



UDK: 504.064:631.417:669.1 (575.1)

Sherzod N. NOSIROV,

Registrator ofisi menejeri, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: sherzodnosirov5959@gmail.com, ORCID: 0009-0001-2051-3626

Baxrom T. JOBBOROV,

Biologiya fanlari doktori (DSc) professor, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: baxrom.jobborov@mail.ru

Nodir X. XURRAMOV,

Ekologiya kafedrası mustaqil izlanuvchisi, O'zbekiston Milliy universiteti, Toshkent, O'zbekiston

E-mail: ekologiyannuu.uz@gmail.com

Akmal A. AKRAMOV,

Registrator ofisi menejeri, Guliston davlat universiteti, Guliston, O'zbekiston

E-mail: akmalakramov@gmail.com

B.f.n., dotsent R.Allaberdiyev taqrizi asosida

EVALUATION OF THE IMPACT OF INDUSTRIAL WASTES ON SOIL FERTILITY AND MORPHOLOGICAL STRUCTURE (CASE STUDY OF THE BEKABAD INDUSTRIAL ZONE)

Annotation

In this scientific article, the comprehensive impact of technogenic and industrial wastes on the genetic-morphological structure, physicochemical properties, and agrochemical fertility indicators of soil layers under the conditions of the Bekabad industrial zone (adjacent territories of Uzbek Metallurgical Plant JSC) was evaluated. During the study, full soil profiles (soil pits) down to a depth of 1.5 meters were examined, and the morphology of genetic horizons (color, bulk density, structure, chemical and technogenic neoformations), humus reserves, macroelement (N, P, K) balances, as well as the patterns of redistribution and accumulation of heavy metals (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr) in the soil profile were analyzed. The results revealed that the morphological profile of soils surrounding the industrial zone (0.5–1.5 km) underwent severe technogenic transformation, the humus content in the arable layer (0–30 cm) decreased by 36%, and the concentration levels of heavy metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), and zinc (Zn) exceeded the maximum permissible concentration (MPC) standards by 1.37 to 2.10 times. The article provides scientific and practical recommendations on phytoremediation and agro-reclamation measures to restore the soil fertility of these areas.

Keywords: Bekabad industrial zone, metallurgical waste, soil morphology, genetic horizons, soil fertility, humus, heavy metals, phytoremediation, environmental monitoring.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ НА ПЛОДОРОДИЕ И МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЧВ (НА ПРИМЕРЕ БЕКАБАДСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЗОНЫ)

Аннотация

В данной научной статье проведена комплексная оценка влияния техногенных и промышленных отходов на генетико-морфологическое строение, физико-химические свойства и показатели агрохимического плодородия почвенных слоев в условиях Бекабадской промышленной зоны (территории, прилегающие к АО «Узбекский металлургический комбинат»). В ходе исследований были изучены полные почвенные разрезы (шурфы) глубиной до 1.5 метров, проанализированы морфология генетических горизонтов (цвет, плотность, структура, химические и техногенные новообразования), запасы гумуса, баланс макроэлементов (N, P, K), а также закономерности перераспределения и накопления тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr) в почвенном профиле. Полученные результаты показали, что морфологический профиль почв вокруг промышленной зоны (0.5–1.5 км) подвергся серьезной техногенной трансформации, содержание гумуса в пахотном слое (0–30 см) снизилось на 36%, а концентрация тяжелых металлов, таких как свинец (Pb), кадмий (Cd) и цинк (Zn), превысила предельно допустимые концентрации (ПДК) в 1.37–2.10 раза. В статье даны научно-практические рекомендации по фиторемедиации и агромелиоративным мероприятиям для восстановления плодородия почв данных территорий.

Ключевые слова: Бекабадская промышленная зона, металлургические отходы, морфология почв, генетические горизонты, плодородие почвы, гумус, тяжелые металлы, фиторемедиация, экологический мониторинг.

SANOAT CHIQINDILARINING TUPROQ UNUMDORLIGI HAMDA MORFOLOGIK TUZILISHIGA TA'SIRINI BAHOLASH (BEKOBOD SANOAT ZONASI MISOLIDA)

Annotatsiya

Ushbu ilmiy maqolada Bekobod sanoat zonasi (O'zbekiston metallurgiya kombinati AJ tutash hududlari) sharoitida texnogen va sanoat chiqindilarining tuproq qatlamlarining genetik-morfologik tuzilishi, fizik-kimyoviy xossalari hamda agrokimyoviy unumdorlik ko'rsatkichlariga kompleks ta'siri baholangan. Tadqiqotlar davomida 1.5 metr chuqurlikkacha bo'lgan to'liq tuproq kesimlari (shurflar) o'rganilib, genetik gorizontlarning morfologiyasi (rangi, zichligi, strukturasi, kimyoviy va texnogen yangi hosilalari), gumus zaxirasi, makroelementlar (N, P, K) balansi hamda og'ir metallarning (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr) tuproq profilida qayta taqsimlanish va to'planish qonuniyatlari tahlil qilindi. Olingan natijalar sanoat zonasi atrofidagi (0.5–1.5 km) tuproqlar morfologik profilining jiddiy texnogen transformatsiyaga uchraganligini, haydalma qatlamda (0-30 sm) gumus miqdorining 36% ga kamayganligini hamda qo'rg'oshin (Pb) va kadmiy (Cd) miqdori ruxsat etilgan me'yoriy ko'rsatkichlardan Rux (Zn) 1.37–2.10

barobargacha yuqori ekanligini ko'rsatdi. Maqolada ushbu hududlar tuproq unumdorligini qayta tiklash bo'yicha fitoremediatsiya va agro-meliorativ ilmiy-amaliy tavsiyalar berilgan.

Kalit so'zlar: Bekobod sanoat zonasi, metallurgiya chiqindilari, tuproq morfologiyasi, genetik gorizontlar, tuproq unumdorligi, gumus, og'ir metallar, fitoremediatsiya, ekologik monitoring.

Kirish. Insoniyatning intensiv xo'jalik faoliyati va sanoat ishlab chiqarish jarayonlarining tezkor rivojlanishi global hamda mintaqaviy miqyosda atrof-muhit ekologik barqarorligiga jiddiy tahdid solmoqda [1, 2]. Sanoat korxonalari joylashgan hududlarda atmosferaga ajralib chiquvchi zaharli gazlar, chang-aerozollar, shuningdek, suyuq va qattiq chiqindilar eng avvalo tuproq qatlamida to'planib, uning tabiiy va evolyutsion-morfologik xossalarini o'zgartiradi [3]. Tuproq qatlamining texnogen va kimyoviy ifloslanishi uning biologik faolligi va unumdorligini pasaytiribgina qolmay, oziq-ovqat zanjiri orqali qishloq xo'jaligi mahsulotlari sifatiga va inson salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi [4].

O'zbekiston Respublikasining yirik metallurgiya markazi hisoblangan Bekobod sanoat zonasi (O'zbekiston metallurgiya kombinati AJ va unga yondosh sanoat obyektlari) bir necha o'n yillar davomida kuchli texnogen yuklama ostida faoliyat yuritmoqda [5]. Metallurgiya ishlab chiqarishidan hosil bo'luvchi shlak, shlam va atmosfera tashlamalari tarkibida ko'p miqdorda og'ir metallar, sulfatlar hamda minerallashgan birikmalar mavjud bo'lib, ular shamol gultoji hamda yog'inlar ta'sirida atrof-muhitdagi sug'oriladigan bo'z va o'tloq-bo'z tuproqlarga tarqaladi [6]. Sanalgan omillarni hisobga olgan holda, Bekobod sanoat zonasida sanoat chiqindilarining tuproq morfologiyasi hamda unumdorlik ko'rsatkichlariga ta'sirini kompleks baholash va rekultivatsiya chora-tadbirlarini ishlab chiqish o'ta dolzarb ilmiy va amaliy masaladir [7].

Foydalanilgan adabiyotlar sharhi. Sanoat chiqindilari va og'ir metallarning tuproq ekotizimlariga ta'sirini o'rganish bo'yicha mahalliy va xalqaro miqyosda keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan. Akademik F.X.Hashimov va X.M.Maxsudovlar ta'kidlashicha, texnogen ifloslanish tuproqlarning agrokimyoviy xossalarini izdan chiqarib, gumus sintezlanishi va mineral ozuqa elementlarining harakatchanligini keskin pasaytiradi. V.A.Isakov va G.Yuldashev Farg'ona va Toshkent viloyatlari sanoat zonalarini tuproqlarini tadqiq etib, metallurgiya va kimyo sanoati tashlamalari tuproqning ustki 0–30 sm haydalma qatlamida jamlanishini va profil bo'ylab chuqurlashgani sari ularning miqdori kamayishini isbotlaganlar.

Xalqaro ilmiy adabiyotlarda A.Kabata-Pendias hamda C.M.Borkert tadqiqotlarida ko'rsatilishicha, tuproqda kadmий (Cd), qo'rg'oshin (Pb) va rux (Zn) konsentratsiyasining ortishi tuproq mikrobiotasining enzimatik faolligini 40–60% ga susaytiradi. B.Umarov va S.Toshpulatov Bekobod sanoat zonasi atrofida agroekologik vaziyatni tahlil qilib, sanoat changlarining tuproq reaksiyasiga (pH) hamda singdirish kompleksiga salbiy ta'sirini ta'kidlashgan. Shuningdek, R.A.Jalilov, V.K.Gupta va J.L.Morel ishlarida texnogen ifloslangan tuproqlarni biologik va fitoremediatsion usullar yordamida qayta tiklashning zamonaviy texnologiyalari taklif etilgan. Biroq Bekobod sanoat zonasi tuproqlarining chuqur morfologik qatlamlari (1.5 m gacha) transformatsiyasi va unumdorlik dinamikasini kompleks o'rganish bo'yicha qo'shimcha ilmiy izlanishlar talab etiladi.

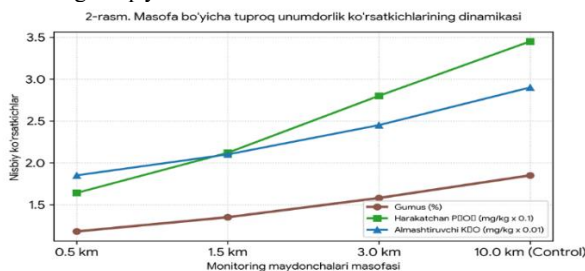
Tadqiqot metodologiyasi va materiallari. Tadqiqotlar 2024–2026 yillarda Bekobod metallurgiya zavodi atrofida sug'oriladigan bo'z va o'tloq-bo'z tuproqlarda olib borildi. Sanoat korxonasining joylashuvi, geomorfologik sharoiti va asosiy shamol gultojini (roza vetrov) hisobga olgan holda, korxonadan turli masofalarda (0.5 km, 1.5 km, 3.0 km hamda nazorat sifatida 10.0 km) doimiy monitoring maydonchalari belgilandi [5, 9].

Tuproq qatlamlarining morfologik tuzilishini har taraflama tahlil qilish uchun har bir monitoring maydonchasida 1.5 metr (150 sm) chuqurlikkacha bo'lgan to'liq tuproq kesimlari (shurflar) kovlandi. Kesimlarni tavsiflashda genetik-morfologik usuldan foydalanilib, har bir genetik gorizontning (A, B, C qatlamlar) qalinligi, rangi, strukturasini, zichligi, g'ovakligi hamda kimyoviy yangi hosilalari qayd etildi [2].

Agrokimyoviy va ekologik-analitik tahlillar uchun har bir morfologik gorizontdan va standart qatlamlardan (0–30 sm, 30–60 sm, 60–100 sm, 100–150 sm) tuproq namunalari olindi. Tuproqdagi gumus miqdori I.V.Tyurin usulida, umumiy azot va fosfor Keldal va Murgi usullarida, harakatchan fosfor va almashtiruvchi kaliy B.P.Machigin usulida aniqlandi [10]. Og'ir metallarning (Pb, Cd, Cu, Zn, Cr) umumiy va harakatchan shakllari miqdori atom-absorbsion spektrometriya (AAS) usulida tahlil qilindi [4, 12].

Tadqiqot natijalari va uning muhokamasi. Tuproq morfologik profilidagi va genetik qatlamlardagi o'zgarishlar. Olingan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, Bekobod sanoat korxonasiga bevosita tutash (0.5 km va 1.5 km) masofadagi tuproq kesimlarida sezilarli morfologik transformatsiyalar kuzatiladi. Nazorat maydonchasidagi (10 km) standart bo'z tuproqlarga nisbatan, sanoat zonasi atrofida tuproqlarning ustki A gorizonti (0–28 sm) quyuq to'q kulrang-kul tusga kirgan bo'lib, buning asosiy sababi sanoat changlari va metallurgiya shlak zarrachalarining tuproq yuzasiga doimiy cho'kishidir [3, 13].

Morfologik kesimlar tahlilida eng yaqin (0.5 km) shurfdan 0–12 sm qatlamda o'ta zich, donador-kesaksimon, strukturasini buzilgan va metall zarralari aralashmasi (yangi hosilalar) yaqqol ko'rinib turuvchi texnogen qatlam shakllangani aniqlandi. Subpaxta va chuqur qatlamlarda (30–90 sm) tuproqning o'ta zichlashgani, g'ovaklikning keskin kamaygani hamda suv va havo o'tkazuvchanlik xossalarining yomonlashgani qayd etildi.

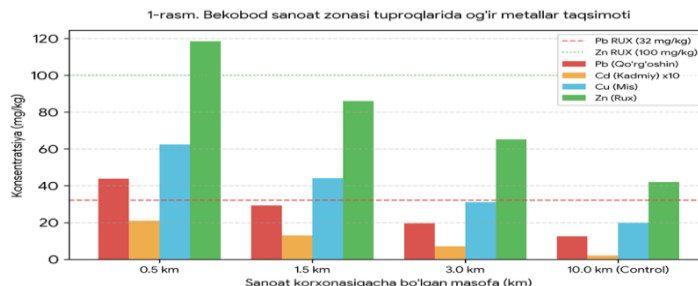


Agrokimyoviy unumdorlik va og'ir metallar taqsimoti tahlili. Sanoat chiqindilarining tuproq unumdorligiga ta'sirini baholashda gumus va ozuqa elementlari miqdori muhim ko'rsatkich hisoblanadi [14]. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, 0.5 km masofadagi tuproqlarning ustki haydalma qatlamida (0–30 sm) gumus miqdori 1.18% ni tashkil etdi, bu esa nazorat hududiga (1.85%) nisbatan 36% ga pastdir (1-jadval).

1-jadval. Bekobod sanoat zonasi tuproqlarining agrokimyoviy ko'rsatkichlari (0-30 sm qatlam)

Namunalar masofasi	Gumus, %	Umumiy N, %	Umumiy P ₂ O ₅ , %	Harakatchan P ₂ O ₅ , mg/kg	Almashtiruvchi K ₂ O, mg/kg
0.5 km (Sanoat atrofi)	1.18	0.095	0.120	16.4	185.0
1.5 km	1.35	0.110	0.138	21.2	210.0
3.0 km	1.58	0.128	0.155	28.0	245.0
10.0 km (Nazorat)	1.85	0.145	0.172	34.5	290.0

Og'ir metallar konsentratsiyasi bo'yicha olingan ma'lumotlar 2-jadvalda hamda 1-rasmda keltirilgan. Unga ko'ra, korxonadan 0.5 km masofadagi tuproqning ustki qatlamida qo'rg'oshin (Pb) va kadmiiy (Cd) miqdori ruxsat etilgan me'yordan Rux (Zn) mos ravishda 1.37 va 2.10 barobar yuqori ekanligi ma'lum bo'ldi [4].

**2-jadval. Tuproqdagi og'ir metallarning to'planish darajasi (mg/kg, 0-30 sm qatlam)**

Masofa / Ko'rsatkich	Pb (Qo'rg'oshin)	Cd (Kadmiiy)	Cu (Mis)	Zn (Rux)	Cr (Xrom)
Zn (Chegara me'yori)	32.0	1.0	55.0	100.0	100.0
0.5 km masofa	43.8	2.1	62.4	118.5	88.2
1.5 km masofa	29.2	1.3	44.1	86.0	64.0
3.0 km masofa	19.5	0.7	31.0	65.2	42.5
10.0 km (Nazorat)	12.4	0.2	19.8	42.0	28.0

Olingan natijalar shuni tasdiqlaydiki, og'ir metallar asosan tuproqning ustki 0–30 sm haydalma qatlamida to'planadi. Profil bo'ylab chuqurlashgan sari (30–60 sm va 60–100 sm) ularning konsentratsiyasi keskin kamayadi, bu esa metall unsurlarning asosan aerol va sanoat changlari shaklida havo orqali kelib tushishini hamda tuproq singdirish kompleksi tomonidan ushlab qolinishini ko'rsatadi [6, 11].

Xulosa va tavsiyalar

- Bekobod sanoat zonasi metallurgiya chiqindilari va atmosfera tashlamalari ta'sirida korxonaga tutash (0.5–1.5 km) tuproqlarning morfologik profili va agrokimyoviy xossalari sezilarli degradatsiyaga uchragan.
- Morfologik jihatdan tuproqning ustki qatlamida donadorlik va g'ovaklik yo'qolgan, zichlik ortgan, kulrang texnogen qatlam shakllangan hamda suv-havo rejimining buzilishi kuzatilgan.
- Agrokimyoviy nuqtai nazardan sanoat atrofi tuproqlarida gumus miqdori nazoratga nisbatan 30–36% ga kamaygan, qo'rg'oshin (Pb) va kadmiiy (Cd) miqdori esa ruxsat etilgan me'yoriy ko'rsatkichlardan (RUX) 1.37–2.10 barobargacha yuqori ekanligi aniqlangan.
- Amaliy tavsiyalar: Ushbu hududlarda tuproq unumdorligini qayta tiklash uchun fitoremediatsiya (og'ir metallarni faol o'zlashtiruvchi giperakkumulyator o'simliklarni ekish), organik o'g'itlar (go'ng, kompost, biochar) miqdorini oshirish hamda muntazam ekologik-analitik monitoring tizimini yo'lga qo'yish zarur.

ADABIYOTLAR

- O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Ekologiya va atrof-muhitni muhofaza qilish sohasida davlat boshqaruvi tizimini takomillashtirish to'g'risidagi Farmoni. – Toshkent, 2021.
- Hashimov F.X., Maxsudov X.M. Tuproqshunoslik va ekologiya asoslari. – Toshkent: Fan, 2018. – B 280.
- Isakov V.A., Yuldashev G. Sanoat hududlarida tuproq ifloslanishi va uni bartaraf etish yollari // O'zbekiston biologiya jurnali. – 2021. – №3. – B 45–49.
- Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. – CRC Press, 4th Edition, 2011. – P 548.
- Umarov B., Toshpulatov S. Bekobod sanoat zonasi tuproqlarining agroekologik holati va monitoringi // O'zbekiston tuproqshunosligi va agrokimyosi. – 2020. – №2. – B. 34–39.
- Jalilov R.A. Metallurgiya sanoati chiqindilarining atrof-muhitga ta'siri va ekologik xavfsizlik // Ekologiya xabarnomasi. – 2022. – №4. – B 12–16.
- Borkert C.M., Cox F.R., Welch R.M. Heavy metals in contaminated soils and phytoremediation techniques // Environmental Soil Science. – 2019. – Vol. 44. – P 112–120.
- Gupta V.K., Ali I. Environmental Pollution and Soil Remediation Technologies. – Elsevier, 2020. – P 410.
- Sattorov M.S. Sanoat chiqindilarining tuproq morfologiyasiga ta'siri // Agro ilm. – 2021. – №5. – B 55–58.
- Machigin B.P. Metodi agroximicheskix issledovaniy pochv Sredney Azii. – Tashkent: Tashkent, 2017. – 210 s.
- Morel J.L., Chenu C., Lorenz K. Organic matter dynamics in technosols and polluted urban soils // Geoderma. – 2021. – Vol. 382. – Article 114720.
- Nazarov M.K., Saidov A.S. Atom-absorbsion spektrometriya usulida tuproqdagi og'ir metallarni aniqlash // Kimyo va kimyo texnologiyasi. – 2022. – №1. – B 62–67.
- Adriano D.C. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. – Springer-Verlag, 2nd Edition, 2001. – P 867.
- Xo'jayev O.T. Tuproq unumdorligi va uni oshirish tadbirlari. – Toshkent: O'zbekiston, 2019. – B 175.