4. Мамлекеттик статистика комитети. *Кыргыз Республикасындагы айлана-чөйрө жана жаратылыш ресурстары боюнча статистикалык жыйнак*. Бишкек, 2022.
5. Кыргыз Республикасынын Өкмөтү. *Кыргызстандагы экологиялык абал боюнча улуттук доклад*. Бишкек, 2021.
6. Клооп Медиа. *Кыргызстандагы радиоактивдүү калдыктар боюнча иликтөө*. — kloop.kg 2022.
7. UNEP (United Nations Environment Programme). (2022*). Global Environment Outlook 6. Nairobi.*
8. World Bank. *Air Quality Management in Central Asia: Challenges and Opportunities*. Washington, D.C. 2021.

УДК 528.8:911.2(575.2) DOI: https://doi.org/10.56122/..v2i2%20(26).493

ОШ ШААРЫНДАГЫ АК-БУУРА ДАРЫЯСЫНЫН ЖЭЭК ӨСҮМДҮКТӨРҮНҮН АБАЛЫН NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI ЖАНА NDSI ВЕГЕТАЦИЯЛЫК ИНДЕКСТЕРИНИН НЕГИЗИНДЕ БААЛОО

Абсатаров Равшанбек Ракманалиевич – б.и.к., доцент ОшМПУ, rrr_51@mail.ru
Арынбаев Эралы Калилович – п.и.к., доцент ОшМПУ, era000@bk.ru
Абылов Рысбек Абдикаримович –э.и.к., доцент ОшМПУ, rysbekaa@mail.ru

Аннотация

Бул макалада Ош шаарындагы Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн абалы көп спектрдүү спутниктик маалыматтарды талдоо негизинде бааланган. Изилдөө үчүн NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI жана NDSI сыяктуу вегетациялык индекстер колдонулган, алар өсүмдүктөрдүн жашылдыгын, нымдуулук деңгээлин жана физиологиялык абалын чагылдырат. Талдоо Sentinel-2 спутнигинин маалыматтарынын негизинде ГИС-технологияларды колдонуу менен жүргүзүлгөн. Алынган натыйжалар жээк өсүмдүктөрүнүн деградациясынын ар кандай деңгээлдерин аныктоого жана антропогендик факторлордун таасирин баалоого мүмкүндүк берди. Сунушталган ыкма суу сактоо зоналарынын экологиялык абалын үзгүлтүксүз мониторинг кылуу жана урбанизацияланган аймактардагы жашыл фондду башкаруу үчүн колдонулушу мүмкүн.

Ачкыч сөздөр: Ак-Буура дарыясы; жээк өсүмдүктөрү; NDVI; NDRE; NDMI; алыстан зонддоо; Ош.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ РЕКИ АК-БУУРА В ГОРОДЕ ОШ НА ОСНОВЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI И NDSI

Абсатаров Равшанбек Ракманалиевич – к.б.н., доцент ОшГПУ, rrr_51@mail.ru
Арынбаев Эралы Калилович – кандидат педагогических наук, доцент Ошского государственного педагогического университета.
Абылов Рысбек Абдикаримович – кандидат экономических наук, доцент Ошского государственного педагогического университета.

Аннотация

В статье представлена оценка состояния прибрежной растительности реки Ак-Буура в городе Оше на основе анализа мультиспектральных спутниковых данных. Для исследования использованы вегетационные индексы NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI и NDSI, которые отражают степень зелёности, содержание влаги и физиологическое состояние растительности. Анализ выполнен на основе данных спутников Sentinel-2 с применением ГИС-технологий. Полученные результаты позволили выделить участки с различной степенью деградации и определить влияние антропогенных факторов на состояние прибрежной растительности. Предложенный подход может быть использован для

регулярного мониторинга экологического состояния водоохранных зон и управления зелёным фондом урбанизированных территорий.

Ключевые слова. река Ак-Буура; прибрежная растительность; NDVI; NDRE; NDMI; дистанционное зондирование; Ош.

ASSESSMENT OF THE CONDITION OF RIPARIAN VEGETATION ALONG THE AK-BUURA RIVER IN OSH CITY BASED ON VEGETATION INDICES NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI, AND NDSI

Absatarov Ravshanbek Rakmanalievich – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Osh State Pedagogical University, rrr_51@mail.ru
Eraly Kalilovich Arynbaev – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Osh State Pedagogical University
Rysbek Abdikarimovich Abylov – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Osh State Pedagogical University

Abstract

The article presents an assessment of the condition of riparian vegetation along the Ak-Buura River in Osh city based on the analysis of multispectral satellite data. Vegetation indices NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI and NDSI were used to reflect the greenness, moisture content, and physiological condition of the vegetation. The analysis was carried out using Sentinel-2 satellite imagery and GIS technologies. The obtained results made it possible to identify areas with different degrees of degradation and to determine the impact of anthropogenic factors on the state of riparian vegetation. The proposed approach can be applied for regular monitoring of the ecological condition of water protection zones and for managing the green infrastructure of urbanized areas.

Keywords: Ak-Buura River; riparian vegetation; NDVI; NDRE; NDMI; remote sensing; Osh.

Киришүү. Азыркы шарттагы шаарлар калктын көбөйүшүнө, курулуштардын жыштыгына, абанын булганышынын деңгээлинин жогорулашына, ызы-чууга, климаттын өзгөрүшүнө, жалпы жылуулуктун жогорулашына байланыштуу бир топ экологиялык, социалдык жана башка көйгөйлөргө туш болушат. Ошондуктан шаардагы жашыл аймактар жашоо үчүн жагымдуу чөйрө түзүүгө, биологиялык түрдүүлүктү сактоого жана калктын ден соолугун чыңдоого көмөктөшүүчү шаардык инфраструктуранын негизги элементтери катары барган сайын маанилүү. Шаардын жашыл аймактарына скверлер, парктар, аллеялар, ботаникалык бактар, токой парктарынын аймактары, өсүмдүктөрү бар жээк зоналары жана өсүмдүктөрдү камтыган жана жашоочулар үчүн жеткиликтүү болгон башка аймактар кирет.

Климаттын тездик менен өзгөрүшү, урбанизация жана жашыл аймактардын деградациясы сыяктуу заманбап экологиялык көйгөйлөр курчап турган чөйрөнүн абалына үзгүлтүксүз мониторинг жүргүзүү зарылдыгын пайда кылууда. Кыргызстандын эң ири шаарларынын бири болгон Ош шаарынын борборун аралап өткөн Ак-Буура дарыясынын жээк зонасы аялуу экосистемалардын бири болуп саналат. Калктын тез өсүшүнүн жана шаарлардын экспансиясынын шартында жаратылыш аймактарына, анын ичинде жээк аймактарына антропогендик басым күч алып, өсүмдүктөрдүн өсүүсүнүн, көбөйүүсүнүн начарлашына, жер кыртышынын эрозиясына жана биологиялык түрлөрдүн азайышына алып келет.

Шаарды жашылдандыруу системаларын изилдөөдө жерди аралыктан зонддоо маалыматтарын түздөн-түз колдонуу шаардык инфраструктураны пландаштырууга байланышкан көптөгөн маселелерди чечүүгө жардам берет. Бул ыкма архивдик аэрофото жана космостук сүрөттөрдү пайдалануу менен жашыл мейкиндиктердин абалынын өзгөрүшүнө ыкчам мониторинг жүргүзүүгө мүмкүндүк берип, жашыл аймактардын аянтын жана сандык мүнөздөмөлөрүн аныктоого, шаарды көрктөндүрүү жана жашылдандыруу боюнча иш-чараларды натыйжалуу пландаштырууга көмөктөшөт [5].

Жерди алыстан зонддоо методдорун колдонуу жана NDVI, NDRE, MSAVI, RECI жана NDMI сыяктуу өсүмдүктөрдүн индекстерин эсептөө өсүмдүктөрдүн жаратылыш шарттарына, нымдуулуктун деңгээлине жана жер катмарынын структурасына эффективдүү мониторинг жүргүзүүгө мүмкүндүк берет. Бул индекстер жаратылыш чөйрөсүндөгү терс өзгөрүүлөрдү ыкчам аныктоого, жашылдандыруунун натыйжалуулугун баалоого жана дарыянын экосистемасына адамдын андан аркы кийлигишүүсүнүн кесепеттерин болжолдоого мүмкүндүк берет. Алдыңкы геомаалыматтык технологияларды жана аралыктан зонддоо каражаттарын колдонуу менен Ак-Буура дарыясынын жээгинин экологиялык абалын комплекстүү талдоо зарылчылыгы учурдун кечиктирилгис актуалдуу маселелеринин сап башында турат. Алынган маалыматтар жаратылышты коргоо, туруктуу шаар куруу жана калкка экологиялык билим берүү жаатында негизделген чечимдерди кабыл алуу үчүн пайдалуу болот[5].

Изилдөөнүн максаты — Ош шаарынын аймагында жайгашкан Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн экологиялык абалын баалоо. Баалоо көп спектрдүү спутниктик маалыматтарды талдоо жана вегетациялык индекстердин комплекси (NDVI, NDRE, MSAVI, RECI, NDMI, NDWI жана NDSI) аркылуу жүргүзүлүп, жашыл өсүмдүктөрдүн өнүгүү деңгээли менен абалынын мейкиндиктик айырмачылыктарын аныктоого багытталган.

Материалдар жана изилдөө усулдары

Изилдөөнүн объектиси катары Ош шаарынын аймагынан агып өтүүчү Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрү тандалды. Анда Ак-Буура дарыясынын жогорку чеги 40°29'08.3"N 72°49'50.4"E (Н.Исанов көчөсү 74/41 дарегинин тушу) жана төмөнкү чеги 40°32'12.4"N 72°47'49.7"E (А.Навои көчөсүнүн тушу) чектелген бөлүгүнүн жээк зоналары тандалып алында. Ага кошумча Ак-Буура дарыясынын жээк зоналары менен чектеш болгон Токтогул паркы, Мээрим паркы, А.Навои паркы жана Өчпөс от паркы кошо жалпы 0.917 км^2 аянт талдоого алынды (1-сүрөт). Ак-Буура дарыясы шаардык негизги гидрологиялык артериясы болуп эсептелет жана бир катар маанилүү жергиликтүү микроклиматты жөнгө салуу, ным жана суу балансын кармап туруу, биологиялык ар түрдүүлүктү сактоо жана санитардык-гигиеналык чөйрөнү камсыз кылуу сыяктуу экологиялык функцияларды аткарып турат.

1-сүрөт. Изилдөө аймагынын картасы

Изилдөөнүн маалыматтык базасын Европа космостук агенттигинин (ESA) Sentinel-2 спутнигинин MSI (MultiSpectral Instrument) аппаратынын көп спектрдүү сүрөттөрү түздү. Анализ үчүн 10 жана 20 метрлик мейкиндиктик чечилишке ээ сүрөттөр пайдаланылган. Сүрөттөр вегетация мезгилинде (2024-жылдын апрель–сентябрь айларында) тартылып алынган. Изилдөө жерди алыстан зонддоо (ДЗЗ) жана геомаалыматтык талдоо (ГИС) ыкмаларына негизделген. Жээк өсүмдүктөрүнүн абалын баалоо максатында төмөнкү спектралдык (вегетациялык) индекстер эсептелди. Ар бир индекс өсүмдүктөрдүн жашылдыгынын деңгээлин, нымдуулугун жана физиологиялык абалын ар башка жагынан мүнөздөйт (1-таблица).

1-таблица. Индекстердин колдонуу өзгөчөлүктөрү

Индекс	Өлчөнгөн көрсөткүч	Колдонуу максаты	Ак-Буура дарыясынын жээктери боюнча колдонуу
NDVI	Жашылдыктын жана биомассанын тыгыздыгы	Жалпы абалды баалоо	Деградацияланган аймактарды аныктоо
NDRE	Хлорофилл жана өсүмдүк стресс абалы	Эрте стадиядагы стресс аныктоо	Стресске учураган зоналарды бөлүү
MSAVI	Топурактын таасири	Сейрек өсүмдүктөрдө так баалоо	Ачык жээктер жана курулуш тилкелери
RECI	Хлорофиллдин деңгээли	Фотосинтез жана азык жетишсиздиги	Өсүмдүктөрдүн ден соолугун баалоо
NDMI	Нымдуулук деңгээли	Суу стрессин баалоо	Кургак мезгилдеги абалды баалоо
NDSI	Туз жана чаң топтолушу	Шорлонгон жана булганган зоналарды аныктоо	Эрозияланган жана булганган аймактарды табуу

Изилдөөнүн жыйынтыктары жана аларды талкулоо

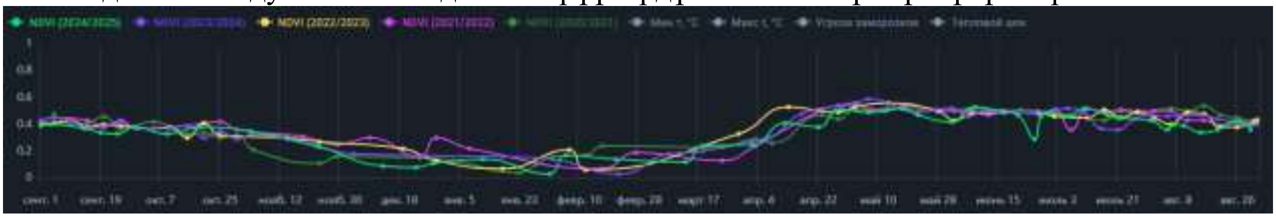
Шаардын жашыл аймактары рекреациялык, экологиялык жана маданий функцияларды аткарып, абадагы зыяндуу заттардын концентрациясын азайтып, көмүр кычкыл газын сиңирип, кычкылтекти бөлүп чыгаруу кызматтарды кылат. Дарактар жана бадалдар ызы-чууну жана чаңды эффективдүү сиңирип, микроклиматты жөнгө салып, көлөкө жаратып, топуракты эрозиядан коргойт. Социалдык жактан караганда шаардын жашыл аймактары жашоонун жогорку темпинин жана шаардык стресстин шарттарында өзгөчө маанилүү болгон эс алуу, сейилдөө, спорт, баарлашуу жана эс алуу, маданий иш-чараларды өткөрүү жана экологиялык билим берүү үчүн мейкиндик катары кызмат кылат. Шаардын жашыл аянттары абанын температурасын төмөндөтүүгө, нымдуулукту жогорулатууга жана аэрацияны жакшыртууга жардам берет. Дарактар жана бадалдар үн толкундарын сиңирип, чачыратып, үн толкундарын 7–15 дБ ге чейин төмөндөтөт, өзгөчө жогорку жыштыктардагы адамдар үчүн дискомфорт жараткан үндөрдү басаңдатат [2]. Жашыл аймактарда убакыт өткөрүү психикага жана ден соолукка оң таасирин тийгизет. Кортизолдун деңгээлин төмөндөтүп, маанайды жакшыртат жана эс алууга жардам берет [3]. Жашыл аймактар флора жана фаунанын ар кандай түрлөрү үчүн жашоо чөйрөсүн камсыздап, шаардагы биологиялык ар түрдүүлүктү сактоого жардам берет. Өсүмдүктөр курт-кумурскаларды, канаттууларды жана башка жаныбарларды өзүнө тартып, экологиялык тең салмактуулукту сактап, шаардык экосистеманын туруктуулугуна салым кошот[4].

Жашыл аймактардын мындай маанилүүлүгүнө карабастан акыркы мезгилдердеги интенсивдүү курулуштардын, турак жайларды тыгыз өнүктүрүүнүн, жашыл аймактарды жетишсиз тейлөөнүн жана климаттын өзгөрүшүнүн натыйжасында алардын аймагынын кичирейүүсү жана деградация тенденциясы байкалууда.

Ош шаарында да айрым жашыл аймактар, анын ичинде Ак Буура дарыясынын жээк зоналары коммерциялык кызыкчылыктардын курмандыгы болуп келип, табигый баалуулугун жоготуп бараткан болчу. Бирок 2025-жылдан тарта бардык жээк зоналар шаарга кайтарылып, канал жээктери ачылып жаткан убагы. Ошол эле учурда жашыл аймактардын абалын эсепке алуунун, пландаштыруунун жана мониторинг жүргүзүүнүн салттуу ыкмалары көп учурда динамикалуу өнүгүп жаткан шаардык чөйрөнүн шартында натыйжасыз болуп, түп-тамырынан бери кайра карап чыгуу зарылдыгы пайда болууда.

Мындай шарттарда маалыматтык-коммуникациялык технологиялар (МКТ), анын ичинде географиялык маалымат тутумдары (ГИС), нерселердин интернети, спутниктик мониторинг, дрон менен сүрөткө тартуу жана өзгөчө жасалма интеллектти пайдалануу жашыл аймактарды талдоодо, келечегин болжолдоодо жана башкарууда жаңы мүмкүнчүлүктөрдү ачып берет. Бул технологиялар жашыл аймактардын картасын жогорку тактык менен түзүүгө менен гана чектелбестен, көйгөйлүү аймактарды аныктоого, биомассаны баалоого, бак-дарактардын санитардык абалына мониторинг жүргүзүүгө, жашылдандыруу сценарийлерин моделдештирүүгө жана сейил бактарды жана скверлерди долбоорлоодо жана реконструкциялоодо шаар тургундарынын пикирлерин эске алууга мүмкүнчүлүк берет. Шаардагы айлана-чөйрөнү башкарууга маалыматтык-коммуникациялык технологияны интеграциялоо жаратылыш менен технология карама-каршы эмес, туруктуу өнүгүүнүн кошумча элементтери катары кароо керек. Спутниктик сүрөттөрдөн жана климаттык сенсордук маалыматтардан түрдүү маалыматтардын чоң көлөмүн талдап, анын негизинде аналитикалык отчетторду түзүү, өнүгүү стратегияларын сунуштоо, байкалбаган схемаларды аныктоо жана кабыл алынуучу чечимдердин кесепеттерин болжолдоого болот.

Төмөндөгү 2-сүрөттө 2020–2025-жылдар аралыгында Ош шаарындагы Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн вегетация индексинин (NDVI) алты жылдык динамикасы көрсөтүлгөн. Ар бир жыл өзүнчө түстүү сызык менен белгиленип, өсүмдүктөрдүн абалындагы сезондук жана жылдык өзгөрүүлөрдү байкоого мүмкүнчүлүк берет.



2- сүрөт. Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн NDVI көрсөткүчүнүн 2020–2025-жылдар аралыгындагы динамикасы

NDVI өсүмдүктөрдүн жашыл массасынын жана вегетациясынын активдүүлүгүн чагылдырат. Көрсөткүч канчалык жогору болсо (0.6–0.8), ошончолук активдүү өсүмдүктөр бар; ал эми 0.1–0.3 деңгээли төмөнкү вегетация же кургак мезгилди көрсөтөт.

1. 2020/2021 (жашыл сызык)

- Кышкы мезгилде NDVI 0.15 чамасында — эң төмөн көрсөткүчтөрдүн бири.
- Жаздан тартып (март–апрель) тез өсүү байкалат.
- Жай мезгилинде 0.6 деңгээлине жетип, туруктуу сакталган.

Бул жыл өсүмдүктөр үчүн орточо жылуу жана жетиштүү нымдуу болгон.

2. 2021/2022 (кызгылт сызык)

- Кышында 0.1–0.2 деңгээлинде — абдан төмөн NDVI.
- Жаз айларында өсүү кеч башталган.
- Май–июнда 0.55 тегерегинде максималдык чекке жеткен.

Бул жылда вегетация кеч башталып, ным жетишсиз болгон болушу мүмкүн.

3. 2022/2023 (сары сызык)

- Кышы салыштырмалуу жумшак, NDVI 0.2ден 0.3кө чейин сакталган.
- Жаздын башында өсүү эрте башталган, май айында 0.7 деңгээлине жеткен.

Бул мезгил өсүмдүктөрдүн активдүү өнүгүүсү менен айырмаланат — жагымдуу климаттык шарттар болгон.

4. 2023/2024 (көк сызык)

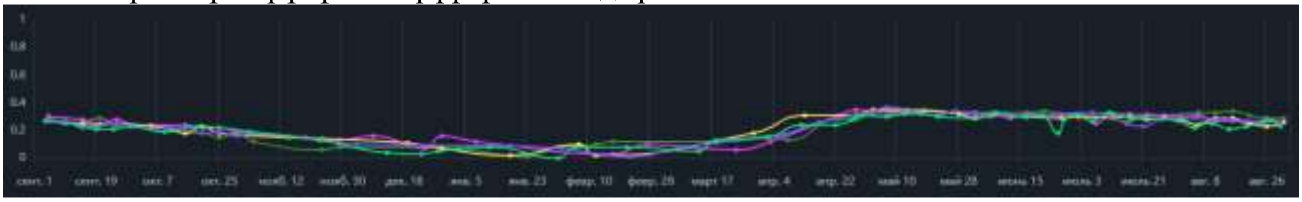
- NDVI деңгээли жыл бою орточо 0.3–0.5 диапазонунда.
- Кышкы минимум анчалык төмөн эмес (0.25 чамасында).
- Жайында 0.55 тегерегинде туруктуу.

Бул мезгилде туруктуу, бирок орточо вегетация байкалган.

5. 2024/2025 (жашыл ачык сызык)

- Учурдагы мезгил (сентябрь 2024 – август 2025) боюнча көрсөткүчтөр.
- Сентябрь–ноябрда NDVI 0.35–0.4 чамасында.
- Кыш мезгилинде көрсөткүч 0.15ке чейин түшүп, марттан тартып жогорулай баштайт. 2025-жылдын жазында өсүмдүктөрдүн жандануусу башка жылдарга салыштырмалуу кечирээк жүрүүдө.

NDRE (Normalized Difference Red Edge Index) — бул өсүмдүктөрдүн **хлорофилл мазмунун жана жалбырактарындагы физиологиялык абалды** баалоо үчүн колдонулган көрсөткүч. 3-сүрөттө Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн акыркы жылдардагы NDRE көрсөткүчтөрүнүн өзгөрүүсүн чагылдырылган.



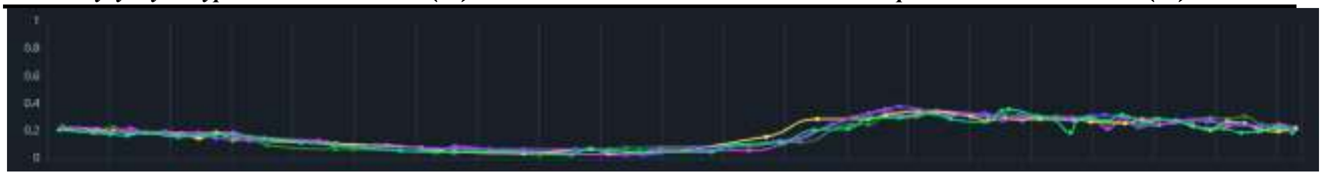
3- сүрөт. Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн NDRE көрсөткүчүнүн 2020–2025-жылдар аралыгындагы динамикасы

Бардык жылдарда NDRE мааниси сентябрь айында 0.25–0.35 чамасында башталат, андан кийин ноябрь–февралда 0.05–0.15ке чейин төмөндөйт. Бул — өсүмдүктөрдүн вегетациясы токтоп, хлорофилл активдүүлүгү кескин азайган мезгил. Кээ бир жылдарда (айрыкча 2021/2022 жана 2024/2025) көрсөткүч февралдын аягына чейин өтө төмөн бойдон калган, бул суук жана кургак кыш мезгилин көрсөтөт. Жылдар боюнча салыштыруу 2-таблицада берилди.

2-таблица. Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн NDRE көрсөткүчүнүн 2020–2025-жылдар аралыгындагы динамикасын жылдар боюнча салыштыруу

Жыл	**NDRE өзгөчөлүгү**	**Кыска мүнөздөмө**
2020/2021	Орточо, туруктуу өсүү	Климат жагымдуу, өсүмдүктөр туруктуу абалда
2021/2022	Төмөнкү NDRE (0.35ке чейин)	Суук жана кургак мезгил, өсүмдүктөрдүн абалы начар
2022/2023	Эң жогорку NDRE (0.45–0.5)	Хлорофилл активдүүлүгү жогору, жагымдуу шарттар
2023/2024	Орточо деңгээлде туруктуу	Өсүмдүктөрдүн абалы жакшы, бирок орточо
2024/2025	Учурда орточо-төмөн деңгээл	Эрте жазда өсүш жайыраак жүрүүдө

Изилдөөнүн жүрүшүндө MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) көрсөткүчүнүн акыркы жылдардагы (2020/2021–2024/2025) өзгөрүү динамикасы талданды. Бул индекс өсүмдүктөрдүн жашыл массасынын абалын жана вегетациянын өнүгүү деңгээлин мүнөздөп, ошол эле учурда топурактын таасирин азайтуу менен NDVIге салыштырмалуу так маалымат берет (4-сүрөт).



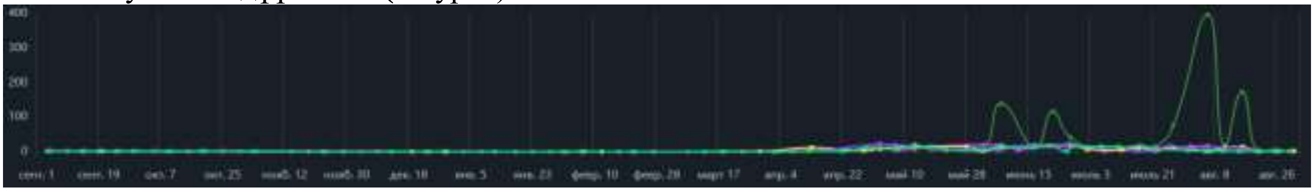
4- сүрөт. Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн MSAVI көрсөткүчүнүн 2020–2025-жылдар аралыгындагы динамикасы

Графиктин негизинде MSAVI көрсөткүчү бардык жылдарда бирдей сезондук өзгөрүү мыйзамченемдүүлүгүнө ээ экени аныкталды. Күз айларында көрсөткүч 0.18–0.25 тегерегинде болуп, өсүмдүктөрдүн жашыл массасынын азайышын көрсөтөт. Кыш мезгилинде көрсөткүч 0.05–0.1ге чейин төмөндөп, вегетациянын токтошу жана топурактын ачык аянтынын көбөйүшү байкалат. Бул мезгилде өсүмдүктөрдүн физиологиялык активдүүлүгү дээрлик токтоп, MSAVIнин минималдуу маанилери катталган.

Жаз мезгилинен тартып (март–апрель айларынан баштап) көрсөткүч кескин жогорулай баштайт. Өзгөчө 2022/2023-жылдагы динамикада MSAVIнин өсүшү эрте башталып, апрель–май айларында 0.45ке жеткен. Бул жылы өсүмдүктөрдүн активдүү өсүшү жана топурактын нымдуулугунун жетиштүүлүгү байкалган. Калган жылдарда көрсөткүчтүн өсүшү бир аз кечирээк жүрүп, орточо 0.3–0.4 деңгээлде сакталган.

Жай мезгилинде (июнь–август айларында) MSAVI көрсөткүчү туруктуу абалда болуп, 0.3–0.4 диапазонунда кармалды. Кээ бир жылдарда (айрыкча 2024/2025-жылкы мезгилде) июнь–июль айларында көрсөткүчтүн кыска мөөнөттүү төмөндөшү байкалган. Бул кубулуш өсүмдүктөрдүн ным жетишсиздигине же абанын жогорку температурасынан келип чыккан стресске байланыштуу болушу мүмкүн.

Изилдөөдө RECI (Red Edge Chlorophyll Index) көрсөткүчүнүн акыркы жылдардагы (2020/2021–2024/2025) өзгөрүү динамикасын талдасак, бул индекс өсүмдүктөрдүн хлорофилл мазмунун, фотосинтездик активдүүлүгүн жана азык заттар менен камсыз болуу деңгээлин аныктоодо маанилүү көрсөткүч болуп саналат. RECI индексинин мааниси өсүмдүктөрдөгү фотосинтездин интенсивдүүлүгү менен тыгыз байланышта. Көрсөткүч канчалык жогору болсо, өсүмдүктүн азот менен камсыз болуусу жана хлорофилл синтези ошончолук активдүү болот (5-сүрөт).

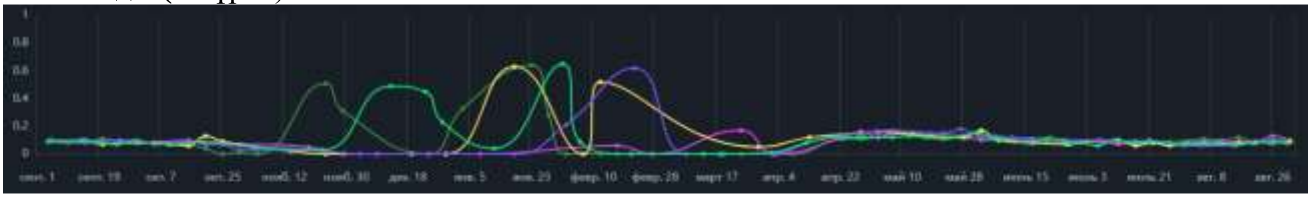


5- сүрөт. Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн RECI көрсөткүчүнүн 2020–2025-жылдар аралыгындагы динамикасы

Сүрөттө берилгендей күз–кыш мезгилинде (сентябрь–февраль) RECI мааниси бардык жылдарда нөлгө жакын деңгээлде (0–10) сакталган. Бул мезгилде фотосинтез дээрлик токтоп, өсүмдүктөр эс алуу фазасында болот. Азоттун сиңирилиши жана азык жүгүртүлүшү да өтө төмөн деңгээлде жүрөт. Жаз мезгилинде (март–май) көрсөткүч акырын жогорулап, фотосинтез процесси жанданып баштайт. Бирок бул мезгилде өсүмдүктөрдүн азык заттар менен камсыз болуусу чектелүү болушу мүмкүн. 2022/2023 жана 2023/2024-жылдарда RECI орточо деңгээлде болгондуктан, өсүмдүктөрдүн физиологиялык абалы салыштырмалуу туруктуу деп бааланат. Жай мезгилинде (июнь–август) RECI көрсөткүчтөрү кескин жогорулаган. Айрыкча 2024/2025-жылкы мезгилде (жашыл сызык) өтө жогорку маанилер (100–400 чейин) катталган. Бул өсүмдүктөрдүн фотосинтез активдүүлүгүнүн күчөгөнүн, хлорофиллдин концентрациясынын жогорулаганын жана азот менен камсыз болуунун жетиштүү экенин көрсөтөт. Август айында көрсөткүчтөрдүн төмөндөшү жогорку температура жана нымдын жетишсиздиги менен түшүндүрүлөт.

Ак-Буура дарыясынын жээк аймактарындагы өсүмдүктөрдүн жана топурактын нымдуулук деңгээлин мүнөздөгөн NDMI (Normalized Difference Moisture Index)

көрсөткүчүнүн акыркы жылдардагы (2020/2021–2024/2025) өзгөрүү динамикасын талдоо учурунда NDMIнин өзгөрүүсү жылдык сезондук мыйзамченемдүүлүккө ээ экендиги аныкталды (6-сүрөт).



6- сүрөт. Ак-Буура дарыясынын жээк өсүмдүктөрүнүн NDMI көрсөткүчүнүн 2020–2025-жылдар аралыгындагы динамикасы

Сүрөттөгү графикте берилгендей күз жана кыш мезгилинде көрсөткүчтөрдүн мааниси 0.1ден 0.6га чейин өзгөрүп турган. Айрыкча 2020/2021 жана 2021/2022-жылдары NDMIнин жогорку маанилери (0.6–0.7) катталып, жээк экосистемаларынын нымдуулук деңгээли жогору болгон. Ал эми 2023/2024 жана 2024/2025-жылдары көрсөткүчтөр 0.1–0.2 диапазонунда болуп, бул мезгилдерде топурактын жана өсүмдүктөрдүн кургак абалда экендигин көрсөтөт.
Жаз мезгилинен тартып (март–май) NDMI көрсөткүчтөрү орточо деңгээлде сакталган (0.1–0.2). Бул мезгилде температуранын жогорулашы менен буулануу күчөп, дарыя жээгиндеги топурактын нымдуулугу азайган. Мунун натыйжасында өсүмдүктөрдүн активдүү өсүү фазасында суу стрессинин белгилери байкалган. Жай мезгилинде (июнь–август) NDMI көрсөткүчтөрү орточо деңгээлде (0.1–0.25) кармалып, өсүмдүктөрдүн нымдуулук режими туруктуу бойдон калган. Бирок 2024/2025-жылы июль айында көрсөткүч бир аз жогорулап, бул жамгырлуу мезгил же дарыя суусунун көбөйүшү менен байланыштуу болушу мүмкүн.

Корутунду

- Эң жогорку NDVI (0.7 тегерегинде) 2022/2023-жылы байкалган — өсүмдүктөрдүн эң жакшы өнүккөн жылы. Эң төмөн көрсөткүчтөр 2021/2022-жылы, суук кыш себеп болгон. 2024/2025-жылкы сезон азырынча орточо деңгээлде, 2023/2024-жылга окшош тенденция менен бара жатат. Бардык жылдарда вегетациянын активдүү фазасы апрель–июнь айларына туура келет.
- NDRE графиги өсүмдүктөрдүн **физиологиялык абалынын узак мөөнөттүү тенденциясын** көрсөтөт. **Эң оптималдуу жыл — 2022/2023**, анткени көрсөткүч эрте көтөрүлүп, эң жогорку деңгээлде узак сакталган**. 2021/2022 жана 2024/2025** жылдары өсүмдүктөрдүн абалы салыштырмалуу начар — NDRE төмөн, бул суунун жетишсиздиги жана температуранын төмөн болушу менен түшүндүрүлөт. Бардык жылдарда NDREнин максимуму **апрель–май айларына,** минимуму **январь–февралга** туура келет.
- Изилденген мезгил аралыгында MSAVI көрсөткүчүнүн эң жогорку маанилери 2022/2023-жылы катталып, бул жыл өсүмдүктөр үчүн эң жагымдуу климаттык шарттарда өткөнүн көрсөтөт. Тескерисинче, 2021/2022 жана 2024/2025-жылдарда MSAVIнин төмөн маанилери байкалган, бул кыштын катуулугу жана нымдуулуктун жетишсиздиги менен түшүндүрүлөт. MSAVI көрсөткүчүнүн анализи өсүмдүктөрдүн өнүгүү фазаларынын динамикасын, климаттык шарттардын өзгөрүүсүн жана экологиялык факторлордун таасирин так чагылдырууга мүмкүндүк берди. Бул индекс NDVI жана NDRE көрсөткүчтөрү менен биргеликте колдонулганда, аймактын жалпы вегетациялык абалын баалоодо ишенимдүү жана комплекстүү маалымат берет.
- RECI көрсөткүчү боюнча, 2024/2025-жыл фотосинтездин эң активдүү мезгили болуп эсептелет, өсүмдүктөрдүн азык заттар менен камсыз болуусу оптималдуу деңгээлге жеткен. Ал эми 2021/2022-жыл азот жетишсиздиги жана төмөн фотосинтездик активдүүлүк менен мүнөздөлөт. RECI көрсөткүчүнүн өзгөрүү тенденциясы өсүмдүктөрдүн азык менен камсыз болушун жана экологиялык шарттардын таасирин так баалоого мүмкүндүк берет.

- 2020–2022-жылдар Ак-Буура дарыясынын жээк экосистемалары үчүн жагымдуу нымдуулук шарттар менен мүнөздөлгөн. Ал эми 2023–2025-жылдарда NDMIнин төмөн маанилери ным жетишсиздигин жана өсүмдүктөрдүн суу стрессин көрсөтөт. Бул абал экосистеманын туруктуулугуна жана биотүрдүүлүгүнө терс таасир этүү коркунучун жаратат. NDMI көрсөткүчүнүн анализи жээк экосистемаларынын нымдуулук режимин баалоодо жана климаттык өзгөрүүлөрдүн таасирин аныктоодо маанилүү маалымат берет. Туруктуу нымдуулук режимин камсыз кылуу үчүн дарыя жээгиндеги жашыл зоналарды сактоо, сугат системаларын жакшыртуу жана экологиялык баланс чараларын көрүү зарыл. Ак-Буура дарыясынын жээк экосистемаларында NDMI көрсөткүчтөрүнүн өзгөрүшү климаттык факторлорго жана дарыя агымынын мезгилдүүлүгүнө түз байланыштуу.

Пайдаланылган адабияттар

1. Мягков М.С., Губернский Ю.Д., Конова Л.И., Лицневич В.К. Город, архитектура, человек и климат. М.: Архитектура-С, 2007.

2. В А. Осин. Зеленые насаждения как средство борьбы с уличными шумами // Гигиена и санитария. 1962. №4.

3. Кречетников К. Г. Особенности обеспечения психологического комфорта обучающегося при использовании информационных образовательных технологий // ОТО. 2006. №4.

4. Дзыбов Д. С. Повышение биологического разнообразия агроландшафтов в степной и лесостепной зонах методом агростепей // Земледелие. 2012. №3.

5. Абсатаров, Р. Р. Ош шаарынын жашылдандыруу абалын нормалдаштырылган салыштырмалуу вегетация индекси (NDVI) аркылуу баалоо / Р. Р. Абсатаров, К. К. Маметова, А. А. Асанбаева // Илим. Билим. Техника. – 2023. – No. 3(78). – P. 42-48.