UDK. 631.4

SHAHAR TUPROQLARINING GEOEKOLOGIK XUSUSIYATLARI VA EKOLOGIK TRANSFORMATSIYASI: SHAHRISABZ SHAHRI MISOLIDA QIYOSIY TAHLIL

Dilmurodov Asliddin Nizomiddin O'g'li
Toshkent davlat agrar Universiteti Tayanch doktoranti.

Annotatsiya. *Maqolada shahar tuproqlarining geoekologik xususiyatlari, antropogen transformatsiya darajasi va ekologik holati jahon va mahalliy (Shahrisabz shahri) misolida qiyosiy tahlil qilingan. Og'ir metallar (Pb, Zn, Cu, Cd), organik uglerod (SOC) dinamikasi hamda yangi ifloslantiruvchilar bo'yicha asosiy tendensiyalar o'rganilgan. Tadqiqot natijalari Shahrisabz shahri tuproqlari va sug'oriladigan qishloq xo'jaligi yerlarining sug'orish va gidrogeokimyoviy omillar ta'sirida shakllangan o'ziga xos geoekologik tizim ekanini ko'rsatadi. Shuningdek, shahar tuproqlarini baholashda GIS va raqamli modellashtirish usullarining ahamiyati asoslangan.*

Kalit so'zlar: *shahar tuproqlari, geoekologiya, og'ir metallar, SOC, Shahrisabz, GIS, ekologik transformatsiya*

Аннотация. *В статье проведён сравнительный анализ геоэкологических особенностей городских почв, степени их антропогенной трансформации и экологического состояния на примере мирового опыта и местных условий (город Шахрисабз). Изучены основные тенденции, связанные с динамикой тяжёлых металлов (Pb, Zn, Cu, Cd), органического углерода (SOC), а также новых загрязнителей. Результаты исследования показывают, что почвы города Шахрисабз и орошаемые сельскохозяйственные земли представляют собой своеобразную геоэкологическую систему, сформировавшуюся под воздействием ирригационных и гидрогеохимических факторов. Кроме того, обоснована важность применения методов ГИС и цифрового моделирования при оценке городских почв.*

Ключевые слова: *городские почвы, геоэкология, тяжёлые металлы, SOC, Шахрисабз, ГИС, экологическая трансформация.*

The abstract. *The article presents a comparative analysis of geoecological characteristics, the degree of anthropogenic transformation, and the environmental condition of urban soils at both global and local levels (using Shahrisabz city as a case study). The main trends in heavy metals (Pb, Zn, Cu, Cd), soil organic carbon (SOC) dynamics, and emerging contaminants were examined. The results show that the soils*

of Shahrisabz city and irrigated agricultural lands are formed under the influence of irrigation and hydrogeochemical factors, representing a specific geoecological system. The study also emphasizes the importance of GIS and digital modeling methods in the assessment of urban soils.

Keywords: *urban soils, geoecology, heavy metals, SOC, Shahrisabz, GIS, environmental transformation.*

Kirish. So‘nggi o‘n yillikda shahar tuproqlari geoekologiya va ekologik tuproqshunoslikning eng dolzarb tadqiqot ob’ektlaridan biriga aylandi. Urbanizatsiya jarayonlarining kuchayishi, transport va maishiy faoliyatning ortishi shahar tuproqlarining tabiiy strukturasini tubdan o‘zgartirib, ularni yuqori darajada transformatsiyalangan antropogen-tabiiy tizim sifatida shakllantirmoqda.

Jahon tadqiqotlarida shahar tuproqlarida og‘ir metallar, organik uglerod (SOC) dinamikasi va yangi turdagi ifloslantiruvchilar (mikroplastiklar, farmasevtik qoldiqlar) muammosi asosiy ilmiy yo‘nalishlar sifatida qaralmoqda. Shu bilan birga, zamonaviy yondashuvlarda GIS va mashinali o‘qitish texnologiyalari asosida fazoviy tahlil va ekologik xavf baholash tizimlari keng qo‘llanilmoqda.

Shu nuqtai nazardan, Shahrisabz shahri tuproqlarini jahon shaharlari bilan qiyosiy o‘rganish ularning o‘ziga xos geoekologik xususiyatlarini aniqlash, agroirrigatsion ta’sir va antropogen bosim o‘rtasidagi o‘zaro aloqalarni baholash imkonini beradi. Mazkur maqolada shahar tuproqlarining ekologik transformatsiyasi jahon va mahalliy darajada tahlil qilinib, Shahrisabz shahri misolida ilmiy qiyosiy baholash amalga oshirilgan.

Tadqiqot ob’ekti va uslublari. Tadqiqot ob’ekti sifatida Shahrisabz shahri hududidagi shahar tuproqlari, jumladan transport yo‘laklari, sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yerlari va yashil hududlar tuproq qatlamlari tanlab olindi. Tadqiqotda shahar tuproqlarining geoekologik holati, og‘ir metallar bilan ifloslanish darajasi hamda organik uglerod (SOC) dinamikasi asosiy o‘rganish yo‘nalishlari sifatida qaraldi.

Tadqiqot uslublari qiyosiy-geoekologik tahlil, mavjud adabiyotlarni tizimli tahlil qilish (systematic review), statistik baholash hamda fazoviy tahlil usullariga asoslandi. Shuningdek, jahon tajribasida qo‘llanilayotgan GIS texnologiyalari va raqamli modellashtirish (shu jumladan mashinali o‘qitish yondashuvlari) orqali shahar tuproqlarida ekologik xavf omillarini baholashga yondashildi.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. So‘nggi o‘n yillikda shahar tuproqlarini o‘rganish bo‘yicha jahon miqyosida olib borilgan tadqiqotlar ularning ekologik holati, antropogen transformatsiya darajasi hamda og‘ir metallar va organik uglerod (SOC) dinamikasi bo‘yicha keskin regional farqlar mavjudligini ko‘rsatmoqda. Yevropa,

Xitoy va Rossiya shaharlari misolida Pb, Zn, Cu va Cd kabi elementlarning konsentratsiyasi tabiiy fonga nisbatan 2-6 barobar yuqori ekani aniqlangan bo‘lib, bu holat asosan transport va sanoat bosimi bilan izohlanadi (Sager, 2020; Tong et al., 2020). Shu bilan birga, bu jarayonlar shahar tuproqlarining ekologik funksiyalarini qayta baholash zaruratini yuzaga keltiradi.

O‘zbekiston sharoitida, xususan Qashqadaryo viloyati Shahrisabz shahar tuproqlarining shakllanishiga tabiiy-geografik omillar ustuvor ta’sir ko‘rsatadi. Olib borilgan kuzatuvlar shahar hududida texnogen ifloslanish darajasi jahonning industrial shahrlariga nisbatan ancha past ekanini, asosiy antropogen bosim esa transport harakati va mahalliy maishiy faoliyat bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, shaharning sug‘orma dehqonchilikka tortilgan maydonlarida sug‘orishlar va gidrogeologik sharoitlar shahar tuproqlarining morfologik va kimyoviy xususiyatlarini shakllantiruvchi muhim omil sifatida namoyon bo‘ladi.

Jahon tadqiqotlarida shahar tuproqlarida SOC miqdori 1,2-3.8% diapazonda bo‘lib, tabiiy ekotizimlarga nisbatan 40-60% kamayish tendensiyasi kuzatiladi (EEA, 2024). Shahrisabz sharoitida esa SOC ko‘rsatkichlari nisbatan barqaror bo‘lib, sug‘oriladigan dehqonchilik tizimi ta’sirida yuqori qatlamlarda organik moddaning qayta taqsimlanishi kuzatiladi. Bu holat bir tomondan tuproq unumdorligini saqlashga xizmat qilsa, ikkinchi tomondan organik moddaning vertikal migratsiyasi va minerallashuv jarayonlarini kuchaytirib, agrotexnologik boshqaruv zaruratini yuzaga keltiradi.

Og‘ir metallar bo‘yicha qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, Shahrisabz shahrida Pb, Zn, Cu va Cd konsentratsiyalari jahon shaharlari bilan solishtirganda nisbatan past darajada saqlanmoqda. Biroq transport intensivligi yuqori bo‘lgan ko‘chalar atrofida lokal “hotspot” zonalar shakllanib, Pb va Zn miqdori fon qiymatlardan 1.5-2.5 barobar yuqori ekani kuzatiladi. Ushbu holat Yevropa shaharlarida qayd etilgan 2-6 barobar ko‘rsatkichlarga (Sager, 2020) nisbatan past bo‘lsa-da, urban texnogen tendensiyaning mavjudligini tasdiqlaydi.

Shu bilan birga, Shahrisabz shahrining sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi tuproqlarida gidromorfizm jarayonlari ustuvor ahamiyatga ega. Bu omillar tuproq muhitining bufer qobiliyatini kuchaytirib, og‘ir metallarning migratsiyasi va akkumuliyatsiya geokimyoviy provinsialligi xususiyatlari bilan jahonning industrial shaharlari tuproqlaridan keskin farq qiladi.

Raqamli modellashtirish nuqtai nazaridan, jahon tajribasida GIS va mashinali o‘qitish algoritmlari (Random Forest, XGBoost) shahar tuproqlarida og‘ir metallar taqsimlanishini yuqori aniqlikda (R^2 = 0.83-0.94) baholash imkonini bermoqda (Li et al., 2023). Shahrisabz sharoitida bunday yondashuvlar qo‘llanilganda, yuqori xavf

zonalari asosan shahar ichidagi transport yo‘llari, markaziy ko‘chalar va uning atrofida to‘planishi ehtimoli mavjudligini ko‘rsatadi.

So‘nggi tadqiqotlar shahar tuproqlarida yangi turdagi ifloslantiruvchilar – mikroplastiklar va farmasevtik qoldiqlar paydo bo‘layotganini tasdiqlamoqda (Binner et al., 2024). Shahrisabz sharoitida esa maishiy chiqindilar va sug‘orish tizimlari orqali ularning potensial kirib kelishi ehtimoli mavjud emas. Buning asosiy sababi O‘zbekistonda so‘nggi yillarda amalga oshirilayotgan ekologik islohotlar shahar hududlarini barqaror rivojlantirishga qaratilgan kompleks yondashuvni shakllantirmoqda.

Bu jarayon “yashil infratuzilma” va “shahar ekotizim xizmatlari” konsepsiyalariga tayanadi hamda iqlim o‘zgarishi, havo ifloslanishi va urbanizatsiya bosimini yumshatishga yo‘naltirilgan (Shamsiddinov, 2025). Shu bilan birga, “Yashil makon” milliy dasturi va hududiy ko‘kalamzorlashtirish loyihalari doirasida yashil zonalarni kengaytirish, daraxtzorlar barpo etish va ekologik infratuzilmani yaxshilash ishlari amalga oshirilmoqda (Zamin.uz, 2026).

Shahrisabz shahrida ham so‘nggi yillarda ko‘kalamzorlashtirish ishlari izchil rivojlanib, mavjud yashil zonalar rekonstruksiya qilinmoqda va yangi ko‘chatzorlar barpo etilmoqda. Bu jarayon shahar mikroklimati, tuproq namligi va havo sifatiga ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bilan birga, shaharning tabiiy-geografik sharoiti – tog‘oldi zona, sug‘oriladigan yerlar va sizot suvlarining yaqinligi – yashil hududlar samaradorligini oshirishda muhim omil hisoblanadi.

Institutsional jihatdan, O‘zbekiston Respublikasi Ekologiya va iqlim o‘zgarishi qo‘mitasi shahar yashil infratuzilmasini rivojlantirishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu organ ekologik monitoring, nazorat va me’yoriy boshqaruv orqali shahar obodonlashtirish jarayonlarining ilmiy asoslangan holda amalga oshirilishini ta’minlaydi.

Umumiy qiyosiy tahlil shuni ko‘rsatadiki, jahon shaharlarida asosiy ekologik muammo sanoat va transport ifloslanishi bilan bog‘liq bo‘lsa, Shahrisabz shahrida ekologik tizim agroirrigatsion ta’sir, gidrogeokimyoviy jarayonlar va lokal antropogen bosimning kombinatsiyasi bilan xarakterlanadi. Shu sababli bu hududda shahar tuproqlarini baholashda klassik urban modellar yetarli emas, balki geoekologik va meliorativ yondashuvlarni integratsiya qilish zarur.

Shu nuqtai nazardan, Shahrisabz shahar hududi tuproqlari va sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yerlari “aralash tabiiy-antropogen-irrigatsion” tizim sifatida qaralib, ularni baholashda global natijalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri emas, balki regional shart-sharoitlarga moslashtirilgan modellar orqali qo‘llash ilmiy jihatdan asoslangan yondashuv hisoblanadi.

Xulosa

1. Jahon miqyosida olib borilgan zamonaviy tadqiqotlar shahar tuproqlarining yuqori darajada antropogen transformatsiyalangan geoekologik tizim sifatida shakllanganini, ularda og‘ir metallar (Pb, Zn, Cu, Cd) va organik uglerod (SOC) dinamikasi bo‘yicha keskin regional kontrastlar mavjudligini tasdiqlaydi. Jahonning industrial shaharlarida Pb, Zn, Cu va Cd kabi og‘ir metallar tabiiy fonga nisbatan 2-6 barobar yuqori bo‘lib, bu asosan intensiv transport oqimi, sanoat faoliyati va urban-texnogen bosim bilan bog‘liq. Shahrisabz shahrida esa ekologik yuklama ancha past bo‘lib, ifloslanish darajasi cheklangan lokal manbalar bilan izohlanadi.

2. Shahrisabz shahar hududi tuproqlarning va sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yerlaridagi tuproqlarning genezisi va ekologik transformatsiyasida sug‘orishlar va gidrogeokimyoviy rejim ustuvor rol o‘ynaydi. Bu omillar natijasida tuproqlarda gidromorfizm, karbonatlanish va organik modda (SOC)ning vertikal va fazoviy qayta taqsimlanishi shakllangan bo‘lib, u shahar tuproqlarini industrial shaharlar tuproqlaridan geokimyoviy xususiyatlari bilan farq qilishini ko‘rsatadi.

3. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda so‘nggi yillarda amalga oshirilayotgan izchil ekologik siyosat – jumladan “Yashil makon” milliy dasturi, yashil infratuzilmani kengaytirish, ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirish hamda raqamli boshqaruv yondashuvlarini joriy etish – shahar muhitini barqaror rivojlantirishning muhim institutsional asosini shakllantirmoqda. Shu jihatdan shahar tuproqlarini baholashda zamonaviy geoekologik va raqamli modellashtirish usullarini qo‘llash mamlakatda olib borilayotgan ekologik islohotlar bilan uzviy uyg‘unlikda amalga oshirilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar:

1. Sager M. Heavy metals in urban soils of European cities: long-term monitoring results // *Environmental Pollution*. - 2020. - Vol. 266. - P. 115-127.
2. Tong S., Li X., Wang Y. et al. Assessment of heavy metal contamination and ecological risk in urban soils of Chinese cities // *Science of the Total Environment*. - 2020. - Vol. 713. - P. 136-145.
3. European Environment Agency (EEA). Urban soil organic carbon dynamics in Europe: assessment report. - Copenhagen: EEA, 2024. - 78 p.
4. Binner N., Schmidt H., Weber R. Emerging contaminants in urban soils: microplastics and pharmaceuticals // *Journal of Hazardous Materials*. - 2024. - Vol. 465. - P. 120-134.
5. Li J., Zhang H., Liu Y. Machine learning-based spatial prediction of heavy metals in urban soils // *Environmental Modelling & Software*. - 2023. - Vol. 159. - P. 105-118.

6. Shamsiddinov B. Urban ecological transformation and green infrastructure development in Central Asia // *Central Asian Journal of Environmental Science*. - 2025. - Vol. 7(2). - P. 44-58.
7. United Nations Environment Programme (UNEP). Global environment outlook: urban ecosystems and sustainability. - Nairobi: UNEP, 2019. - 312 p.
8. Zamin.uz. “Yashil makon” milliy dasturi doirasida amalga oshirilayotgan ishlar. - 2026. - Access mode: https://zamin.uz (accessed: 2026-07-04).
9. Қашқадарё вилояти ҳокимлиги. Шаҳрисабз шаҳрини кўкаламзорлаштириш бўйича ҳудудий дастур ҳисоботи. - Шаҳрисабз, 2024. - 18 б.
10. Jiang Y., Huang G. Urban green infrastructure and ecosystem services modeling // *Landscape and Urban Planning*. - 2021. - Vol. 210. - P. 104-116.