менен жаңылоо жана муниципалдык деңгээлде бирдиктүү санариптик реестрди түзүүнүн методикалык негиздерин иштеп чыгуу сунушталат.

Адабияттар

1. Abd-Elrahman, A. H., Thornhill, M. E., Andreu, M. G., & Escobedo, F. (2010). A community-based urban forest inventory using online mapping services and consumer-grade digital images. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 12(4), 249–260. https://doi.org/10.1016/j.jag.2010.03.003
2. Ossola, A. et al. (2020). The Global Urban Tree Inventory: A database of the diverse tree flora that inhabits the world’s cities. Global Ecology and Biogeography, 29(11), 1907–1914. https://doi.org/10.1111/geb.13169
3. Кыргыз Республикасынын Жогорку Кеңеши. Экология жана айлана-чөйрөнү коргоо боюнча тармактык комитеттин расмий маалыматтары. Электрондук ресурс. https://kenesh.kg/kg/posts/17841
4. Паленова М. М., Коротков В. Н., Нотов А. А., Сильнягина Г. В., Кинигопуло П. С., Золина т. А.,Югов а. Н. Состояние и задачи совершенствования учета и оценки видового разнообразия древесных и кустарниковых растений в лесном хозяйстве // лесохозяйственная информация. 2022. №4.
5. Валетов Тимур Якубович применение открытых картографических сервисов (google, яндекс, osm) при создании исторических гис: разработка цифровой карты транссибирской магистрали // Историческая информатика. 2021. №3 (37).
6. Толкач Игорь Владимирович, Шульга Екатерина Александровна определение высот и диаметров крон деревьев по данным лидарной съемки // Труды БГТУ. Серия 1: Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2024. №1 (276).

УДК: 504.4:551.311.2(575.2)

ЖЕР КӨЧКҮДӨН ДЕГРАДАЦИЯЛАНГАН ЖЕР КЫРТЫШЫН КАЛЫБЫНА КЕЛТИРҮҮ: КЛИМАТТЫН ӨЗГӨРҮҮ ШАРТТАРЫНДА КЫРГЫЗСТАНДЫН ТҮШТҮГҮНДӨГҮ ТОКОЙ-МЕЛИОРАЦИЯЛЫК ИШ-ЧАРАЛАР ЖАНА ТОО ЭКОСИСТЕМАЛАРЫН БИОРЕКУЛЬВАЦИЯЛОО

Артыкбаев Сейитгазы Адилбекович, Ош технологиялык университети, окутуучу
ORCID: 0009-0003-2648-9852, st_artykbaev@mail.ru
Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович, а-ч.и.д., профессор Ош технологиялык университети
ORCID: 0009-0007-8648-4446, shamshiev@list.ru
Аккулов Абдижапар Ураимович г.и.к., доцент Ош мамлекеттик университети
ORCID: 0009-0006-7432-3605, akkulov.tue@mail.ru

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕГРАДИРОВАННОГО ОПОЛЗНЕМ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА: ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ И БИОРЕКУЛЬВАЦИЯ ГОРНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮГА КЫРГЫЗСТАНА В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА

Артыкбаев Сейитгазы Адилбекович, Ошский технологический университет, преподаватель
ORCID: 0009-0003-2648-9852, st_artykbaev@mail.ru
Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович, д.с-х.н., профессор
Ошский технологический университет
ORCID: 0009-0007-8648-4446, shamshiev@list.ru
Аккулов Абдижапар Ураимович, к.г.н., доцент

Ошский государственный университет
ORCID: 0009-0006-7432-3605, akkulov.tue@mail.ru

RESTORATION OF LANDSLIDE-DEGRADED SOIL COVER: FOREST RECLAMATION MEASURES AND BIORECULTIVATION OF MOUNTAIN ECOSYSTEMS IN SOUTHERN KYRGYZSTAN IN THE CONTEXT OF CLIMATE CHANGE

Artykbaev Seyitgazy Adilbekovich, Osh Technological University
ORCID: 0009-0003-2648-9852, st_artykbaev@mail.ru
Shamshiev Bakytbek Nurkambarovich, Dr. of Agricultural Sciences, Professor
Osh Technological University
ORCID: 0009-0007-8648-4446, shamshiev@list.ru
Akkulov Abdijapar Uraimovich, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor
Osh State University
ORCID: 0009-0006-7432-3605, akkulov.tue@mail.ru

Аннотация. Макалада Кыргызстандын түштүгүндөгү тоолуу экосистемалардын жер көчкү процесстеринин натыйжасында бузулган жана деградацияга учураган топурак катмарын калыбына келтирүүнүн илимий жана практикалык аспектилери каралат. Өзгөн районундагы «Курбу-Таш» илимий-өндүрүштүк участогунун мисалында глобалдык климаттын өзгөрүшүнүн шарттарында жерлерди экологиялык жактан калыбына келтирүүнүн өзгөчөлүктөрү изилденет.
Авторлор тарабынан токой-мелиорациялык иш-чаралардын комплексин, биологиялык рекультивация ыкмаларын жана заманбап санариптик мониторинг каражаттарын киргизүүнүн натыйжалары сунушталган. Атап айтканда, GPS аркылуу координаттарды аныктоо, ERA5-Land климаттык кайра талдоо маалыматтары, NASA, JAXA жана ESA платформаларынын спутниктик NDVI индекстери, ошондой эле географиялык маалыматтык системалардын (ГИС) технологиялары колдонулган.
Изилдөөнүн жүрүшүндө жер көчкүлөрдүн активдешүүсүнө таасир этүүчү негизги гидрометеорологиялык факторлор жана өсүмдүк катмарынын деградациясынын критикалык баскычтары аныкталган. Санариптик мониторингди токой-мелиорациялык иш-чаралар менен интеграциялоонун тоолуу аймактардын экологиялык туруктуулугун жогорулатуудагы натыйжалуулугу негизделген.
Ачкыч сөздөр: тоолуу экосистемалар, жер көчкү процесстери, топурактын деградациясы, токой-мелиорациясы, биологиялык рекультивация, климаттын өзгөрүшү, ERA5-Land, NDVI, Курбу-Таш.

Аннотация. В статье рассматриваются научные и практические аспекты восстановления деградированного почвенного покрова горных экосистем юга Кыргызстана, нарушенного в результате оползневых процессов. На примере научно-производственного участка «Курбу-Таш» (Узгенский район) исследуются особенности экологической реабилитации земель в условиях глобального изменения климата. Автором представлены результаты внедрения комплекса лесомелиоративных мероприятий, биорекультивации и современных цифровых инструментов мониторинга (GPS-координация, климатический реанализ ERA5-Land, спутниковые индексы NDVI платформ NASA, JAXA, ESA и ГИС-технологии). Выявлены ключевые гидрометеорологические триггеры активизации оползней и критические фазы деградации растительного покрова. Обоснована высокая эффективность интеграции цифрового мониторинга и лесомелиорации для повышения экологической устойчивости горных регионов.

Ключевые слова: горные экосистемы, оползневые процессы, деградация почв, лесомелиорация, биорекультивация, изменение климата, ERA5-Land, NDVI, Курбу-Таш.

Annotation. The article discusses the scientific and practical aspects of restoring the degraded soil cover of mountain ecosystems in southern Kyrgyzstan, disrupted by landslide processes. Using the example of the Kurbu-Tash research and production site (Uzgen district), the features of the ecological rehabilitation of lands in the context of global climate change are studied. The author presents the results of the implementation of a complex of forest management measures, biorecultivation and modern digital monitoring tools (GPS coordination, climate reanalysis ERA5-Land, NDVI satellite indexes of NASA, JAXA, ESA platforms and GIS technologies). The key hydrometeorological triggers of landslide activation and critical phases of vegetation degradation have been identified. The high efficiency of the integration of digital monitoring and forest reclamation to increase the environmental sustainability of mountain regions is substantiated.
Keywords: mountain ecosystems, landslide processes, soil degradation, forest reclamation, biorecultivation, climate change, ERA5-Land, NDVI, Kurbu-Tash.

Киришүү. Климаттын заманбап глобалдык өзгөрүү шарттарында Борбордук Азиянын тоолуу региондорунун экосистемалары интенсивдүү антропогендик жана табигый таасирлерге дуушар болуп, коркунучтуу экзогендик процесстерге өтө алсыз болуп калууда. [2, 6, 21]. Алардын арасында жер көчкүлөр жана топурактын эрозиясы өзгөчө орунду ээлейт, жер ресурстарына, инфраструктурага жана экологиялык тең салмактуулукка олуттуу зыян келтирет. [9, 13, 18]. Кыргыз Республикасынын аймагынын көпчүлүк бөлүгүн бийик тоолуу жана тоо этектериндеги ландшафттар ээлегендиктен, деградацияланган жерлерди комплекстүү калыбына келтирүү, эрозияны алдын алуу жана тоо капталдарын коргоо маселелери стратегиялык мамлекеттик маниге ээ. [1, 10, 14]. Жер көчкү менен күрөшүүнүн жана деградацияланган аймактарды калыбына келтирүүнүн салттуу ыкмалары дисциплиналар аралык мамиленин негизинде дайыма өркүндөтүүнү талап кылат. Акыркы жылдары классикалык токойду калыбына келтирүү жана биомелиорация чараларын алдыңкы санариптик технологиялар менен синергиялоо бул көйгөйлөрдү чечүүнүн натыйжалуу куралына айланды [3, 8, 11]. Глобалдык позициялоо системаларын (GPS), гидрометеорологиялык кайра талдоону (ERA5-Land) [17], NASA, JAXA, ESA космостук платформаларынын маалыматтарына негизделген өсүмдүктөрдүн индекстеринин спутниктик мониторингин (NDVI) [19], ошондой эле ГИС моделдөөсүн (LULC) [20] колдонуу мейкиндик талдоо, калыбына келтирүү иштерин так пландаштыруу жана экологиялык тобокелдиктерди эрте эскертүү үчүн принципиалдуу жаңы мүмкүнчүлүктөрдү ачат [5, 16].

Бул изилдөөнүн максаты - Курбу-Таш участогундагы (Өзгөн району) жер көчкүдөн бузулган топурак жана өсүмдүк каптоосунун экологиялык туруктуулугун жана калыбына келтирүү динамикасын заманбап санариптик куралдарды жана токойду калыбына келтирүү ыкмаларын колдонуу менен баалоо.

Бул максатка жетүү үчүн төмөнкү максаттар чечилди:

- ERA5-Жерди кайра талдоо маалыматтарын колдонуу менен жер көчкүнүн активдешүүсүнүн климаттык факторлорун жана жаан-чачындын себептерин талдоо;

- изилдөө аймагындагы өсүмдүктөр индексинин (NDVI) жана ландшафт контурунун трансформациясынын (LULC) узак мөөнөттүү динамикасын баалоо;

- татаал тоо капталдарында токойду калыбына келтирүү иштерин жүргүзүүдө максаттуу GPS координациясынын жана биомелиорациянын натыйжалуулугун илимий жактан негиздөө.

Иштин практикалык мааниси иштелип чыккан илимий-методологиялык ыкмаларды жана спутниктик мониторинг протоколдорун (анын ичинде Sentinel-2 маалыматтарын) Кыргызстандын тоолуу жер көчкү зоналарындагы тобокелдиктерди алдын алуу максатында мамлекеттик башкаруу жана экологиялык пландаштыруу практикасына киргизүү мүмкүнчүлүгүндө жатат.

ИЗИЛДӨӨ ЫКМАЛАРЫ ЖАНА МАТЕРИАЛДАРЫ

Изилдөө жана практикалык иштер үчүн негизги сыноо аянты катары 2017-жылы ири жер көчкү болгон Курбу-Таш илимий-өндүрүштүк аянты (Өзгөн району, Ош облусу, Кыргыз Республикасы) тандалып алынган [4, 15]. Изилдөө аянтынын жалпы аянты болжол менен 100 гектарды түзөт. Бул жер татаал тоолуу рельеф, тик капталдары жана топурактын эрозияга жана жер көчкү процесстерине жогорку деңгээлде аялуулугу менен мүнөздөлөт.

Изилдөө комплекстүү жана жер алдындагы токойду калыбына келтирүү иштеринин, геодезиялык позициялоонун, гидрометеорологиялык кайра талдоо жана Жерди аралыктан зонддоонун (ЖАЗ) айкалышына негизделген. Төмөнкү заманбап ыкмалар жана технологиялар колдонулган:

1. GPS координациясы (талаа ыкмасы): Бул ыкма так мейкиндик шилтемеси жана татаал, деградацияланган капталдарга бак-даректардын жана бадалдардын көчөттөрүн жайгаштыруу үчүн колдонулат [3, 12]. Жогорку тактыктагы GPS позициялоону колдонуу топурактын бузулган локалдашкан жерлерин аныктоого мүмкүндүк берет, эрозия коркунучу жогору болгон жерлерге максаттуу отургузууну камсыздайт, бул тамыр системасынын тез өнүгүшүнө жана топуракты турукташтырууга өбөлгө түзөт.

2. Климаттык анализ жана жаан-чачын (ERA5-Land): Гидрометеорологиялык факторлорду баалоо үчүн ERA5-Land (Коперниктин климаттын өзгөрүшү кызматы) кайра анализинин [17] ири маалыматтары колдонулган. 2017-жылдын январынан 2026-жылдын июлуна чейинки мезгилде саат сайын жаан-чачындын жана кардын эришинин интенсивдүүлүгүнүн терең ретроспективдүү анализи жүргүзүлдү. Бул жер көчкү процесстеринин активдешүүсүн шарттаган жаан-чачындын маанилүү босоголорун аныктоого мүмкүндүк берди.

3. Спутниктик мониторинг жана ГИС технологиялар (QGIS / ArcGIS): NASA, JAXA жана ESA сыяктуу эл аралык платформалардан алынган космостук маалыматтарды колдонуу менен алыстан зонддоо жүргүзүлдү.

- Өсүмдүктөрдүн индекстерин талдоо (NDVI): 2021-жылдан 2026-жылга чейин Курбу-Таш участогунда өсүмдүктөрдүн калыбына келүү динамикасын жана фитоценоздун басуу даражасын баалоо үчүн NDVI маанилери эсептелген.
- LULC (жерди пайдалануу жана жер каптоо) классификациясы: ГИС моделдөө жана жерди пайдалануну классификациялоо ыкмалары 2022–2026-жылдар аралыгында ландшафт контурларындагы структуралык өзгөрүүлөрдү (айыл чарба жерлеринин, бадалдардын жана токойлордун катышы) көзөмөлдөөгө мүмкүндүк берди, бул натыйжалуу экологиялык пландаштыруу үчүн зарыл.

Бул санариптик куралдарды жана талаа ыкмаларын интеграциялоо алынган маалыматтардын жогорку ишенимдүүлүгүн камсыз кылат жана тоо экосистемаларын алдын алуучу мониторинг жүргүзүү үчүн ишенимдүү негиз түзүүгө мүмкүндүк берет.

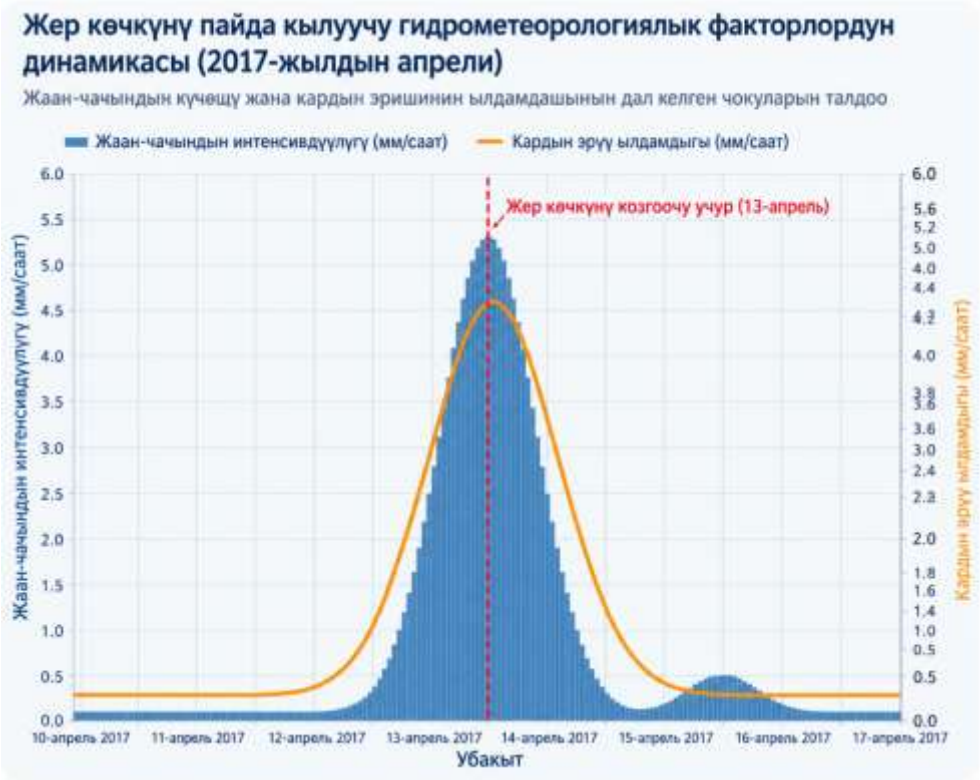
НЕГИЗГИ НАТЫЙЖАЛАР ЖАНА ТАЛКУУ

Комплекстүү изилдөөлөр учурунда алынган маалыматтар бизге Курбу-Таш участогунун экологиялык туруктуулугун деталдуу баалоо жүргүзүүгө, топурактын деградациясынын негизги себептерин аныктоого [9, 13] жана токойду калыбына келтирүү иш-чараларынын натыйжалуулугун баалоого мүмкүндүк берди.

1. Климаттык анализ жана жаан-чачынды баалоо (ERA5-Land)

2017-жылдын январынан 2026-жылдын июлуна чейинки мезгилдеги ERA5-Land кайра анализинен [17] алынган сааттык гидрометеорологиялык маалыматтарды талдоо бизге Курбу-Таш айылынын жанындагы (Өзгөн району, Ош облусу) жер көчкү участогунун изилденген аймагында жер көчкү процесстеринин күчөшүнүн так себептерин аныктоого мүмкүндүк берди.

2017-жылдагы жер көчкүнүн себеби: 2017-жылдын 13-апрелинде суюк жаан-чачындын максималдуу көлөмү саатына 5,1–5,5 ммге жеткен. Бул чоку мезгилдүү кар катмарынын интенсивдүү эрүү мезгилине дал келип, топурактын нымдуулугунун кескин төмөндөшүнө жана капталдардын бекемдигинин жоголушуна алып келген. Жыйынтыктар катуу жаан-чачындын жана кардын эришинин айкалышы Түштүк Кыргызстандын тоо этектериндеги кыйратуучу экзогендик процесстердин негизги себеби экенин тастыктайт.



2. Спутниктик мониторинг маалыматтарына негизделген NDVI өсүмдүктөр индексинин динамикасы (2021–2026)

NASA жана JAXA спутниктик платформаларын колдонуу менен өсүмдүктөрдүн мейкиндик-убакыт динамикасын баалоо [16] Курбу-Таш участогунун экосистемасындагы калыбына келүү жана экологиялык стресстин даражасын чагылдырды:

Минимумдарды талдоо (2024): 2024-жылы NDVI өсүмдүктөр индекси -0,636 минимумга чейин кескин төмөндөөнү каттаган. Бул терең терс маани эрозия процесстеринин локалдашкан күчөшүн, тамыр системасынын деградациясын жана фитоценоздун кеңири басылышын көрсөтүп турат. Бул факт активдүү кийлигишүүсүз (токой өстүрүү жана биомелиорация), жер

көчкүдөн жабыркаган капталдардын табигый түрдө өзүн-өзү калыбына келиши өтө жай жана экинчилик тобокелдиктерге дуушар болорун далилдейт [7].

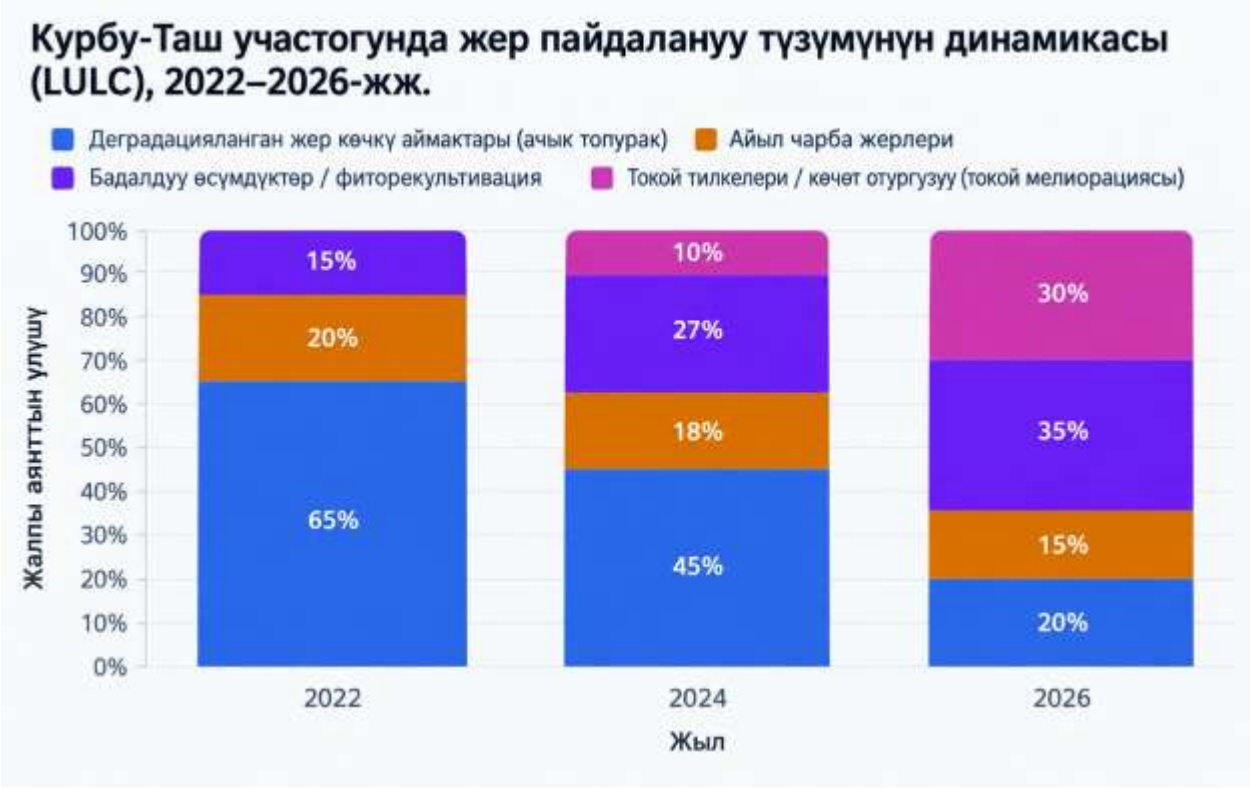
Курбу-Таш участогундагы өсүмдүк каптоосунун мейкиндик-убакыт динамикасын элестетүү үчүн, 2021–2026-жылдар аралыгындагы NDVI (Багытталбаган өсүмдүктөр индекси) графиги төмөндө келтирилген.

График 2024-жылы индекстин -0,636га чейин кескин төмөндөшүн так көрсөтүп турат, бул активдүү калыбына келтирүү аракеттери башталганга чейин максималдуу экологиялык стресс, эрозия жана фитоценоздун деградация фазасын чагылдырат.



3. Ландшафтты трансформациялоо жана LULC классификациясы (2022–2026).

Жерди пайдалануу классификациялоо (LULC) үчүн ГИС моделдөөсүн [5] (QGIS/ArcGIS) колдонуу бизге 2022–2026-жылдарга карата ландшафт контурларындагы структуралык жылыштарды аныктоого мүмкүндүк берди. Бадалдардын, жаңы түзүлгөн токой тилкелеринин жана айыл чарба жерлеринин пропорцияларынын кайра бөлүштүрүлүшү катталды. Бул капталдарды инженердик жана биологиялык жактан турукташтырууга багытталган практикалык мелиорациялык чаралардын натыйжалуулугун тастыктайт [8].



4. Беш жылдык эксперименталдык мезгилде ландшафт контурунун түзүлүшүнүн динамикасын талдоо (жогорку сүрөттү караңыз) ачык эрозияга учураган топурактардын аянтынын кыскарышына карай ырааттуу тенденцияны көрсөттү.

2022-жылы "Деградацияланган жер көчкү" классы басымдуулук кылса (Курбу-Таш изилдөө аймагынын жалпы аянтынын 65%), 2026-жылга карата анын үлүшү 20% га чейин төмөндөгөн. Бул тоо капталдарын максаттуу инженердик жана биологиялык турукташтыруу аркылуу мүмкүн болду.

Деградацияланган аймактардын биринчи кезекте алмаштырылышы эки максаттуу класстын пайдасына болду:

1. Токой тилкелери жана мелиорациялык отургузуулар: алардын үлүшү 2022-жылы 0% дан 2026-жылы 30% га чейин жогорулады, бул мелиорациялык иш-чаралардын алкагында бак-дарак өсүмдүктөрүнүн жогорку жашоо деңгээлин тастыктады.

2. Бадалдардын бадалдары жана фиторекиляция (көп жылдык чөптөр): бул контур 15% дан 35% га чейин кеңейип, беттин жуулушунун жана лесстин экинчилик эрозиясынын өнүгүшүнө тоскоол болгон тыгыз чым катмарын түздү.

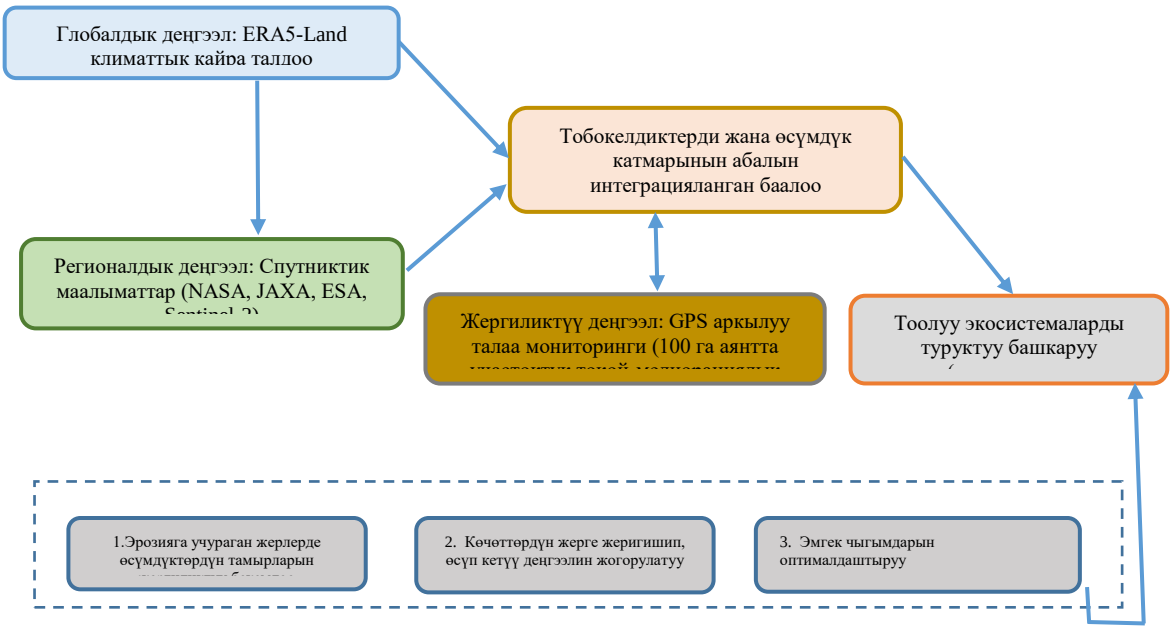
GPS координациясынын жана токойлорду калыбына келтирүүнүн натыйжалуулугу. Болжол менен 100 гектар жерге көчөттөрдү отургузуу боюнча талаа тажрыйбасы GPS координациясынын жогорку натыйжалуулугун көрсөттү. Тоолуу микрорельефтин татаал шарттарында ар бир өсүмдүктү топурактын бузулган жерлерине так жайгаштыруу төмөнкүлөрдү камсыз кылат:

• эң аялуу эрозия зоналарында тамыр системасынын бекем бекитилишин;

• жергиликтүү микроклиматтык жана литологиялык шарттарды эске алуу менен көчөттөрдүн жашоо деңгээлин жогорулатууну;

• комплекстүү токойлорду калыбына келтирүү долбоорлорун ишке ашырууда эмгек чыгымдарын жана ресурстарды оптималдаштырууну.

Тоолуу экосистемаларды мониторингдөө жана башкаруунун көп деңгээлдүү технологияларын интеграциялоо түзүмү («Курбу-Таш» участогу)



Жергиликтүү адаптациянын натыйжалары

Ошентип, гидрометеорологиялык кайра талдоону (ERA5-Land), спутниктик мониторингди (NASA, JAXA, ESA) жана так талаа ыкмаларын (GPS) интеграциялоо экологиялык тобокелдиктерди алдын ала айтуу үчүн ишенимдүү негиз түзөт. Жыйынтыктар тоо экосистемаларын туруктуу башкаруу аймактык жана улуттук пландаштыруу практикасында үзгүлтүксүз мониторинг протоколдорун (мисалы, Sentinel-2 спутниктерин колдонуу менен) ишке ашырууну талап кылаарын көрсөтүп турат.

ЖЫЙЫНТЫКТАР. Курбу-Таш жер көчкү массивин комплекстүү изилдөөнүн негизинде төмөнкү негизги жыйынтыктар түзүлгөн:

1. Деградациянын триггер механизми: ERA5-Land кайра анализинин маалыматтарын комплекстүү талдоо көрсөткөндөй, катастрофалык жер көчкүнүн триггери жогорку интенсивдүү жаан-чачындын (5,1–5,5 мм/саат) жана жазгы кардын активдүү эришинин критикалык конвергенциясы болуп, лесс топурактарынын толук суюлушуна жана бириккендигинин жоголушуна алып келген.

2. Аралыктан зонддоонун индикатордук ролу: NDVI индексин баалоо үчүн NASA жана JAXA архивдерин колдонуп, биз 2024-жылы терең экологиялык кризисти аныктай алдык (минимум - 0,636), жасалма токойлорду калыбына келтирбестен ландшафтты өзүнөн-өзү калыбына келтирүү мүмкүн эместигин илимий жактан негиздедик. 2026-жылга чейин LULC түзүмүн ГИС моделдөө деградацияланган жерлердин үлүшүнүн 65% дан 20% га чейин төмөндөгөнүн каттады.

3. Так жерди рекультивациялоонун натыйжалуулугу: GPS координациясын колдонуу менен болжол менен 100 гектар бузулган жерди рекультивациялоо боюнча өндүрүштүк тажрыйба көчөттөрдү микро-максаттуу отургузуу экстремалдык рельеф шарттарында биотанын

максималдуу сакталышын камсыз кылаарын жана материалдык-техникалык чыгымдарды оптималдаштыраарын тастыктады.

4. Өндүрүш боюнча сунуштар: Түзүлгөн үч компоненттүү мониторинг матрицасы (Климат + Спутниктер + GPS) тиешелүү ведомстволордун (КР Өзгөчө кырдаалдар министрлиги, Токой чарба министрлиги) практикасында ишке ашыруу үчүн сунушталат, ал Кыргызстандын тоо этектериндеги жер көчкү коркунучун алдын алуу үчүн туруктуу Sentinel-2 байкоо протоколдорунун негизинде түзүлгөн.

Колдонулган адабияттар:

1. Абдыкадыров Т.А. Мониторинг и прогнозирование опасных экзогенных геологических процессов на территории Южного Кыргызстана / Т. А. Абдыкадыров // Известия Национальной академии наук Кыргызской Республики. — 2018. — № 3. — С. 45–51.
2. Аккулов А.У. Тоо экосистемаларын климаттын өзгөрүү шартында коргоо жолдору // Кыргыз Республикасынын Улуттук илимдер академиясынын Кабарлары. — Бишкек, 2024. — № 2. — Б. 42–48.
3. Аккулов А.У. Инновационные подходы к лесоразведению и сохранению горных экосистем на юге Кыргызстана / А.У. Акулов, Б. Н. Шамшиев // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. — 2021. — № 4. — С. 112–117.
4. Артыкбаев С.А. «Курбу-Таш» участогунун физикалык-географиялык шарттары жана жер көчкү процесстери // Известия ОшТУ. — Ош, 2023. — № 1. — Б. 108–115.
5. Дин Ж.У., Аттокуров А.Ш. Заманбап санариптик инструменттерди тоо экосистемаларын изилдөөдө колдонуу // ОшМУнун Жарчысы. — Ош, 2026. — № 3. — Б. 85–92.
6. Ерохин С. А. Закономерности развития и распространения оползневых процессов в горных регионах Тянь-Шаня / С. А. Ерохин // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 2019. — № 5. — С. 34–42.
7. Ибраев Э. Б. Проблемы сохранения биоразнообразия и устойчивого управления особо охраняемыми природными территориями Кыргызской Республики / Э. Б. Ибраев М. С. Жумабаев // Известия ОшТУ. — 2022. — № 2. — С. 148–154.
8. Климаттын өзгөрүшү шартында тоо экосистемаларын коргоо жана биорекультивациялоо үчүн токой-мелиорациялык иш-чараларды жүргүзүү боюнча долбоордук отчет / Жетекчиси А. Аккулов. — Ош: ОшМУ, 2025. — 78 б.
9. Мамбетов К.Ш., Обдунов Э.А. Кыргызстандын тоолуу аймактарынын топурак катмарынын деградациясы. — Бишкек: Турар, 2022. — 156 б.
10. Матвеев А. В. Антропогенная трансформация горных ландшафтов и методы борьбы с деградацией почвенного покрова / А. В. Матвеев, З. А. Тешебаева // Вестник КНАУ им. К. И. Скрябина. — 2020. — № 1 (50). — С. 88–94.
11. Токторалиев Б. А. Экологическое состояние лесов Кыргызстана и новая лесная политика в условиях изменения климата / Б. А. Токторалиев, А. Аттокуров // Научные труды Центральной Азии. — 2019. — Т. 12, № 2. — С. 65–72.
12. Шамшиев Б. Н. Анализ видового состава древесно-кустарниковых пород, их роль в структуре городских парков г. Ош / Б. Н. Шамшиев, Р. Р. Абсатаров, К. К. Маметова // Экологическое озеленение и ландшафтный дизайн : научный журнал ОшСУ. — 2025. — № 3. — С. 18–25.
13. Шамшиев Б. Н. Воздействие природно-техногенных процессов на состояние земельных ресурсов и его влияние на деградацию земель / Б. Н. Шамшиев, С. Артыкбаев, Т. А. Мамашов // Известия ОшТУ. — 2020. — № 1. — С. 230–239.

14. Шамшиев Б. Н. Деградация земель в Кыргызстане и пути их решения / Б. Н. Шамшиев, З. А. Тешебаева, Ж. А. Исмаилова // Вестник Кыргызского национального аграрного университета имени К. И. Скрябина. — 2017. — № 2 (43). — С. 99–105.
15. Шамшиев Б. Н. Кыргыз Республикасынын аймагындагы жер көчкү процесстерине мониторинг жана болжолдоо / Б. Н. Шамшиев, С. Артыкбаев, Э. У. Тажибаева, Р. О. Токтобаева // Известия Ошского технологического университета. — 2020. — № 1. — С. 240–247.
16. Шорохова Е. В. Мониторинг динамики горных лесных экосистем Центральной Азии методами дистанционного зондирования / Е. В. Шорохова, Р. Е. Зверев // Успехи современного естествознания. — 2023. — № 10. — С. 81–87.
17. ERA5-Land hourly data from 2017 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). — DOI: 10.24381/cds.e2161bac.
18. Landslide hazards in the south of Kyrgyzstan and the main factors influencing land degradation / B. N. Shamshiev, S. Artykbaev [et al.] // Journal of the Central Asian Academy. — 2024. — Vol. 4, No. 1. — P. 227–235.
19. NASA/JAXA Satellite Monitoring Data for Central Asia Mountain Ecosystems. NASA Earth Observations (NEO), 2024. — P. 75–82.
20. QGIS and ArcGIS Based LULC Classification in Mountainous Terrains of Kyrgyzstan // Journal of Environmental Science and Remote Sensing. — 2025. — Vol. 14, Iss. 2. — P. 220–235.
21. Sustainable Forest Management in Mountainous Regions of Central Asia / ed. by A. Rada, A. Akulov. — Bishkek : Altyn Tamga, 2023. — 192 p.

УДК 544.4:543.429.22 + 546.03:541.49.

РАСЧЕТ РАВНОВЕСИЙ ГЕТЕРОВАЛЕНТНЫХ И ГЕТЕРОЯДЕРНЫХ ЦИСТЕИНАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ С ПОМОЩЬЮ ОКИСЛИТЕЛЬНОЙ ФУНКЦИИ ЮСУФОВА

Бобоназарзода Гулрухсор Бобоназар *- кандидат химический наук, ведущий научный сотрудник, Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета*
ORCID: 0000-0003-0329-2785, eshova81@mail.ru
Мираминзода Фарида *- кандидат химический наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательский институт Таджикского национального университета*
ORCID: 0000-0002-3004-3322, miraminzoda@mail.ru

CALCULATION OF EQUILIBRIA OF HETEROVALENT AND HETERONUCLEAR CYSTEINATE COMPLEXES USING YUSUFOV’S OXIDATIVE FUNCTION

Bobonazarzoda Gulrukhsor Bobonazar *- Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Research Institute of the Tajik National University*
ORCID:0000-0003-0329-2785, eshova81@mail.ru
Miraminzoda Farida *- Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher at the Scientific Research Institute of the Tajik National University*