

ASSESSING THE GEOECOLOGICAL IMPACT OF LARGE HYDRAULIC STRUCTURES IN ARID REGIONS USING REMOTE SENSING AND GIS TECHNOLOGIES (A CASE STUDY OF THE CENTRAL FERGANA RESERVOIR)

Akbarov Sarvarbek Baxromboy

Trainee Lecturer, Department of Geography and Economics, Kokand State
University (23 Turon Street, Kokand, 150101).

ABSTRACT

This article presents a comprehensive study of the geoeological and ameliorative impacts of large hydraulic structures built under arid subtropical conditions on adjacent agricultural landscapes, using the Central Fergana Reservoir (CFR) as a case study. The main objective of the study is to assess landscape changes, the spatial dynamics of vegetation cover, and secondary soil salinization processes across 29,330 hectares within the reservoir's impact zone between 2010 and 2025 using remote sensing and GIS technologies. The study calculates the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) based on Landsat satellite imagery (Landsat 5 TM, Landsat 8 OLI/TIRS, and Landsat 9 OLI-2) and analyzes long-term changes. The results show that the water surface area expanded from 1% (293.3 ha) in 2010 to 15% (4,399.5 ha) by 2025. Furthermore, analyses of 27 soil profiles and laboratory measurements of electrical conductivity ((EC_e)) and moisture content confirmed the formation of localized waterlogged areas and highly saline solonchaks in the 500-meter coastal buffer zone as a result of a rise in the groundwater table to 1.0–1.5 m. Environmental stress factors identified through comparative analyses with a control (background) site were scientifically substantiated, and practical recommendations for sustainable regional management were developed.

Keywords

Geoeological monitoring, remote sensing, GIS, NDVI, secondary salinization, hydromorphism, Central Fergana Reservoir.

**QURG‘OQCHIL HUDUDLARDA YIRIK GIDROTEXNIKA
INSHOOTLARINING GEOEKOLOGIK TA‘SIRINI MASOFADAN
ZONDLASH VA GAT TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BAHOLASH
(MARKAZIY FARG‘ONA SUV OMBORI MISOLIDA)**

Akbarov Sarvarbek Baxromboy

Qo‘qon davlat universiteti, Geografiya va iqtisodiyot kafedrası stajyor o‘qtuvchisi
(150101, Qo‘qon sh., Turon ko‘chasi, 23).

ANNOTATSIYA

Maqolada qurg‘oqchil subtropik sharoitda barpo etilgan yirik gidrotexnika inshootlarining yondosh agrolandshaftlarga ko‘rsatadigan geoeologik va meliorativ ta‘siri Markaziy Farg‘ona suv ombori (MFSO) misolida kompleks o‘rganilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi 2010–2025 yillar oralig‘ida suv ombori ta‘sir zonasidagi 29 330 gektar maydonda yuzaga kelgan landshaft o‘zgarishlari, o‘simlik qoplamining fazoviy dinamikasi hamda tuproqlarning ikkilamchi sho‘rlanish jarayonlarini masofadan zondlash va GAT texnologiyalari yordamida baholashtan iborat. Ishda Landsat (5 TM, 8 OLI/TIRS va 9 OLI-2) kosmik suratlari asosida Normalashtirilgan farqli vegetatsiya indeksi (NDVI) hisoblanib, ko‘p yillik o‘zgarishlar tahlil qilindi. Natijalar suv yuzasi maydoni 2010 yildagi 1% (293,3 ga) dan 2025 yilga kelib 15% (4 399,5 ga) gacha kengayganini ko‘rsatdi. Shuningdek, qirg‘oqbo‘yi 500 metrli bufer zonasida sizot suvlarining yuqori ko‘tarilishi (1,0–1,5 m) natijasida lokal botqoqlanish va o‘ta sho‘rlangan солончаклар shakllangani 27 ta tuproq kesmasi hamda laboratoriya tahlillari (SEC_{eS} va namlik) orqali isbotlandi. Nazorat (fon) uchastkasi bilan qiyosiy tahlillar orqali aniqlangan ekologik stress omillari ilmiy jihatdan asoslandi va hududni barqaror boshqarish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

Kalit soʻzlar: Geoekologik monitoring, masofadan zondlash, GAT, NDVI, ikkilamchi shoʻrlanish, gidromorfizm, Markaziy Fargʻona suv ombori.

KIRISH

Qurgʻoqchil va keskin kontinental iqlim sharoitida joylashgan Fargʻona vodiysi intensiv dehqonchilik va yirik irrigatsiya tarmoqlari bilan ajralib turadi. Mintaqada suv resurslarini tartibga solish va sugʻoriladigan yerlarni barqaror suv bilan taʼminlash maqsadida barpo etilgan yirik gidrotexnika inshootlari, jumladan Markaziy Fargʻona suv ombori hududning gidrogeologik sharoitini tubdan oʻzgartirdi. Shu bilan birga, yirik suv havzalarining koʻp yillik ekspluatatsiyasi natijasida filtratsion yoʻqotishlar kuchayib, yondosh agrolandshaftlarda sizot suvlarining sathi koʻtarilishi, tuproqlarning ikkilamchi shoʻrlanishi va botqoqlanish kabi salbiy geoekologik jarayonlarni keltirib chiqarmoqda.

Soʻnggi yillarda qishloq xoʻjaligi yerlari va suv havzalari dinamikasini operativ kuzatishda masofadan zondlash (ДЗ) va geografik axborot tizimlari (GAT) texnologiyalaridan keng foydalanilmoqda. Xususan, sunʼiy yoʻldosh spektral indeksleri (NDVI va boshqalar) yordamida oʻsimliklar olamining bioklimatologik stress holatini baholash yuqori samaradorlik bermoqda. Ushbu tadqiqotning ilmiy yangiligi Markaziy Fargʻona suv ombori atrofida 29 330 ga maydonda 2010–2025 yillar davomida yuz bergan geoekologik oʻzgarishlarni koʻp yillik kosmik suratlar, yer usti instrumental oʻlchovlar va maxsus nazorat (fon) uchastkasi maʼlumotlari asosida qiyosiy baholashdan iborat.

MATERIALLAR VA USULLAR

Tadqiqot hududi sifatida Markaziy Fargʻona suv ombori va uning bevosita taʼsir zonasi (29 330 ga) tanlandi. Hududdagi vegetatsiya va suv sathi oʻzgarishlarini tahlil qilish uchun AQSh Geologik xizmati (USGS) arxividan olingan, atmosfer korreksiyasidan oʻtkazilgan (Level-2 Surface Reflectance) Landsat 5 TM (20.05.2010),

Landsat 8 OLI/TIRS (20.05.2015 va 26.05.2020) hamda Landsat 9 OLI-2 (16.05.2025) ko‘p spektrali kosmik suratlari qo‘llanildi.

Fazoviy ma’lumotlarni qayta ishlash WGS 1984 UTM Zone 42N proyeksiya tizimida amalga oshirildi. O‘simlik qoplamining zichligini baholash uchun quyidagi formula bo‘yicha Normalashtirilgan farqli vegetatsiya indeksi (NDVI) hisoblandi:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}}$$

Olingan masofaviy ma’lumotlarni to‘laqonli validatsiya qilish maqsadida 2024–2025 yillarda 27 ta tuproq kesmasi ochilib, genetik grizontlardan 100 dan ortiq tuproq namunalari olindi. Tuproqlarning elektr o‘tkazuvchanligi (SEC_e) va namligi laboratoriya sharoitida aniqlandi. Shuningdek, global iqlim o‘zgarishlari ta’sirini gidrotexnik inshoot ta’siridan ajratib o‘rganish maqsadida suv omboridan 30–35 km g‘arbda joylashgan, tuproq-iqlim sharoiti o‘xshash bo‘lgan 500 gektarlik maxsus nazorat (fon) uchastkasi tanlanib, ko‘p yillik monitoring ma’lumotlari solishtirildi.

NATIJARLAR VA MUHOKAMA

Suv yuzasi va qishloq xo‘jaligi yerlarining ko‘p yillik dinamikasi

Hisoblangan NDVI kartalari va sinflanish natijalari shuni ko‘rsatdiki, suv ombori ishga tushirilgandan so‘ng hududdagi landshaft strukturasi sezilarli o‘zgargan. Suv obyektlari va baliqchilik hovuzlarini aks ettiruvchi ochiq suv sathi 2010 yildagi 1% (293,3 ga) dan 2015 yilda 12% (3 519,6 ga) gacha oshgan, 2020–2025 yillarda esa barqarorlashib, qariyb 15% (4 399,5 ga) ni tashkil etgan.

O‘simlik qoplamini va ochiq yerlar dinamikasida quyidagi tendentsiyalar kuzatildi:

Ochiq yerlar va juda siyrak o‘simliklar (NDVI: 0,015–0,14): 2010 yilda 68% (19 944,4 ga) bo‘lgan bo‘lsa, 2025 yilga kelib 40% (11 732,0 ga) gacha qisqargan. Bu hududda qishloq xo‘jaligi ekinlari maydonlarining o‘zlashtirilishi va umumiy fon yaxshilanganidan dalolat beradi.

O'rtacha zichlikdagi o'simlik qoplami (NDVI: 0,18–0,27): 12% dan (3 519,6 ga) 25% gacha (7 332,5 ga) kengaygan.

Yaxshi va zich o'simlik qoplami (NDVI: 0,27–0,74): 2020–2025 yillarda muayyan tebranishlarni boshdan kechirib, ayrim qirg'oqbo'yi qismlarida pasayish tendentsiyasini namoyon etdi.

Tuproqlarning sho'rlanishi va lokal gidromorf jarayonlar: Dala kuzatishlari va laboratoriya tahlillari shuni ko'rsatdiki, suv omborining shimoli-sharqiy va shimoli-g'arbiy qirg'oqlari bo'ylab (50–100 m radiusdagi zonada) sizot suvlarining sathi yuqori ko'tarilishi (1,0–1,5 m gacha) natijasida tuproqlarda ikkilamchi sho'rlanish va botqoqlanish (qamishzorlar va солончаклар) hosil bo'lgan. Havoning yillik yuqori harorati ($14,8\text{--}18,3^{\circ}\text{C}$) va yog'ingarchilikning kamligi (113–190 mm) sharoitida intensiv bug'lanish jarayoni tuproqning ustki qatlamida tuzlarning to'planishini keskin tezlashtirmoqda.

Nazorat uchastkasi bilan qiyosiy tahlillar shuni ko'rsatdiki, fon hududida o'zgarishlar faqat mavsumiy xususiyatga ega bo'lsa, suv omborining bevosita ta'sir zonasida (500 metrlik bufer полосcada) NDVI ko'rsatkichlarining lokal pasayishi va o'simliklar stressi aniq kuzatildi. Bu esa mazkur geoeologik o'zgarishlarga faqat mintaqaviy iqlim o'zgarishlari emas, balki gidrotexnik inshootdan bo'ladigan filtratsion yo'qotishlar asosiy sabab ekanini isbotlaydi.

XULOSA

Markaziy Farg'ona suv ombori ta'sir zonasida 2010–2025 yillar oralig'ida olib borilgan masofadan zondlash va GAT tahlillari suv havzalari maydoni 1% dan 15% gacha kengayganini, baliqchilik va qishloq xo'jaligi tuzilmasi o'zgarganini ko'rsatdi.

Hududning umumiy qishloq xo'jaligi fonida o'simlik qoplami yaxshilangan bo'lsa-da, suv omboriga tutash qirg'oqbo'yi zonalarda (500 m gacha bo'lgan masofada) sizot

suvlarining sathi ko'tarilishi hisobiga lokal botqoqlanish va ikkilamchi sho'rlanish o'choqlari shakllangan.

Olingan ilmiy natijalar asosida quyidagi amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi:

Suv ombori atrofidagi xavf zonalari bo'yicha muhandislik-gidrogeologik tekshiruvlarni muntazam o'tkazish va drenaj tarmoqlarini takomillashtirish;

Sug'orish rejimini ilmiy asosda rejalashtirish hamda tuproq sho'rlanishiga qarshi adaptiv boshqaruv choralarini kuchaytirish.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Cui X., Han W., Zhang H., et al. Estimating and mapping the dynamics of soil salinity under different crop types using Sentinel-2 satellite imagery // *Geoderma*. 2023. Vol. 440. P. 116738. DOI: 10.1016/j.geoderma.2023.116738.

2. Metternicht G. I., Zinck J. A. Remote sensing of soil salinity: Potentials and constraints // *Remote Sensing of Environment*. 2003. Vol. 85. № 1. P. 1-20.

3. Kholdorov Sh., Lakshmi G., Jabbarov Z., et al. Analysis of Irrigated Salt-Affected Soils in the Central Fergana Valley, Uzbekistan, Using Landsat 8 and Sentinel-2 Satellite Images, Laboratory Studies, and Spectral Index-Based Approaches // *Eurasian Soil Science*. 2023, Vol. 56. № 8. P. 1178-1189.

4. Жаббаров З. А., Абдрахманов Т., Джалилова Г. Т. ва б. Влияние Каттакурганского водохранилища на почвенный покров и процесс гидроморфизма // *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2025. № 3. С. 4-20.

5. Романюк Ю. А., Ганиев И. И. Мониторинг Центрально-Ферганского водохранилища с использованием дистанционного зондирования // *Наука и инновации*. 2024. С. 136-145.

6. Давронов О.Ў. Масофадан зондлаш оркали яйлов ерлари мониторингини юритиш: монография. Тошкент: "Lesson Press" МЧЖ, 2022. 132 б.