QO‘QON DAVLAT PEDAGOGIKA INSTITUTI ILMIY XABARLARI
(2026-yil 6-son)

TABIIY FANLAR

NATURAL SCIENCES

https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i06.069

TRANSPORT VOSITALARIDAN AJRALIB CHIQAYOTGAN OG‘IR METALLARNING TOSHKENT–BEKOBOD AVTOMOBIL YO‘LI ATROFIDA TARQALGAN TUPROQLAR VA O‘SIMLIKLARGA TA’SIRINI EKOLOGIK BAHOLASH

Jabbarov Zafarjon Abdukarimovich
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Biologiya va ekologiya fakulteti Tuproqshunoslik kafedrasi professori. zafarjonjabbarov@gmail.com
Jobborov Baxrom Turg‘unovich
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Biologiya va ekologiya fakulteti Ekologiya kafedrasi professori. jobborov@mail.ru
Nosirov Sherzod Nuritdinovich,
Xurramov Nodir Norboy o‘g‘li.
Mirzo Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti Biologiya va ekologiya fakulteti Ekologiya kafedrasi mustaqil izlanuvchilarii. sherzodnosirov5959@gmail.com , ekologiyanuu.uz@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada Toshkent–Bekobod avtomobil yo‘li atrofida tarqalgan tuproqlar va o‘simlik qoplamining transport vositalaridan ajralib chiqayotgan og‘ir metallar bilan ifloslanish darajasi hamda ularning ekologik holatga ta'siri kompleks baholangan. Tadqiqot davomida transport oqimi yuqori bo‘lgan hududlarda tuproq va o‘simlik namunalari tanlab olinib, ulardagi Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, As, Sb hamda boshqa og‘ir metallarning fazoviy taqsimlanishi, bioakkumulyatsiya xususiyatlari va tuproq unumdorligi ko‘rsatkichlari bilan o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilingan. Og‘ir metallarning transport yo‘liga yaqin hududlarda yuqori konsentratsiyada to‘planishi, masofa ortishi bilan esa ularning miqdori bosqichma-bosqich kamayishi aniqlangan. Shuningdek, transport chiqindilarining tuproqning agrokimyoviy xossalari, biologik faolligi va o‘simliklar tomonidan kimyoviy elementlarning o‘zlashtirilishiga ko‘rsatadigan ta'siri ekologik nuqtai nazardan baholangan. Tadqiqot natijalari asosida yo‘l bo‘yi agroekotizimlarining ekologik holatini monitoring qilish, og‘ir metallarning migratsiyasini nazorat qilish hamda tuproqlardan ekologik xavfsiz va barqaror foydalanishga qaratilgan ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Olingan natijalar transport infratuzilmasi rivojlangan hududlarda tuproq resurslarini muhofaza qilish, ekologik monitoring tizimini takomillashtirish

hamda yo‘l bo‘yi ekotizimlarining ekologik barqarorligini ta'minlashda muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

Kalit so‘zlar: transport vositalari, avtomobil yo‘llari, tuproqlar, yo‘l bo‘yi tuproqlari, og‘ir metallar, tuproq unumdorligi, ekologik monitoring, bioakkumulyatsiya, fazoviy taqsimlanish, antropogen ta'sir, ekologik xavf, agroekotizim, qo‘rg‘oshin (Pb), rux (Zn), mis (Cu), nikel (Ni), xrom (Cr), Toshkent–Bekobod avtomobil yo‘li.

Аннотация: В данной статье дана комплексная экологическая оценка степени загрязнения орошаемых почв и растительного покрова, распространённых вдоль автомобильной дороги **Ташкент–Бекабад**, тяжёлыми металлами, поступающими в окружающую среду в результате эксплуатации автотранспортных средств. В ходе исследования были отобраны образцы почв и растений на участках с различной интенсивностью транспортного потока, проведён анализ пространственного распределения тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, As, Sb и др.), их биоаккумуляционных особенностей, а также установлена взаимосвязь между содержанием токсичных элементов и показателями плодородия почв.

Установлено, что максимальные концентрации тяжёлых металлов приурочены к территориям, непосредственно прилегающим к автомобильной дороге, тогда как с увеличением расстояния от источника загрязнения их содержание закономерно снижается. Кроме того, дана экологическая оценка влияния транспортных выбросов на агрохимические свойства почв, их биологическую активность, а также на процессы накопления химических элементов растениями.

На основе полученных результатов разработаны научно обоснованные практические рекомендации, направленные на совершенствование системы экологического мониторинга придорожных агроэкосистем, контроль миграции тяжёлых металлов и обеспечение экологически безопасного и рационального использования орошаемых почв. Полученные результаты имеют важное научное и практическое значение для охраны почвенных ресурсов, совершенствования экологического мониторинга и обеспечения экологической устойчивости природных экосистем в условиях возрастающей транспортной нагрузки.

Ключевые слова: автомобильный транспорт, автомобильные дороги, орошаемые почвы, придорожные почвы, тяжёлые металлы, плодородие почв, экологический мониторинг, биоаккумуляция, пространственное распределение, антропогенное воздействие, экологический риск, агроэкосистема, свинец (Pb), цинк (Zn), медь (Cu), никель (Ni), хром (Cr), автомобильная дорога Ташкент–Бекабад.

Kirish. So‘nggi yillarda urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi, sanoat ishlab chiqarishining kengayishi hamda avtomobil transporti sonining ortishi atrof-muhitga tushayotgan antropogen yuklamani sezilarli darajada kuchaytirmoqda. Avtomobil transporti atmosfera

havosi, tuproq va o‘simlik qoplami ifloslanishining asosiy manbalaridan biri bo‘lib, ekologik xavfsizlikni ta'minlashdagi dolzarb muammolar qatoridan o‘rin olgan. Transport vositalarining ekspluatatsiyasi natijasida hosil bo‘ladigan gazsimon chiqindilar, qattiq dispers zarrachalar hamda og‘ir metallar yo‘l bo‘yi ekotizimlarining ekologik holatiga salbiy ta'sir ko‘rsatadi.

WHO, UNEP va EEA ma'lumotlariga ko‘ra, yirik shaharlarda atmosfera havosi ifloslanishining 60–90 % gacha bo‘lgan qismi transport vositalari hissasiga to‘g‘ri keladi. Avtomobil dvigatellarida yoqilg‘ining yonishi, shinalar va tormoz kolodkalarining yeyilishi natijasida Pb, Zn, Cu, Cd, Ni, Cr, Mn, Co, As va Sb kabi og‘ir metallar atmosfera orqali yo‘l bo‘yi tuproqlariga cho‘kadi. Ushbu elementlar tuproqning yuqori qatlamida uzoq muddat saqlanib, biologik aylanish jarayoniga kirishi hamda oziq zanjiri orqali inson salomatligiga xavf tug‘dirishi mumkin.

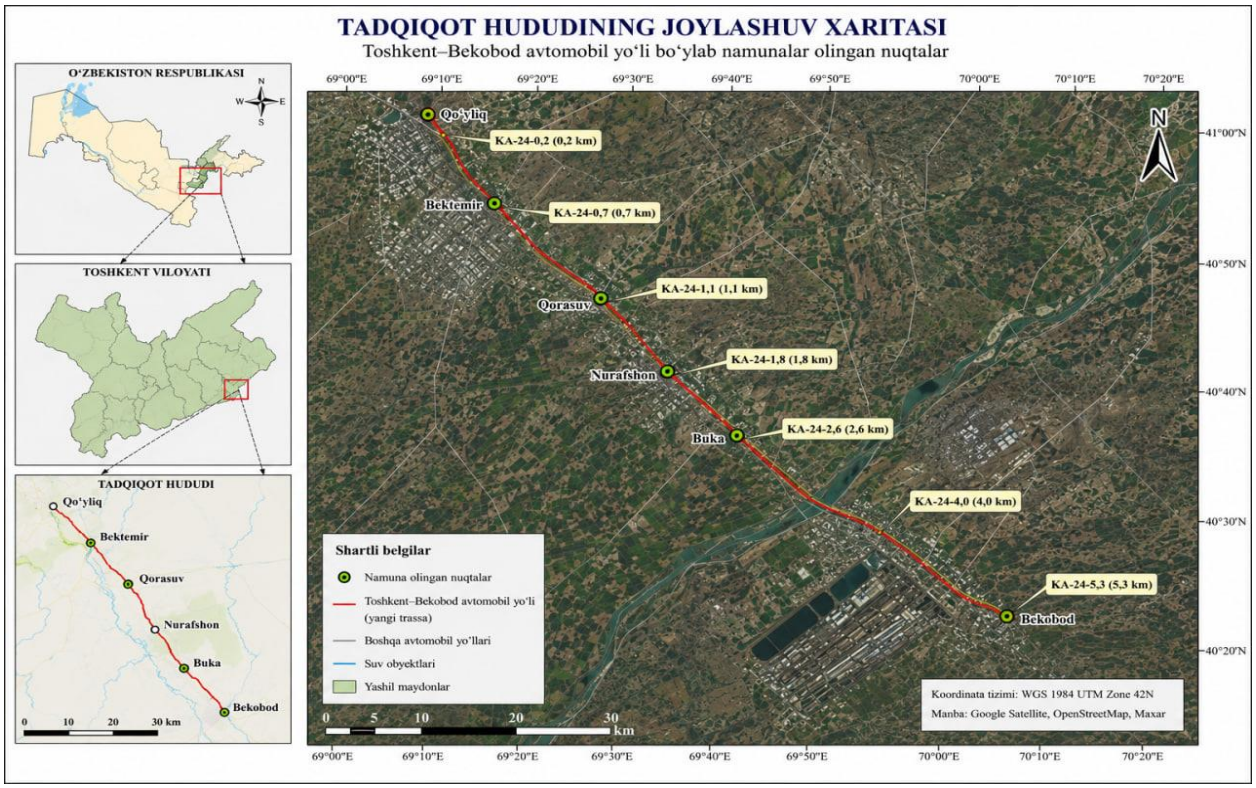
Bugungi kunda dunyoda 1,5 milliarddan ortiq avtomobil ekspluatatsiya qilinmoqda va ularning soni har yili o‘rtacha 2–3 % ga ortib bormoqda. O‘zbekistonda ham transport infratuzilmasini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Respublikada xalqaro ahamiyatga ega avtomobil yo‘llarining uzunligi 3 833 km, davlat ahamiyatidagi avtomobil yo‘llari 14 316 km, mahalliy avtomobil yo‘llari esa 24 222 kmni tashkil etadi. Transport vositalari sonining ortishi, ayniqsa Toshkent shahri va Toshkent viloyatida transport oqimining keskin oshishiga sabab bo‘lmoqda. Poytaxt hududida bir sutkada 900 mingdan ortiq transport vositalari harakatlanadi, ulardan 170–180 mingga yaqini viloyatlardan kirib keladi. Mazkur transport oqimining salmoqli qismi Toshkent–Nurafshon–Bekobod avtomobil yo‘li orqali harakatlanadi.

Toshkent–Bekobod avtomobil yo‘li poytaxtni Bekobod sanoat hududi va Sirdaryo viloyati bilan bog‘lovchi muhim transport magistrali hisoblanadi. Ushbu yo‘nalishda yengil va yuk avtomobillari, xalqaro tranzit transport vositalari hamda qishloq xo‘jaligi texnikalarining uzluksiz harakati kuzatiladi. Transport vositalaridan ajralayotgan chang, kuyindi va og‘ir metallarning tuproq yuzasida to‘planishi bo‘z tuproqlarning fizik-kimyoviy hamda biologik xossalarini o‘zgartirib, gumus miqdori, oziqa elementlari muvozanati va mikrobiologik faolligining pasayishiga olib keladi. Natijada tuproq unumdorligi kamayadi, o‘simliklarda bioakkumulyatsiya jarayoni kuchayadi va ekologik xavf darajasi ortadi.

Shu munosabat bilan Toshkent–Bekobod avtomobil yo‘li atrofida tarqalgan tuproqlarda og‘ir metallarning fazoviy tarqalishini, ularning tuproq unumdorligi va o‘simliklar bioakkumulyatsiyasiga ta'sirini kompleks baholash hamda ekologik monitoringni takomillashtirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot Toshkent shahri Qo‘yliq massividan Bekobod shahrigacha bo‘lgan avtomobil yo‘li bo‘ylab tarqalgan bo‘z tuproqlar hududida olib borildi. Namunalar transport oqimi intensivligini hisobga olgan holda KA-24-0,2; KA-24-0,7; KA-24-1,1; KA-24-1,8; KA-24-2,6;

KA-24-4,0 va KA-24-5,3 kuzatuv nuqtalaridan olindi. Nazorat namunasi transport ta'siri minimal bo‘lgan hududdan tanlandi.



1-rasm

Tuproq namunalari 0–20 sm chuqurlikdan konvert usulida uch martalik takrorlanishda olindi. O‘simlik namunalari sifatida hududda keng tarqalgan Cynodon dactylon, Artemisia diffusa, Alhagi pseudalhagi va Atriplex tatarica turlari tanlandi. O‘simliklar laboratoriyada standart usullar asosida quritilib, maydalanib kimyoviy tahlilga tayyorlandi.

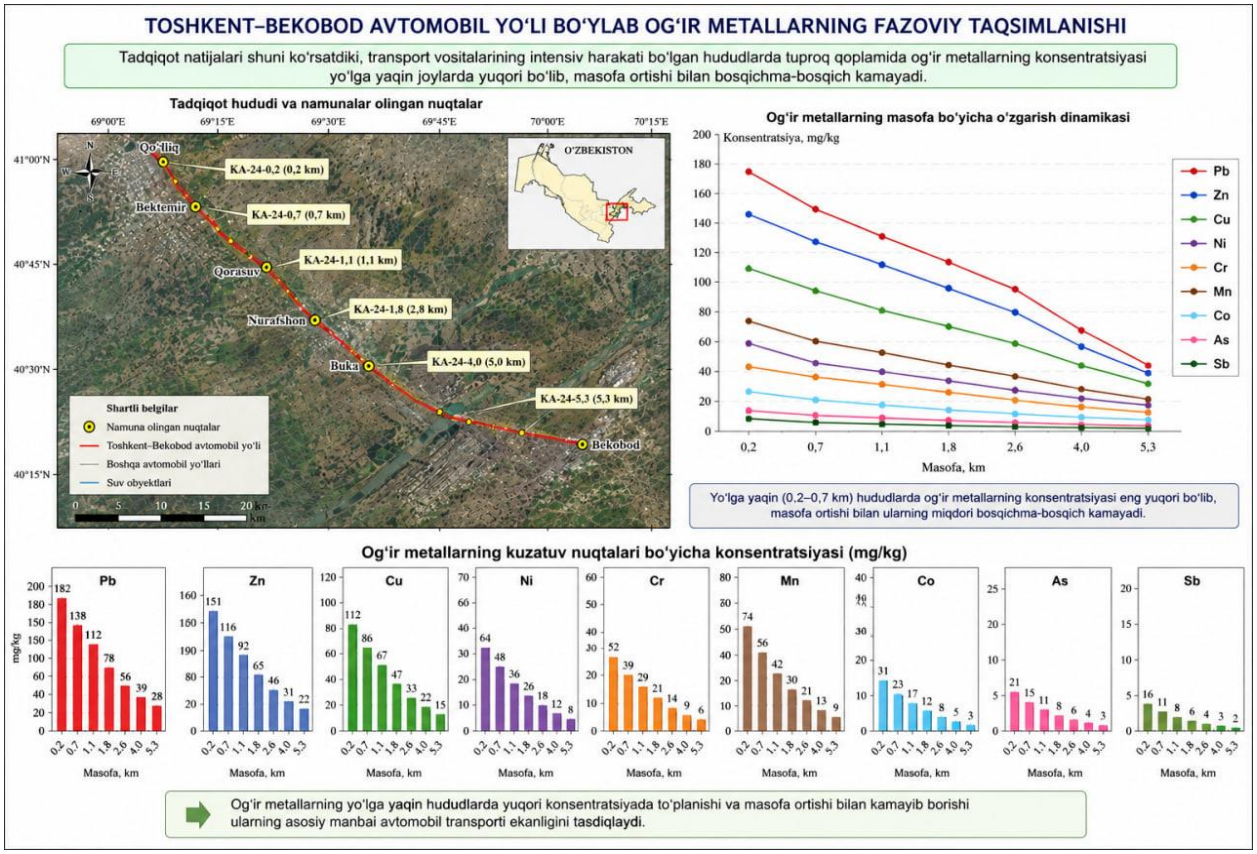
Tuproqning agrokimyoviy ko‘rsatkichlari (gumus, pH, harakatchan fosfor, almashinuvchi kaliy va umumiy azot) amaldagi standart metodikalar asosida aniqlandi. Og‘ir metallarning (Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, As, Sb, Cd) miqdori nam mineralizatsiyadan so‘ng ICP–MS va atom-absorbsiya spektrometriyasi (AAS) usullarida aniqlandi. Olingan natijalar mg/kg birlikda ifodalanib, amaldagi me'yoriy qiymatlar bilan taqqoslandi.

Transport vositalarining ekologik ta'sirini baholash maqsadida og‘ir metallarning tuproq va o‘simliklarda bioakkumulyatsiyasi Bioaccumulation Factor (BAF) hamda Transfer Factor (TF) ko‘rsatkichlari orqali baholandi. Tuproqning ifloslanish darajasi Contamination Factor (CF), Geoaccumulation Index (Igeo) va Pollution Load Index (PLI) indekslari yordamida hisoblandi. Mazkur indekslar og‘ir metallarning antropogen kelib chiqishini aniqlash hamda ekologik xavf darajasini kompleks baholash imkonini berdi.

Tadqiqot natijalarining statistik ishonchliligini aniqlash uchun dastlabki ma'lumotlarga Microsoft Excel 2021, IBM SPSS Statistics 26.0 va RStudio dasturlarida matematik-statistik ishlov berildi. O‘rtacha qiymatlar, standart og‘ish, variatsiya koeffitsienti, Pearson korrelyatsiya

tahlili hamda dispersion tahlil (ANOVA) usullaridan foydalanildi. Natijalar P < 0,05 ishonchlilik darajasida baholandi.

Og‘ir metallarning hudud bo‘yicha fazoviy taqsimlanishi ArcGIS 10.8 va QGIS 3.34 dasturlari yordamida tahlil qilindi. Namuna olish nuqtalarining geografik koordinatalari GPS (Global Positioning System) qurilmasi yordamida aniqlanib, fazoviy ma'lumotlar bazasi shakllantirildi. Interpolyatsiya ishlari Inverse Distance Weighting (IDW) usuli asosida bajarilib, qo‘rg‘oshin, rux, mis, nikel va boshqa og‘ir metallarning tarqalish xaritalari tuzildi. Hosil qilingan tematik xaritalar transport oqimi ta'sirida og‘ir metallarning fazoviy migratsiyasini hamda yo‘l bo‘yi agroekotizimlarining ekologik holatini baholash imkonini berdi.



2-rasm

Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, Toshkent–Bekobod avtomobil yo‘li bo‘ylab transport vositalari intensiv harakatlanadigan hududlarda tuproq qoplamida og‘ir metallarning fazoviy taqsimlanishi transport yuklamasi bilan bevosita bog‘liq holda shakllanadi. Avtomobil yo‘liga eng yaqin joylashgan kuzatuv nuqtalarida qo‘rg‘oshin (Pb), rux (Zn), mis (Cu), nikel (Ni), xrom (Cr), marganes (Mn), kobalt (Co), mishyak (As) va surma (Sb) elementlarining konsentratsiyasi nisbatan yuqori ekanligi kuzatildi. Transport oqimidan uzoqlashgan sari ushbu elementlarning miqdori bosqichma-bosqich kamayib borishi ularning asosiy manbai avtomobil transporti bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi.

Yo‘l bo‘yi hududlarida og‘ir metallarning to‘planishi, avvalo, avtomobil dvigatellarida yoqilg‘ining yonishi, shinalarning abraziv yeyilishi, tormoz kolodkalarining ishqalanishi hamda

yo‘l qoplamasining mexanik yemirilishi natijasida hosil bo‘ladigan chang zarrachalari bilan izohlanadi. Atmosferaga chiqarilgan ushbu zarrachalar shamol oqimlari ta'sirida yaqin hududlarga tarqalib, tuproqning ustki qatlamida to‘planadi. Ayniqsa, tuproqning 0–20 sm qatlamida og‘ir metallarning yuqori konsentratsiyada aniqlanishi ularning uzoq muddat davomida akkumulyatsiyalanish xususiyatiga ega ekanligini tasdiqlaydi.

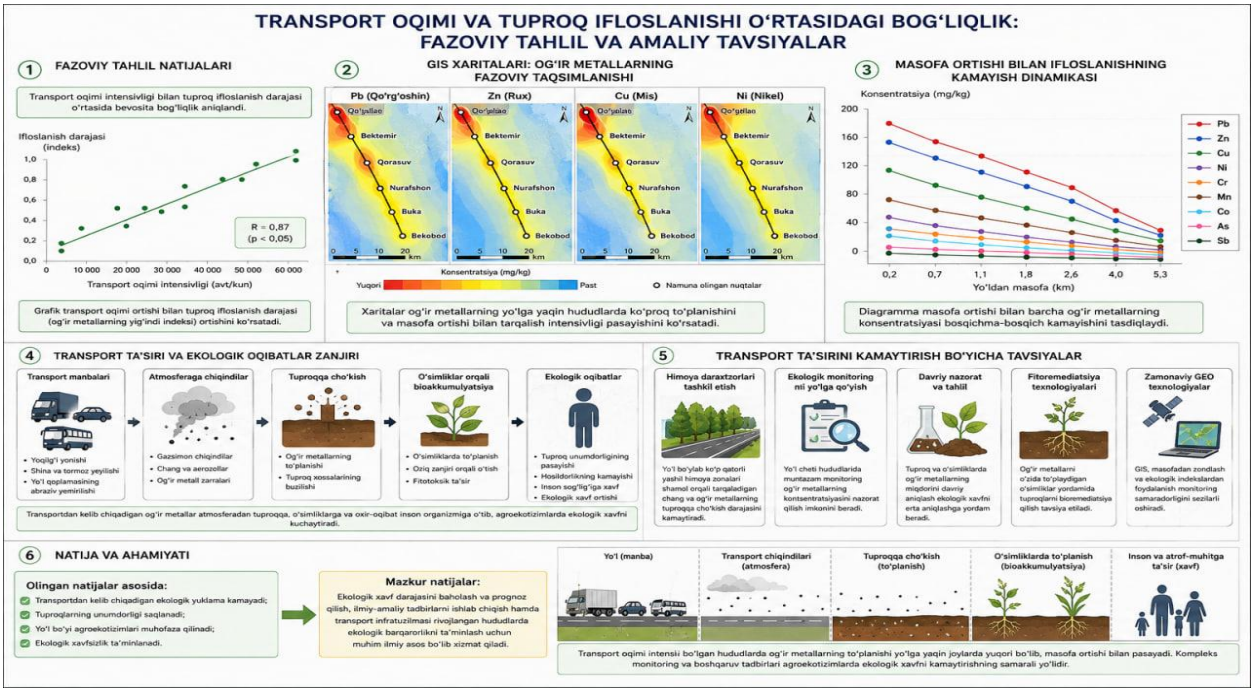
Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, transport yo‘liga yaqin hududlarda tuproqning agrokimyoviy ko‘rsatkichlarida ham ma'lum darajadagi o‘zgarishlar kuzatiladi. Og‘ir metallarning ortishi natijasida tuproqning biologik faolligi pasayadi, mikroorganizmlar soni kamayadi, fermentativ jarayonlar sustlashadi hamda gumusning mineralizatsiya jarayoni tezlashadi. Bunday o‘zgarishlar tuproq unumdorligining pasayishiga, oziqa elementlarining o‘simliklar tomonidan o‘zlashtirilish darajasining kamayishiga va agroekotizimlarning ekologik barqarorligining buzilishiga olib keladi.

Transport chiqindilarining ta'siri nafaqat tuproqda, balki o‘simlik qoplamida ham yaqqol namoyon bo‘ladi. Tadqiqot hududida uchraydigan ajriq (Cynodon dactylon), shuvoq (Artemisia spp.), yantoq (Alhagi spp.) va sho‘ra (Atriplex spp.) kabi o‘simlik turlarida og‘ir metallarning bioakkumulyatsiyasi kuzatilishi ularning transport chiqindilariga sezgir bioindikator ekanligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, yo‘l chetiga yaqin joylashgan o‘simlik namunalari tarkibida Pb, Zn va Cu elementlarining nisbatan yuqori miqdorda to‘planishi aniqlanib, masofa ortishi bilan bioakkumulyatsiya koeffitsientining kamayishi kuzatildi. Ushbu holat transport vositalaridan ajralayotgan chang va aerozol zarrachalarining o‘simlik barglari hamda ildiz tizimi orqali o‘zlashtirilishi bilan izohlanadi.

Olingan natijalar xalqaro tadqiqotlar bilan ham mos keladi. Xitoy, Turkiya, Hindiston va Pokistonda avtomobil yo‘llari atrofida o‘tkazilgan tadqiqotlarda ham og‘ir metallarning asosiy qismi yo‘lning birinchi o‘nlab metrlari ichida to‘planishi, masofa ortishi bilan esa ularning konsentratsiyasi sezilarli darajada kamayishi qayd etilgan. Bu esa transport vositalari yo‘l bo‘yi tuproqlari va o‘simliklarining kimyoviy tarkibini o‘zgartiruvchi asosiy antropogen omillardan biri ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi.

GIS texnologiyalari asosida tuzilgan fazoviy taqsimlanish xaritalari og‘ir metallarning avtomobil yo‘li bo‘ylab notekis tarqalishini ko‘rsatdi. Interpolyatsiya natijalari transport oqimi yuqori bo‘lgan uchastkalarda ifloslanish darajasi yuqoriroq, qishloq xo‘jaligi maydonlari ichkarisiga kirib borishi bilan esa ifloslanish intensivligi pasayishini namoyon etdi. Bu esa avtomobil yo‘llari atrofida ekologik monitoringni muntazam tashkil etish va himoya yashil zonalarini kengaytirish zarurligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari transport vositalaridan ajralib chiqayotgan og‘ir metallarning tuproqlarda to‘planishi va o‘simliklarga o‘tishi hududning ekologik holatiga sezilarli ta'sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi. Shu sababli transport yo‘llari atrofidagi agroekotizimlarda og‘ir metallarning migratsiyasini muntazam nazorat qilish, ekologik monitoringni takomillashtirish, fitoremediatsiya usullarini qo‘llash hamda himoya daraxtzorlari barpo etish ekologik xavfni kamaytirishning muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.



3-rasm

Tadqiqot natijalari Toshkent–Bekobod avtomobil yo‘li atrofida tarqalgan tuproqlarning ekologik holati transport vositalari faoliyati bilan chambarchas bog‘liqligini ko‘rsatdi. Avtomobil transportidan ajralib chiqayotgan chang, gazsimon chiqindilar va abraziv zarrachalar tarkibidagi og‘ir metallar yo‘l bo‘yi tuproqlarida to‘planib, ularning fizik-kimyoviy hamda biologik xossalariga salbiy ta'sir ko‘rsatishi aniqlandi. Transport yo‘liga yaqin hududlarda Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, Co, As va Sb kabi elementlarning konsentratsiyasi yuqoriroq bo‘lib, yo‘ldan uzoqlashgan sari ularning miqdori bosqichma-bosqich kamayishi kuzatildi. Bu esa og‘ir metallarning asosiy manbai avtomobil transporti ekanligini yana bir bor tasdiqlaydi.

Tadqiqot davomida transport vositalarining tuproq unumdorligi ko‘rsatkichlariga ta'siri baholanib, og‘ir metallarning ortishi tuproqning biologik faolligi, gumus miqdori, oziqa elementlari muvozanati hamda mikrobiologik jarayonlarga salbiy ta'sir ko‘rsatishi ilmiy jihatdan asoslandi. Shuningdek, yo‘l bo‘yi hududlarida tarqalgan o‘simlik turlarida og‘ir metallarning bioakkumulyatsiyasi kuzatilib, ularning ekologik monitoring tizimida bioindikator sifatida foydalanish imkoniyati mavjudligi aniqlandi.

Fazoviy tahlillar transport oqimi intensivligi bilan tuproq ifloslanish darajasi o‘rtasida bevosita bog‘liqlik mavjudligini ko‘rsatdi. GIS texnologiyalari yordamida tuzilgan ifloslanish xaritalari og‘ir metallarning transport yo‘liga yaqin hududlarda ko‘proq to‘planishini hamda

masofa ortishi bilan ularning tarqalish intensivligi pasayishini tasdiqladi. Mazkur natijalar avtomobil yo‘llari atrofidagi agroekotizimlarda ekologik xavf darajasini baholash va prognoz qilish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Transport ta'sirini kamaytirish maqsadida avtomobil yo‘llari bo‘ylab ko‘p qatorli himoya daraxtzorlari tashkil etish, yo‘l cheti hududlarida muntazam ekologik monitoringni yo‘lga qo‘yish, tuproq va o‘simliklarda og‘ir metallarning miqdorini davriy nazorat qilish hamda fitoremediatsiya texnologiyalarini amaliyotga joriy etish maqsadga muvofiqdir. Bundan tashqari, transport oqimi yuqori bo‘lgan hududlarda tuproqlarning ekologik holatini baholashda zamonaviy geoinformatsion texnologiyalar, masofadan zondlash usullari va ekologik indekslardan kompleks foydalanish monitoring samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Olingan natijalar transport vositalaridan kelib chiqadigan ekologik yuklamani kamaytirish, tuproqlarning unumdorligini saqlash, yo‘l bo‘yi agroekotizimlarini muhofaza qilish hamda transport infratuzilmasi rivojlangan hududlarda ekologik xavfsizlikni ta'minlashga qaratilgan ilmiy-amaliy tadbirlarni ishlab chiqishda muhim nazariy va amaliy ahamiyatga ega.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti. 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida. PF–60-son Farmoni. Toshkent, 2022.

2. O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya, atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishi vazirligi. O‘zbekiston Respublikasida atrof-muhit holati to‘g‘risida milliy ma'ruza. – Toshkent, 2024. – 186 b.

3. O‘zbekiston Respublikasi Transport vazirligi. O‘zbekiston Respublikasida avtomobil transporti va avtomobil yo‘llari bo‘yicha statistik ma'lumotlar. – Toshkent, 2024. – 94 b.

4. Jobborov. B.T., Xurramov N.N., Ecological status of surface water sources distributed around the angren coal mine. Vol. 3 No. 3.1 (2026): O'zMU xabarlari 3.1\2026 Tabiiy fanlar 75-77 b. https://doi.org/10.69617/nuuz.v3i3.1.11275

5. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 5th Edition. – Boca Raton: CRC Press, 2021. – 548 p.

6. Alloway B.J. Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability. 4th Edition. – Cham: Springer, 2019. – 520 p.

7. Akhtar S., Luqman M., Farooq Awan M.U. et al. Health risk implications of iron in wastewater soil-food crops grown in the vicinity of peri-urban areas of the District Sargodha. PLoS ONE. – 2022. – Vol. 17(11). – e0275497.

8. Jobborov. B.T., Xurramov N.N., Tuproqlarni turli zararli chiqindilar ta’sirida ph muhitini o‘zgarishi (Angren ko‘mir koni atrofida tarqalgan tuproqlar misolida) NamDU–Namangan davlat universiteti ilmiy axborotnomasi, 2025. (12)-сони, 223-227-b https://journal.namdu.uz/archive/2025-issue-12

9. Adamiec E., Jarosz-Krzemińska E., Wieszała R. Heavy metals from non-exhaust vehicle emissions in urban and roadside environments. Environmental Monitoring and Assessment. – 2022. – Vol. 194. – Article 127.

10. Kumar V., Sharma A., Pandita S. et al. Road traffic induced heavy metal contamination in agricultural soils: A review. Chemosphere. – 2022. – Vol. 307. – 135545.

11. Li F., Zhang J., Huang J. Traffic-related heavy metal accumulation in roadside agricultural soils and plants. Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2023. – Vol. 251. – 114531.

12. Zhang X., Luo Y., Wang Y. Spatial distribution and ecological risk assessment of heavy metals in roadside soils. Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 755. – 142619.

13. Ali H., Khan E., Ilahi I. Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: Environmental persistence, toxicity and bioaccumulation. Journal of Chemistry. – 2019. – Article ID 6730305.

14. World Health Organization (WHO). WHO Global Air Quality Guidelines. – Geneva: WHO, 2021. – 360 p.

15. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Environment Outlook – GEO-6: Healthy Planet, Healthy People. – Nairobi: UNEP, 2019. – 708 p.

16. European Environment Agency (EEA). Transport and Environment Report 2023: Decarbonising road transport. – Copenhagen: EEA, 2023. – 128 p.