



SHIMOLI-G‘ARBIY QIZILQUM CHO‘L EKOTIZIMLARIDA O‘SIMLIK QOPLAMI DINAMIKASINING FAZOVIIY-VAQT O‘ZGARISHLARINI GAT VA MASOFADAN ZONDLASH TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BAHOLASH

Nukus davlat pedagogika instituti
Xalqaro aloqalar bo‘limi
metodisti **B.D.Jumamuratov**
batiratamuratov35@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Shimoli-g‘arbiy Qizilqum cho‘l ekotizimlarida o‘simliklar qoplamining 2000–2025-yillar oralig‘idagi fazoviy-vaqt dinamikasi geoaxborot tizimlari (GAT) va masofadan zondlash texnologiyalari asosida baholangan. Tadqiqotda o‘simliklar qoplamining holati va o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash uchun NDVI, SAVI va MSAVI vegetatsiya indekslaridan foydalanilgan. Indeksning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi chiziqli regressiya asosida tahlil qilinib, trendning statistik ahamiyati p -qiymati va R^2 ko‘rsatkichlari orqali baholangan. Natijalarga ko‘ra, NDVI qiymati 2000-yildagi $-0,731$ dan 2025-yilda $-0,989$ gacha pasaygan va ushbu pasayish statistik jihatdan yuqori ahamiyatga ega bo‘lgan ($p=3,38 \times 10^{-8}$; $R^2=0,726$). SAVI qiymati $-0,427$ dan $-0,503$ gacha pasayib, trend statistik jihatdan ahamiyatli bo‘lgan ($p=0,00684$; $R^2=0,267$). MSAVI bo‘yicha esa $-0,381$ dan $-0,423$ gacha pasayish kuzatilgan, biroq trend statistik jihatdan barqaror bo‘lmagan ($p=0,157$; $R^2=0,082$). Fazoviy tahlil o‘simliklar qoplamidagi o‘zgarishlarning asosan lokal va mozaik xarakterga ega ekanligini ko‘rsatdi. Tadqiqot natijalari Shimoli-g‘arbiy Qizilqum cho‘l ekotizimlarida o‘simliklar qoplamining holati va dinamikasini monitoring qilishda GAT va masofadan zondlash texnologiyalaridan kompleks foydalanish samarali ekanligini ko‘rsatadi.

Gilt sózler: Shimoli-g‘arbiy Qizilqum, o‘simliklar qoplamini, GAT, masofadan zondlash, NDVI, SAVI, MSAVI, vegetatsiya dinamikasi, cho‘l ekotizimi, ekologik monitoring.

Аннотация: В данной статье на основе геоинформационных систем (ГИС) и технологий дистанционного зондирования была оценена пространственно-временная динамика растительного покрова пустынных экосистем Северо-Западного Кызылкума в период с 2000 по 2025 год. В исследовании для определения состояния и тенденций изменения растительного покрова использовались вегетационные индексы NDVI, SAVI и MSAVI. Изменение индексов во времени было проанализировано на основе линейной регрессии, и статистическая значимость тренда была оценена с помощью p -

значений и показателей R2. Согласно результатам, значение NDVI снизилось с $-0,731$ в 2000 году до $-0,989$ в 2025 году, и это снижение было статистически значимым ($p=3,38 \times 10^{-8}$; $R^2 = 0,726$). Значение SAVI снизилось с $-0,427$ до $-0,503$, и тренд был статистически значимым ($p=0,00684$; $R^2 = 0,267$). По MSAVI наблюдалось снижение с $-0,381$ до $-0,423$, но тренд был статистически неустойчивым ($p=0,157$; $R^2 = 0,082$). Пространственный анализ показал, что изменения в растительном покрове носят преимущественно локальный и мозаичный характер. Результаты исследования показывают эффективность комплексного использования ГИС и технологий дистанционного зондирования для мониторинга состояния и динамики растительного покрова в пустынных экосистемах Северо-Западного Кызылкума.

Ключевые слов: Северо-западный Кызылкум, растительный покров, ГИС, дистанционное зондирование, NDVI, SAVI, MSAVI, динамика вегетации, пустынная экосистема, экологический мониторинг.

Annotation. This article evaluates the spatiotemporal dynamics of vegetation cover in the desert ecosystems of the Northwestern Kyzylkum between 2000 and 2025 using geographic information systems (GIS) and remote sensing technologies. The study utilized the NDVI, SAVI, and MSAVI vegetation indices to determine the state and trends of vegetation cover changes. Changes in indices over time were analyzed based on linear regression, and the statistical significance of the trend was evaluated using the p-value and R2 indicators. According to the results, the NDVI value decreased from -0.731 in 2000 to -0.989 in 2025, and this decrease was statistically significant ($p=3.38 \times 10^{-8}$; $R^2=0.726$). The SAVI value decreased from -0.427 to -0.503 , and the trend was statistically significant ($p=0.00684$; $R^2=0.267$). For MSAVI, a decrease from -0.381 to -0.423 was observed; however, the trend was not statistically stable ($p=0.157$; $P^2 = 0.082$). Spatial analysis showed that changes in vegetation cover are primarily local and mosaic in nature. The research results demonstrate the effectiveness of the integrated use of GIS and remote sensing technologies in monitoring the state and dynamics of vegetation cover in the desert ecosystems of the Northwestern Kyzylkum.

Keywords: Northwestern Kyzylkum, vegetation cover, GIS, remote sensing, NDVI, SAVI, MSAVI, vegetation dynamics, desert ecosystem, environmental monitoring.

Kirish. Shimoli-g‘arbiy Qizilqum cho‘l ekotizimlari O‘zbekistonning qurg‘oqchil hududlaridan biri bo‘lib, o‘zining tabiiy-iqlim, tuproq va geomorfologik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Hududning quruq iqlimi, yog‘ingarchilikning kamligi, yuqori harorat va tuproq namligining o‘zgaruvchanligi o‘simliklar qoplamining shakllanishiga va uning fazoviy-vaqt dinamikasiga bevosita ta‘sir ko‘rsatadi. Shu sababli cho‘l ekotizimlarida o‘simliklar qoplamining holatini uzluksiz kuzatib borish, uning o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash va o‘zgarishlarning asosiy omillarini baholash muhim ilmiy va amaliy masalalardan biridir.

Ayni paytda masofaviy zondlash va geoaxborot texnologiyalarining rivojlanishi o‘simliklar qoplamini katta hududlarda uzoq muddat davomida kuzatish imkonini bermoqda.

Ayniqsa, vegetatsiya indeksleri asosida o‘simliklar holatini miqdoriy baholash, ularning makonda tarqalishini aniqlash va vaqt bo‘yicha o‘zgarishlarini taqqoslash ekologik monitoringning samarali usullaridan biridir. NDVI indeksi o‘simliklarning yashil biomassasi va fotosintetik faolligini baholashda keng qo‘llaniladi, SAVI va MSAVI indeksleri esa tuproq fonining ta‘sirini hisobga olish orqali siyrak o‘simlikli va quruq hududlarni o‘rganishda qo‘shimcha imkoniyatlar beradi. [2]

Shimoli-g‘arbiy Qizilqum kabi cho‘l hududlarida o‘simliklar qoplami beqaror bo‘lib, iqlim va tuproq-namlik sharoitlariga bog‘liq holda yildan-yilga o‘zgarib turadi. Avvalgi tadqiqotlarda ham Qizilqum cho‘lida o‘simliklar dinamikasiga qurg‘oqchilik va iqlim omillari kuchli ta‘sir ko‘rsatishi ko‘rsatilgan. Biroq Shimoli-g‘arbiy Qizilqum hududida o‘simliklar qoplamining uzoq muddatli o‘zgarishlarini bir nechta vegetatsiya indeksleri yordamida kompleks tarzda baholash masalalari yetarli darajada o‘rganilmagan. [1,6–9]

Shunga ko‘ra, tadqiqotning asosiy maqsadi - Shimoli-g‘arbiy Qizilqum cho‘l ekotizimlarida o‘simliklar qoplamining 2000-2025 yillar oralig‘idagi fazoviy-vaqt o‘zgarishlarini GAT va masofadan zondlash texnologiyalari asosida baholashdan iborat.

Tadqiqot maqsadiga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilab olindi:

1. 2000-2025 yillar uchun Shimoli-g‘arbiy Qizilqum hududida o‘simliklar qoplamining holatini NDVI, SAVI va MSAVI vegetatsiya indeksleri asosida baholash;
2. vegetatsiya indekslarining vaqt bo‘yicha o‘zgarish tendensiyalarini aniqlash;
3. o‘simliklar qoplamidagi o‘zgarishlarning fazoda tarqalish xususiyatlarini GAT usullari yordamida tahlil qilish;
4. o‘simliklar qoplamining o‘zgarishlarini iqlim va namlik omillari bilan bog‘lash.

Tadqiqotning ilmiy ahamiyati Shimoli-g‘arbiy Qizilqum kabi quruq cho‘l ekotizimida o‘simliklar qoplamining uzoq muddatli dinamikasini bir necha vegetatsiya indeksleri yordamida kompleks tarzda baholash bilan belgilanadi. Olingan natijalar cho‘l ekotizimlarining ekologik holatini monitoring qilish, o‘simliklar qoplamidagi o‘zgarishlarni o‘z vaqtida aniqlash va tabiiy resurslardan barqaror foydalanish bo‘yicha ilmiy asos sifatida qo‘llanilishi mumkin.

Tadqiqot obyekti sifatida Shimoli-g‘arbiy Qizilqumning cho‘l ekotizimlaridagi o‘simliklar qoplami olindi. Tadqiqotda o‘simliklar qoplamining fazoviy-vaqt o‘zgarishlarini baholash uchun geoaxborot texnologiyalari (GAT) va masofaviy zondlash ma‘lumotlaridan foydalanildi.

Tadqiqot ishida 2000-2025 yillar oralig‘idagi o‘simliklar qoplamining o‘zgarishlarini aniqlash maqsadida NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) va MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) vegetatsiya indeksleri qo‘llanildi. Ushbu indekslar o‘simliklar qoplamining holatini miqdoriy baholash, uning makonda tarqalishini va vaqt bo‘yicha o‘zgarish tendensiyalarini aniqlashga imkon beradi.

NDVI o‘simliklarning vegetativ faolligini baholashda asosiy indeks sifatida qo‘llanildi. SAVI tuproq fonining o‘simliklar signaliga ta‘sirini kamaytirish maqsadida

foydalanildi. Bu indeks tuproq ta'sirini hisobga oladigan L koeffitsientini qo'llaydi. MSAVI esa SAVI indeksining takomillashtirilgan shakli bo'lib, tuproq fonining ta'sirini yanada kamaytirishga va o'simliklar signalining sezgirligini oshirishga yo'naltirilgan. [3]

Vegetatsiya indeksleri asosida olingan ma'lumotlar GAT muhitida qayta ishlandi. 2000-2025-yillar oralig'idagi indeks qiymatlarining o'zgarishlari vaqt qatori sifatida tahlil qilinib, ularga trendlik baholash o'tkazildi. O'zgarish tendensiyasini aniqlashda chiziqli regressiya usuli qo'llanilib, trendning yo'nalishi va statistik ahamiyati p-qiymat va determinatsiya koeffitsiyenti (R^2) orqali baholandi.

Shu bilan birga, o'simliklar qoplamidagi o'zgarishlarning fazoviy xususiyatlari kartografik usul bilan tahlil qilindi. O'zgarishlar o'simliklar qoplamidagi barqarorlik, ko'payish va kamayish hududlari bo'yicha taqqoslandi. Bu yondashuv Shimoli-g'arbiy Qizilqum hududidagi o'simliklar qoplamining o'zgarishlarini nafaqat vaqt bo'yicha, balki makon bo'yicha ham baholashga imkon berdi.

O'simliklar qoplamining iqlimiy omillar bilan bog'liqligini aniqlash maqsadida namlik, harorat va atmosfera qurg'oqchiligi ko'rsatkichlari bilan vegetatsiya indeksleri o'rtasidagi bog'liqliklar tahlil qilindi. Bunda SOIL, PDSI, harorat ko'rsatkichlari va VPD kabi iqlimiy omillar hisobga olindi. Natijada Shimoli-g'arbiy Qizilqumda o'simliklar qoplamining yildan-yilga o'zgarishida birgina omil emas, balki namlik va haroratga bog'liq kompleks gidrotermik sharoitlarning ahamiyatli ekanligi baholandi. [7–9]

O'simliklar qoplamining NDVI, SAVI va MSAVI indeksleri bo'yicha dinamikasi Shimoli-g'arbiy Qizilqum hududida o'simliklar qoplamining 2000-2025-yillar oralig'idagi o'zgarishlari NDVI, SAVI va MSAVI spektral indeksleri asosida tahlil qilindi. Uch indeks bo'yicha olingan natijalar o'simliklar qoplamining uzoq muddatli dinamikasida o'zgarish yo'nalishlarining bir xil emasligini ko'rsatdi.

NDVI bo'yicha 2000-yilda o'rtacha yillik qiymat $-0,731$ bo'lgan bo'lsa, 2025-yilda $-0,989$ gacha pasaygan. Absolyut o'zgarish $-0,257$ ni tashkil etdi. NDVI uchun chiziqli trendning qiyaligi $-0,0158$ yilga teng bo'lib, $p = 3,38 \times 10^{-8}$ va $R^2 = 0,726$ qiymatlari aniqlangan. Bu ko'rsatkichlar NDVI bo'yicha aniqlangan pasayish tendensiyasining statistik jihatdan yuqori ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi.

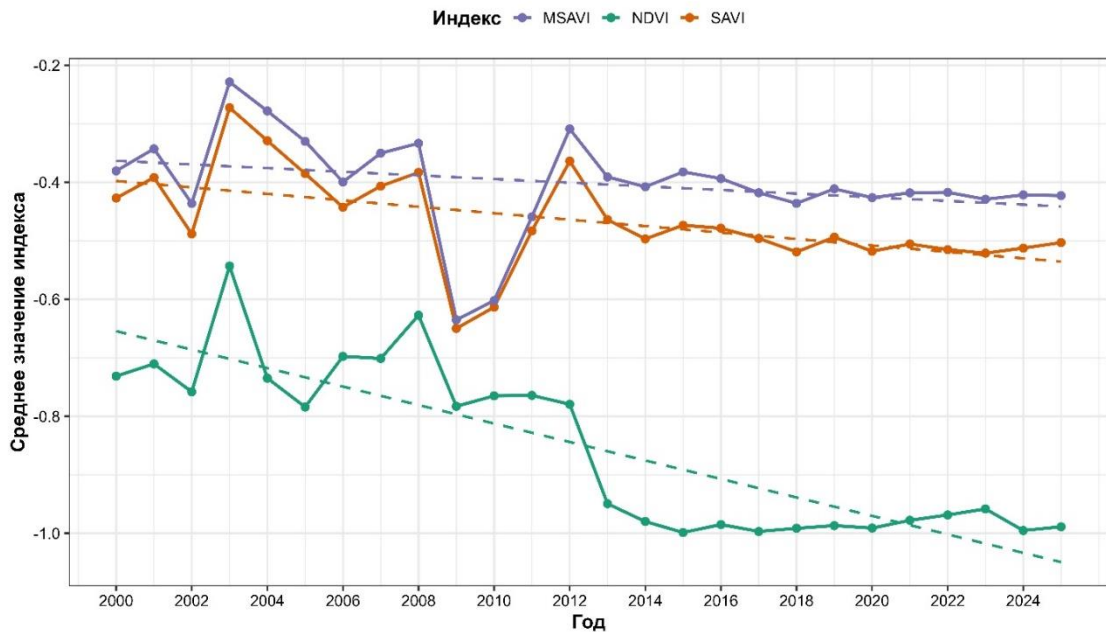
SAVI indeksi bo'yicha ham pasayish yo'nalishi aniqlangan. 2000-yildagi $-0,427$ qiymat 2025-yilga kelib $-0,503$ gacha pasaygan. Mutlaq o'zgarish $-0,076$, trend qiyaligi $-0,0055$ yilga teng. Bu trendning statistik ahamiyatliligi $p = 0,00684$, $R^2 = 0,267$ bo'lgan. Demak, SAVI bo'yicha ham pasayish yo'nalishi bor, lekin bu bog'liqlik NDVI bilan solishtirganda kuchsizroq.

MSAVI indeksida 2000-yildagi $-0,381$ qiymatdan 2025-yilda $-0,423$ gacha pasayish kuzatilgan. Mutlaq o'zgarish $-0,042$, trend qiyaligi $-0,0031$ yilga teng. Ammo $p=0,157$ va $R^2 = 0,082$ bo'lishi MSAVI bo'yicha aniqlangan tendensiyaning statistik jihatdan barqaror emasligini ko'rsatadi.

Uch indeks natijalarini taqqoslash Shimoli-g'arbiy Qizilqum hududida uzoq muddatli o'zgarishlarni aniqlashda NDVIning sezgirligi yuqoriroq ekanligini ko'rsatadi. SAVI va

MSAVI indeksleri esa cho‘l sharoitidagi noyob o‘simliklar va ochiq tuproq fonining ta‘sirini hisobga olganligi sababli, o‘zgarishlarni ancha tekis tarzda aks ettiradi. [3–5]

Vaqt qatori ichidagi o‘zgarishlar ham bir xil bo‘lmagan. 2003-yilda o‘simliklar qoplami holatining qisqa muddatli yaxshilanishi uchta indeks bo‘yicha ham kuzatilgan. 2009-2010-yillarda, ayniqsa, SAVI va MSAVI qiymatlarida pasayish keskin bo‘lgan, NDVI ham past qiymatlardan biriga yetgan. 2011-2012-yillarda nisbatan barqarorlashuv kuzatilgan. 2013-yildan keyin SAVI va MSAVI bo‘yicha trend atrofida nisbatan tekis tebranishlar, NDVI bo‘yicha esa pastroq fon darajasining saqlanishi kuzatilgan.



1-rasm. Shimoli-g‘arbiy Qizilqum hududida 2000-2025 yillarda NDVI, SAVI va MSAVI indekslarining o‘rtacha yillik qiymatlari dinamikasi. Tutash chiziqlar va indeksning yillararo haqiqiy qiymatlari, uzuq chiziqlar bilan ularning o‘rganilayotgan davrdagi o‘zgarishining chiziqli tendensiyalari ko‘rsatilgan.

Shimoli-g‘arbiy Qizilqum hududida 2000-2025 yillar oralig‘ida o‘simliklar qoplaminin g‘azoviy-vaqt o‘zgarishlarini GAT va masofaviy zondlash usullari asosida baholash natijasida o‘simliklar qoplamidagi o‘zgarishlarning o‘ziga xos xususiyatlari aniqlandi. NDVI, SAVI va MSAVI indeksleri bo‘yicha olingan ma‘lumotlar hududning katta qismida o‘simliklar qoplaminin nisbatan barqarorligini, o‘zgarishlarning esa asosan lokal va mozaik xarakterda ekanligini ko‘rsatdi.

NDVI indeksida 2000-2025-yillar oralig‘ida $-0,731$ dan $-0,989$ gacha pasayish kuzatilib, trendning yillik qiyaligi $-0,0158$, $p=3,38 \times 10^{-8}$ va $R^2=0,726$ bo‘ldi. SAVI indeksida $-0,427$ dan $-0,503$ gacha o‘zgarish, yillik trend $-0,0055$, $p=0,00684$ va $R^2=0,267$ bo‘lgani aniqlandi. MSAVI indeksida $-0,381$ dan $-0,423$ gacha pasayish kuzatilgan bo‘lsa-da, trend statistik jihatdan ahamiyatli bo‘lmadi ($p=0,157$; $R^2=0,082$).

Fazoviy o‘zgarishlarni tasniflash natijalari ham hududning asosiy qismida o‘simliklar qoplaminin barqaror ekanligini ko‘rsatdi. NDVI bo‘yicha doimiy hududlar 94,79%, SAVI bo‘yicha 96,03%, MSAVI bo‘yicha 95,07% ni tashkil etdi. Bu natijalar Shimoli-g‘arbiy

Qizilqumda o‘simliklar qoplamidagi o‘zgarishlarning hudud bo‘yicha bir xil emas, balki ayrim uchastkalarda mozaik tarzda yuzaga kelishini ko‘rsatadi.

Iqlim omillari bilan bog‘liqlikni tahlil qilish o‘simliklar qoplamining yillik o‘zgarishlarida tuproq namligi, qurg‘oqchilik darajasi, harorat va VPD kabi omillar kompleks tarzda ta’sir qilishini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, SAVI va MSAVI indekslarining namlik omillari bilan bog‘liqligi aniqroq bo‘lgani aniqlandi.

Umuman, GAT va masofaviy zondlash texnologiyalarini, ayniqsa NDVI, SAVI va MSAVI indekslarini birgalikda qo‘llash Shimoli-g‘arbiy Qizilqum kabi quruq cho‘l ekotizimlarida o‘simliklar qoplamining holati va dinamikasini baholashning samarali usuli ekanligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar hududdagi o‘simliklar qoplamining fazoviy-vaqt o‘zgarishlarini monitoring qilish va ekologik holatini baholash uchun asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Aralova D., Kariyeva J., Khujanazarov T., Toderich K. Drought variability and land degradation in Central Asia: assessment using remote sensing data and drought indices // *Vegetation of Central Asia and Environs.* – Cham: Springer, 2018. – P. 15–47.

2. Gao C., Ren X., Fan L., He H., Zhang L., Zhang X., Li Y., Zeng N., Chen X. Assessing the vegetation dynamics and its influencing factors in Central Asia from 2001 to 2020 // *Remote Sensing.* – 2023. – Vol. 15, No. 19. – Article 4670.

3. Huang S., Tang L., Hupy J. P., Wang Y., Shao G. A commentary review on the use of normalized difference vegetation index (NDVI) in the era of popular remote sensing // *Journal of Forestry Research.* – 2021. – Vol. 32. – P. 1–6.

4. Huete A. R. A soil-adjusted vegetation index (SAVI) // *Remote Sensing of Environment.* – 1988. – Vol. 25, No. 3. – P. 295–309.

5. Qi J., Chehbouni A., Huete A. R., Kerr Y. H., Sorooshian S. A modified soil adjusted vegetation index // *Remote Sensing of Environment.* – 1994. – Vol. 48, No. 2. – P. 119–126.

6. Hao H., Chen Y., Xu J., Li Z., Li Y., Kayumba P. M. Water deficit may cause vegetation browning in Central Asia // *Remote Sensing.* – 2022. – Vol. 14, No. 11. – Article 2574.

7. Liu L., Peng J., Li G., Guan J., Han W., Ju X., Zheng J. Effects of drought and climate factors on vegetation dynamics in Central Asia from 1982 to 2020 // *Journal of Environmental Management.* – 2023. – Vol. 328. – Article 116997. – DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116997.

8. Yuan Y., Bao A., Liu T., Zheng G., Jiang L., Guo H., Jiang P., Yu T., De Maeyer P. Assessing vegetation stability to climate variability in Central Asia // *Journal of Environmental Management.* – 2021. – Vol. 298. – Article 113330.

9. Liu L., Zheng J., Guan J., Li C., Ma L., Liu Y., Han W. Strong positive direct impact of soil moisture on the growth of Central Asian grasslands // *Science of the Total*

10. Tojibaev K. Sh., Beshko N. Yu., Popov V. A. Botaniko-geograficheskoe rayonirovanie Uzbekistana // Botanicheskiy zhurnal. – 2016. – T. 101, № 10. – S. 1105–1132. – DOI: 10.1134/S000681361610001X.

11. Туремуратов У. Растительный покров Северо-Западных Кызылкумов. – Ташкент: Фан, 1978. – 276 с.

12. Коровин Е. П. Растительность Средней Азии и Южного Казахстана. – Кн. 1. – Ташкент: Изд-во АН УзССР, 1961. – 450 с.

13. Закиров П. К. Ботаническая география низкогорий Кызылкума и хребта Нуратау. – Ташкент: Фан, 1971. – 203 с.

14. Sharipova V., Rakhimova N., Rakhimova T., Sadinov Z. Current state of mixed-Calligonum (Calligonum L.) type of pastures in North-Western Kyzylkum (Uzbekistan) // E3S Web of Conferences. – 2024. – Vol. 537. – Article 03002. – DOI: 10.1051/e3sconf/202453703002.

15. Muminov M. A., Nosirov M. G., Mukimov T., Normuradov D. S., Khodjibabayev K., Bohodirkhodja I., Urokov S., Kholiyev A., Eshquvvatov B. B., Mamadoliev I. I. Multi-faceted analysis of land use impact on rangeland health: insights from normalized difference vegetation index assessment in stream, road, and mining areas // Journal of Ecological Engineering. – 2025. – Vol. 26, No. 1. – P. 196–203. – DOI: 10.12911/22998993/195472.