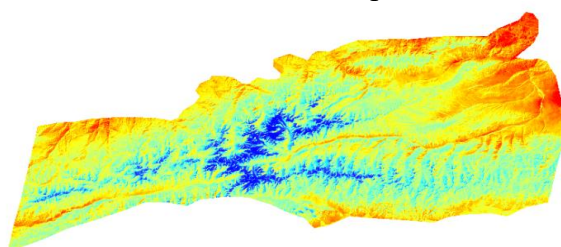
2021 жылғы LST картасы



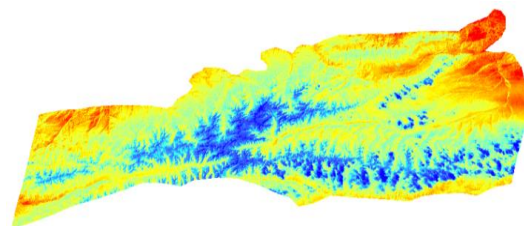
2017 жылғы LST картасы



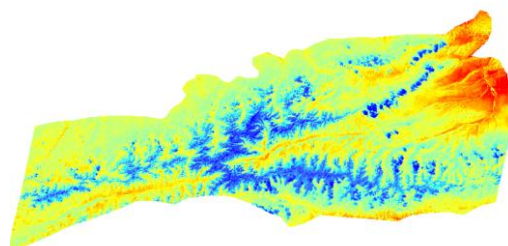
2022 жылғы LST картасы



2018 жылғы LST картасы



2023 жылғы LST картасы



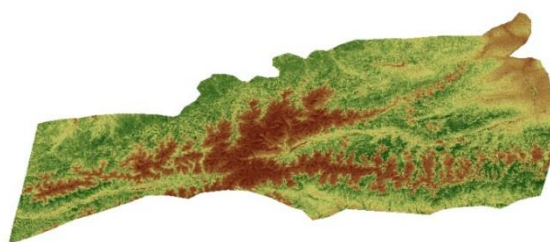
2024 жылғы LST картасы

В.1-сурет – 2014-2024 жылғы аралығындағы LST картасы

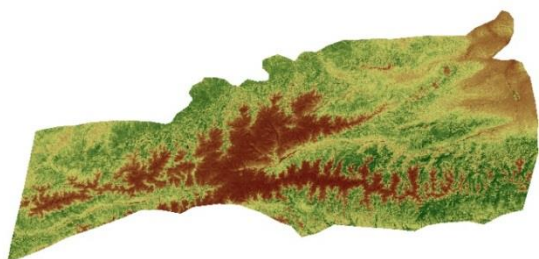
Г Қосымшасы



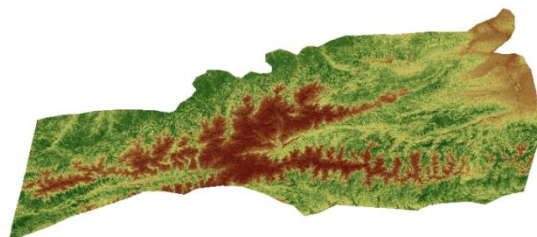
2014 жылғы SAVI индекс картасы



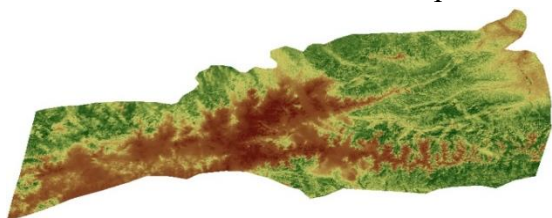
2019 жылғы SAVI индекс картасы



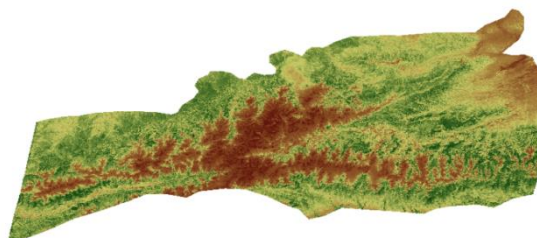
2015 жылғы SAVI индекс картасы



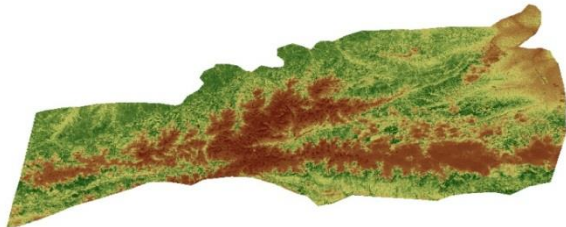
2020 жылғы SAVI индекс картасы



2016 жылғы SAVI индекс картасы



2021 жылғы SAVI индекс картасы



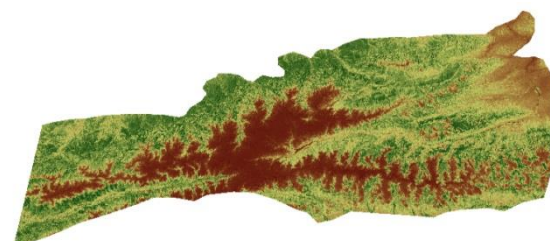
2017 жылғы SAVI индекс картасы



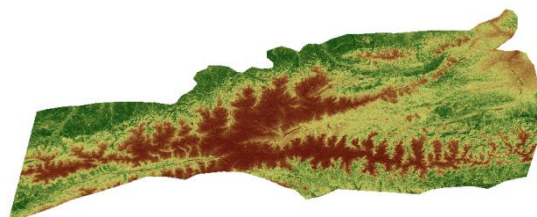
2022 жылғы SAVI индекс картасы



2018 жылғы SAVI индекс картасы



2023 жылғы SAVI индекс картасы



2024 жылғы SAVI индекс картасы

Г.1-сурет – 2014-2024 жылғы аралығындағы SAVI картасы

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Палжанов Елдос Насиридинұлы Оразбек Даниал Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу

Научный руководитель: Оқытушы Орынбасар Байтурбай

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.9

Микропробелы: 0

Знаки из других алфавитов: 18

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 02.06.2022

 Байтурбай
проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Палжанов Елдос Насиридинұлы Оразбек Даниал Ержанұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу

Научный руководитель: Оқытушы Орынбасар Байтурбай

Коэффициент Подобия 1: 5.6

Коэффициент Подобия 2: 1.9

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 18

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 02.06.25г



Заведующий кафедрой

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Палжанов Елдос, Оразбек Даниал

6B07304 – «Геокеңістік цифрлық инженерия»

Тақырыбы: **Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу**

Дипломдық жұмыс мазмұны мен құрылымы жағынан жүйелі әрі ғылыми тұрғыда негізделген кешенді зерттеу болып табылады. Зерттеу жұмысы жұмыс Іле Алатауының тік беткейлерінде жүретін эрозиялық процестердің сипатын, пайда болу себептерін және олардың аймақтың экологиялық жағдайына әсерін зерттеу және қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, 2014-2024 жылдар аралығындағы Іле Алатауының тік беткейлерінде эрозиялық үрдістерге байланысты топырақ, өсімдік жамылғысының және эрозиялық үрдістерінің өзгеру динамикасына талдау жасалынған.

Жұмыстың мақсаты – Іле Алатауының тік беткейлеріндегі топырақ эрозиялық үрдістерін талдау арқылы олардың қоршаған ортаға қауіптілігін болжау, алдын алу және мониторинг жасау жұмыстарының ұстыныстарын әзірлеген.

Жұмысты орындау барысында эрозияның негізгі себептері қарастырылып, қашықтықтан зондтау және ГАЗ технологиялары арқылы топырақ эрозиясының өзгерістерін картада салыстырмалы талдап көрсеткен және оларға мониторинг жүргізілген.

Жалпы, дипломдық жұмыс зерттеу тақырыбына және жоғары оқу орнының ғылыми-әдістемелік талаптарына толықтай сәйкес келеді. Жұмыс мазмұны заманауи әдістермен орындалған, аналитикалық және қолданбалы аспектілер оңтайлы үйлестірілген. Осыған орай, дипломдық жұмысты 98% балл (өте жақсы) деп бағалап, Палжанов Елдос, Оразбек Даниал бакалавр академиялық дәрежесін беруге және жұмысты қорғауға жіберуге ұсынамын.

Ғылыми жетекші
PhD қауымдастырылған профессор
«02» 06 2025ж.



Токтар Мұрат

СЫН – ПІКІР

Дипломдық жұмысқа
(жұмыс түрлерінің атауы)

Палжанов Елдос, Оразбек Даниал
(оқушының аты жөні)

6B07304 – Геокеңістіктік цифрлық инженерия
(БББ атауы мен шифрі)

Тақырыбы: Іле Алатауының тік беткейлеріндегі эрозиялық процестерді зерттеу

Орындалды:

- а) слайдтық бөлім 20 парак
- б) түсініктеме 40 бет

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Дипломдық жұмыс Іле Алатауының тік беткейлерінде жүретін эрозиялық процестердің сипатын, себептерін және олардың аймақтың экологиялық жағдайына әсерін зерттеу және қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, 2014-2024 жылдар аралығындағы Іле Алатауының тік беткейлерінде эрозиялық үрдістерге байланысты топырақ, өсімдік жамылғысының және эрозиялық үрдістерінің өзгеру динамикасына талдау жасалынған.

Жұмыс құрылымы жүйелі: кіріспе, үш негізгі бөлім, қорытынды және пайдаланылған әдебиеттерден тұрады. Әр бөлім нақты мақсатқа бағытталған және логикалық тұрғыда бір-бірімен байланысып жатыр. Ғылыми стиль сақталған, суреттер мен кестелер орынды қолданылған.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Ізденушілердің жұмыстарын және презентацияларын жан-жақты талдай отырып, Палжанов Елдос және Оразбек Даниалдың дипломдық жұмысы барлық стандарттық талаптарға сай, жұмыс зерттеу тақырыбына сәйкес толықтай қарастырылып, жоғары деңгейде орындаған. Жұмысы 98 - «өте жақсы» деген бағаға лайық.

Пікір беруші: Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ т.ғ.к. доцент

Т.Д.Джоламанов

«03»

06

2025 ж.

