



<https://doi.org/10.70728/a.series.tab.v08.i08.016>

SIRDARYO VILOYATI SUG‘ORILADIGAN BO‘Z-O‘TLOQI VA O‘TLOQI TUPROQLARIDA EKOTOKSIKANTLAR HARAKATCHANLIGINI BELGILOVCHI MORFOGENETIK OMILLAR

Xakimov Baxodir Botir o‘g‘li

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali assistent o‘qituvchisi
iD <https://orcid.org/0009-0003-6824-0131>

Djurayev Baxodir Begaliyevich

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali katta o‘qituvchisi
iD <https://orcid.org/0009-0008-4774-6914>

Isayeva Gulbaxor Abdulla qizi

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali tadqiqotchisi

Dangalova Madina Amrilloyevna

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali tadqiqotchisi

Annotatsiya. Maqolada Sirdaryo viloyatida 2020–2025-yillarda tavsiflangan sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi va o‘tloqi tuproq kesmalari asosida og‘ir metallar, seziy-137, stronsiy-90 hamda pestitsidlarning harakatchanligini boshqaruvchi morfogenetik omillar tizimlashtirilgan. Haydalma qatlam, zichlashgan ostki gorizont, karbonat belgilari, tuz yo‘llari, yengil granulometrik tarkib va sizot suvi chuqurligining diagnostik ahamiyati ochib berilgan. Umumiy miqdorni harakatchan fraksiya, sorbsiya va profil bo‘yicha migratsiya ko‘rsatkichlari bilan to‘ldiruvchi differensial tahlil sxemasi taklif etilgan.

Tayanch so‘zlar: bo‘z-o‘tloqi tuproq, o‘tloqi tuproq, ekotoksikant, harakatchanlik, sho‘rlanish, gidromorfizm, bioo‘zlashtirish, profil diagnostikasi.

Аннотация. В статье систематизированы морфогенетические факторы, регулирующие подвижность тяжёлых металлов, цезия-137, стронция-90 и пестицидов, на основе характеристик орошаемых серозёмно-луговых и луговых почвенных разрезов Сырдарьинской области за 2020–2025 годы. Раскрыто диагностическое значение пахотного слоя, уплотнённого подпочвенного горизонта, карбонатных признаков, солевых прослоев, лёгкого гранулометрического состава и глубины залегания грунтовых вод. Предложена схема дифференциального анализа, дополняющая показатели общего содержания данными о подвижной фракции, сорбции и миграции по почвенному профилю.

Ключевые слова: серозёмно-луговая почва, луговая почва, экотоксикант, подвижность, засоление, гидроморфизм, биоусвояемость, профильная диагностика.

Abstract. The article systematizes the morphogenetic factors controlling the mobility of heavy metals, cesium-137, strontium-90, and pesticides based on the characteristics of irrigated sierozem-meadow and meadow soil profiles in the Syrdarya Region during 2020–2025. The diagnostic significance of the plough layer, compacted subsurface horizon, carbonate features, salt accumulations, light-textured granulometric composition, and groundwater depth is revealed. A differential analysis scheme is proposed that complements total content measurements with indicators of the mobile fraction, sorption, and migration along the soil profile.

Keywords: sierozem-meadow soil, meadow soil, ecotoxicant, mobility, salinization, hydromorphism, bioavailability, profile diagnostics.

Kirish. Tuproq agroekotizimlarida ifloslantiruvchining mavjudligi bilan uning ekologik xavfi bir xil tushuncha emas. Umumiy miqdor moddaning tuproqdagi zaxirasini ko‘rsatadi, biroq o‘simlik ildizi, sizot suvi yoki oziq zanjiri uchun ochiq bo‘lgan ulushni to‘liq ifodalamaydi. Og‘ir metallarning eruvchan va almashinuvchi shakllari, radionuklidlarning sorbsiya-desorbsiya muvozanati hamda pestitsidlarning eruvchanligi, sorbsiyasi va parchalanish tezligi tuproqning pH ko‘rsatkichi, organik modda, granulometrik tarkib, kation almashinish sig‘imi, namlik va redoks sharoiti bilan boshqariladi [1, 5]. Shu sababli bir xil umumiy konsentratsiya turli tuproq profillarida turlicha migratsiya va bioo‘zlashtirilish natijasini berishi mumkin.

Sirdaryo viloyatining sug‘oriladigan yerlarida yarimgidromorf bo‘z-o‘tloqi va gidromorf o‘tloqi tuproqlar keng tarqalgan. Dala sharoitida haydalma qatlam ostining zichlashuvi, karbonatli yangi yaralmalar, tuz yo‘llari, yengil qumoqli-qumloqli qatlamlar va sizot suvinining nisbatan yaqin joylashuvi qayd etilgan. Ushbu belgilar alohida morfologik tavsif bo‘lib qolmaydi: ular suv oqimi, ion almashinuvi, kolloidlar ko‘chishi va mikrobiologik parchalanish sodir bo‘ladigan muhitni belgilaydi. Demak, ekotoksikologik tahlil dasturi tuproq nomiga emas, profilning faol jarayonlariga moslashtirilishi zarur.

O‘zbekiston Respublikasining O‘RQ-903-son Qonunida tuproq holati va sifatini baholash, tuproqni o‘rganish hamda monitoring yuritish alohida vazifalar sifatida belgilangan [12]. Ushbu vazifalarni amaliy bajarishda umumiy kimyoviy tahlilni profil morfologiyasi va harakatchanlik ko‘rsatkichlari bilan bog‘lash natijaning boshqaruv qiymatini oshiradi. Aks holda, me‘yordan past umumiy miqdor mobil fraksiyaning mavsumiy ortishini, yuqori umumiy miqdor esa kuchli sorbsiya tufayli qisqa muddatli past bioo‘zlashtirilishni yashirishi mumkin.

Tadqiqotning maqsadi Sirdaryo viloyatida tavsiflangan sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi va o‘tloqi tuproq kesmalarining morfogenetik belgilarini og‘ir metallar, seziy-137, stronsiy-90 va pestitsidlar harakatchanligini boshqaruvchi jarayonlar bilan bog‘lash hamda tuproq tipi va profil holatiga mos differensial diagnostika sxemasini asoslashdan iborat. Maqolada aniq nuqtada ifloslanish me‘yorida oshgani haqida hukm berilmaydi; morfologik belgi faqat qaysi migratsiya yo‘li va qaysi laboratoriya ko‘rsatkichi ustuvor tekshirilishini belgilovchi dalil sifatida talqin qilinadi.

Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

FAO va UNEPning global baholashida tuproq xossalari ifloslantiruvchilarning harakatchanligi, bioo‘zlashtirilishi va muhitda saqlanish vaqtini boshqarishi qayd etilgan [1]. Og‘ir metallar parchalanmaydi, ammo ularning kimyoviy shakli va biologik ochiqqligi o‘zgaradi. Peijnenburg umumiy metall miqdori ekologik ta’sir uchun yetarli ko‘rsatkich emasligini, pH, organik modda, redoks sharoiti va mikrobiologik faollik bilan birga CaCl_2 , DTPA yoki ketma-ket ekstraksiya kabi usullar tanlanishi kerakligini ko‘rsatadi [5]. Xu va hammualliflarning dala tadqiqotida ham tuproq pH, organik modda va ozuqa elementlari ekin donida metall to‘planishiga ta’sir etuvchi asosiy omillar qatorida aniqlangan [6].

Sho‘rlanish metall harakatchanligiga bir yo‘nalishda ta’sir qilmaydi. Eritmadagi ion kuchi, Na va Cl ionlari bilan raqobat, xlorid komplekslari hamda ikkilamchi minerallar hosil bo‘lishi ayrim elementlarni eritmaga chiqarishi, boshqalarini esa immobilizatsiya qilishi mumkin. Bekmirzaev va hammualliflarning 2026-yilgi tajribalarida uzoq davom etgan sho‘rlanish Fe, Zn, Ba, Sr va Cu ning CaCl_2 bilan ajraladigan bioo‘zlashtiriluvchi ulushini kamaytirgan, umumiy zaxira esa deyarli o‘zgarmagan [7]. Bu natija sho‘rlangan tuproqda faqat umumiy konsentratsiyaga qarab xulosa chiqarish mumkin emasligini ko‘rsatadi. Sirdaryo havzasidagi tadqiqotlar ham sug‘oriladigan tuproqlarda sho‘rlanish bilan metallarning umumiy va mobil shakllarini profil bo‘yicha birgalikda o‘rganish zarurligini tasdiqlaydi [8, 9]. Radionuklidlar uchun tuproqdan o‘simlikka o‘tish koeffitsiyenti tuproq teksturasi, organik modda, almashinuvchi kaliy va kalsiy, pH hamda o‘simlik guruhiga bog‘liq. IAEA qum, qumoq, gil va organik tuproqlarni alohida guruhlashni, konsentratsiyaning o‘zi bilan cheklanmay, radionuklid-tuproq o‘zaro ta’sirini boshqaruvchi qo‘shimcha omillarni o‘lchashni tavsiya qiladi [2]. Yarim qurg‘oqchil sharoitdagi dala tajribasida stronsiy-90 ning o‘simlikka o‘tish koeffitsiyenti seziy-137 ga nisbatan bir-ikki tartib yuqori, bargli sabzavotlarda esa donli ekinlarga qaraganda katta bo‘lgan; tuproq pH, gil, kation almashinish sig‘imi, K va Ca farqlari natijaga sezilarli ta’sir ko‘rsatgan [10].

Pestitsidlarning taqdiri sorbsiya, desorbsiya, gidroliz, fotoliz, mikrobiologik parchalanish, uchuvchanlik, sirt oqimi va profil bo‘yicha yuvilishning birgalikdagi natijasidir. OECD Test Guideline 106 organik uglerod, gil miqdori, tekstura va pH ni sorbsiya koeffitsiyentini izohlovchi asosiy tuproq parametrlariga kiritadi [3]. Dala sharoitidagi parchalanish tadqiqotlari esa laboratoriya ma’lumotlari asosida kutiladigan yuvilish, uchuvchanlik, oqim va o‘simlikka o‘tish yo‘llarini alohida tekshirishni talab qiladi [4]. Zamonaviy tahlillar pestitsidning kimyoviy xossalari bilan birga namlik, harorat, organik modda va mikrobiologik faollikni hisobga olmasdan DT50 yoki qoldiq miqdorini to‘liq talqin qilib bo‘lmasligini ta’kidlaydi [11].

Tadqiqot obyekti va metodologiyasi

Tadqiqot obyekti 2020–2025-yillarda Guliston–Hamid Olimjon, Xovos–Farxod va Mirzaobod–Oqoltin hududlaridagi 20 ta nazorat punkti doirasida o‘rganilgan sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi va o‘tloqi tuproqlardir. Jarayonli talqin uchun dissertatsiyada to‘liq tavsiflangan ikkita namunaviy kesma tanlandi. Birinchi kesmada 0–30 sm haydalma qatlam o‘rta qumoqli; 30–49 sm ostki qatlam kuchli zichlashgan; 49–89 sm da karbonat dog‘lari qayd

etilgan va sizot suvi 195 sm da ochilgan. Ikkinchi kesmada 0–29 sm haydalma qatlam yengil qumoqli; 29–51 sm da tomirsimon tuz yo‘llari qatlamning taxminan 10 foizini egallagan; 51–96 sm qatlam yengil qumoqli, 96–150 sm ona jins qumloqli va ho‘l bo‘lib, sizot suvi 150 sm da ochilgan.

Metodologiya uch bosqichdan iborat. Birinchi bosqichda gorizontlar chuqurligi, tekstura, zichlik, namlik, karbonat va tuz belgilari hamda sizot suvi chuqurligi morfologik indikator sifatida kodlandi. Ikkinchi bosqichda har bir indikator bilan bog‘liq ustuvor jarayon ajratildi: sorbsiya-desorbsiya, vertikal filtratsiya, sirt yoki lateral oqim, redoks almashinuvi, kolloid ko‘chishi va mikrobiologik parchalanish. Uchinchi bosqichda jarayonlar ekotoksikant guruhlarining xossalari bilan kesishib, namunani qaysi gorizontdan olish va qaysi laboratoriya ko‘rsatkichlarini birgalikda aniqlash zarurligi belgilandi. Og‘ir metallar uchun umumiy miqdor bilan birga CaCl_2 yoki DTPA bilan ajraladigan harakatchan ulush, pH, elektr o‘tkazuvchanlik, organik modda, granulometrik tarkib va zarur hollarda kation almashinish sig‘imi ko‘zda tutildi. Radionuklidlar uchun seziy-137 gamma-spektrometriya, stronsiy-90 beta-radiometrik ajratish orqali aniqlanadi; natija K, Ca, tekstura va tuproq-o‘simlik juft namunasi bilan talqin qilinadi. Pestitsidlar uchun ota birikma va muhim metabolitlar xromatografik aniqlanib, moddaning sorbsiya koeffitsiyenti, eruvchanligi, dala yarim parchalanish davri, namlik va harorat tarixi bilan bog‘lanadi.

Maqoladagi ‘yuqori migratsiya sezgirligi’ iborasi real ifloslanish yoki sanitariya me‘yoridan oshishni anglatmaydi. U profil tuzilishi moddaning vertikal, lateral yoki biologik ko‘chishini tekshirish uchun qo‘shimcha gorizont, suv yoki o‘simlik namunasini talab qilishini bildiradi. Har bir yakuniy ekologik xulosa takroriy namuna, laboratoriya sifat nazorati va amaldagi me‘yor bilan taqqoslashdan keyin berilishi lozim.

Natijalar

Bo‘z-o‘tloqi kesmada 30–49 sm chuqurlikdagi kuchli zichlashgan gorizont asosiy jarayon chegarasidir. Zich qatlam suvning pastga bir tekis o‘tishini sekinlashtirib, haydalma qatlamda vaqtinchalik namlanish, yonlama oqim yoki makrog‘ovaklar bo‘ylab notekis tez oqim paydo bo‘lishiga sharoit yaratishi mumkin. Natijada 0–30 sm dagi qoldiq miqdorni bitta nuqta bilan baholash yetarli emas: qo‘shma haydalma namuna bilan birga zich qatlamning yuqori va pastki chegaralaridan nazorat namunasi olish sirtga bog‘langan hamda chuqurga o‘tayotgan ulushni ajratadi. Bu yondashuv ayniqsa eruvchan pestitsidlar va Cd, Zn kabi nisbatan harakatchan elementlar uchun muhim.

Tuproqning 49–89 sm gorizontdagi karbonat dog‘lari ishqoriy-karbonatli muhit mavjudligini ko‘rsatadi. Bunday sharoit ayrim kation metallarning cho‘kishi yoki karbonat va oksid sirtlariga sorbsiyasini kuchaytirishi mumkin, biroq kompleks hosil qiluvchi ionlar va sho‘r yuvish davrida muvozanat o‘zgaradi. Shuning uchun karbonatli profil uchun ‘umumiy miqdor past — xavf yo‘q’ yoki ‘umumiy miqdor yuqori — bioo‘zlashtirilish yuqori’ degan to‘g‘ridan-to‘g‘ri xulosa noto‘g‘ri. Umumiy va mobil fraksiyalar nisbati, pH hamda elektr o‘tkazuvchanlik bir vaqtda aniqlansa, sorbsiya bilan real biologik ochiqlik ajratiladi [5–7]. O‘tloqi kesma vertikal migratsiyaga sezgirroq profil sifatida talqin qilindi. Haydalma qatlamning yengil qumoqli bo‘lishi, 29–51 sm da tuz yo‘llari, 96 sm dan keyin

qumloqli ho‘l qatlam va sizot suvining 150 sm da ochilishi filtratsiya yo‘lining qisqaroq ekanini ko‘rsatadi. Bu profil uchun 0–30 sm namuna bilan cheklanish pestitsid yoki eruvchan ionlarning ildiz zonasidan pastga o‘tishini yashirishi mumkin. Kamida 0–30, 30–60 va 90–120 sm qatlamlarni mavsumiy juftlash, sizot suvi yaqin bo‘lsa suv namunasini ham kodlash tavsiya etiladi. Qatlamlar bitta qo‘shma namunaga aralashtirilmasligi kerak.

Tuz yo‘llari doimiy bir xil kimyoviy ta’sirni emas, namlanish-qurish sikllarida ionlarning qayta taqsimlanishini bildiradi. Sho‘rlanish ayrim metallarning eruvchan ulushini kamaytirishi, ayrim hollarda esa raqobat va xlorid komplekslari orqali ko‘paytirishi mumkin [7]. Demak, sho‘r qatlamda umumiy zaxira, CaCl_2 bilan ajraladigan ulush va o‘simlik to‘qimasidagi miqdor uch xil axborot beradi. Mavsumiy elektr o‘tkazuvchanlik qayd etilmasa, sho‘r yuvishdan oldingi va keyingi mobil fraksiyalar orasidagi farq noto‘g‘ri ravishda uzoq muddatli trend deb talqin qilinishi mumkin. Radionuklidlar uchun ikkala profilga bir xil qarash mumkin emas. Seziy-137 gil minerallari va almashinuvchi K bilan kuchliroq bog‘lanadi; yengil teksturali, K kam va almashinish sig‘imi past qatlamlarda uning nisbiy o‘tishi ortishi mumkin. Stronsiy-90 Ca ning kimyoviy analogi bo‘lib, ko‘pincha seziyga qaraganda harakatchanroq; shu sababli Ca miqdori, karbonatlar va o‘simlik turi talqinda majburiy kovariatdir [2, 10]. Don, somon, bargli sabzavot va yem-xashak bir xil transfer koeffitsiyentiga ega deb qabul qilinmaydi. Tuproq-o‘simlik juft namunalari bir xil sana va fenologik bosqichda olinishi kerak.

Pestitsidlar uchun profil diagnostikasi moddaning xossasi bilan boshlanadi. Yuqori sorbsiyali va gidrofob birikma organik modda hamda gilga bog‘lanib haydalma qatlamda saqlanishi mumkin; bunda sirt eroziyasi va kolloid transporti ustuvor. Eruvchan va sorbsiyasi past birikma esa sug‘orish suvi bilan zich gorizont ustida yonlama yoki yengil teksturali profilda chuqurga ko‘chadi. Ota birikmaning kamayishi to‘liq detoksikatsiya degani emas: metabolitlar toksik yoki harakatchan bo‘lishi mumkin. Shu bois xromatografik panel ota modda bilan birga muhim metabolitlarni, dala pasporti esa qo‘llash sanasi, norma, sug‘orish va harorat tarixini qamrab olishi lozim [3, 4, 11].

Morfologik va kimyoviy ma’lumotlarni birlashtirish natijasida ikki xil diagnostik yo‘nalish shakllandi. Bo‘z-o‘tloqi profil uchun ustki qatlamda ushlanish, zich ostki qatlam ustida yonlama oqim va karbonatli immobilizatsiyani ajratish; o‘tloqi profil uchun esa yengil tekstura, tuzlarning qayta taqsimlanishi, namlanish-redoks almashinuvi va sizot suviga vertikal o‘tishni tekshirish birinchi o‘ringa chiqadi (1-jadval). Bu farq laboratoriya panelini ko‘paytirish uchun emas, bir xil mablag‘ bilan jarayonni eng yaxshi ifodalovchi namuna va ko‘rsatkichlarni tanlash uchun xizmat qiladi.

1-jadval

Tayanch tuproq kesmalarining morfologik belgilari va jarayonli talqini

Tuproq kesmasi	Gorizont va chuqurlik	Diagnostik belgi	Ustuvor jarayon	Tavsiya etiladigan kuzatuv
-----------------------	------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------

Tuproq kesmasi	Gorizont va chuqurlik	Diagnostik belgi	Ustuvor jarayon	Tavsiya etiladigan kuzatuv
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	Ahq, 0–30 sm	O‘rta qumoqli haydalma qatlam	Sirtga tushgan moddaning aralashuvi va ildiz ekspozitsiyasi	Qo‘shma tuproq va ekin namunasi; pH, EC, organik modda
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	Ahoq, 30–49 sm	Kuchli zichlashgan ostki qatlam	Sekin infiltratsiya, yonlama oqim yoki makrog‘ovak bo‘ylab tez oqim	Qatlam usti va ostidan alohida namuna; zichlik va namlik
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	B1, 49–89 sm	Karbonat dog‘lari	Metallarning sorbsiyasi yoki cho‘kish; pHga bog‘liq qayta ajralish	Umumiy va mobil metall fraksiyasi; karbonat va pH
Sug‘oriladigan o‘tloqi	Ahq–Ahoq, 0–51 sm	Yengil qumoqli qatlam va tomirsimon tuz yo‘llari	Ion raqobati, tuzlarning mavsumiy qayta taqsimlanishi	Mavsumiy EC; umumiy va mobil fraksiya; 0–30 va 30–60 sm
Sug‘oriladigan o‘tloqi	B1–C, 51–150 sm	Yengil qumoqli-qumloqli, 96 sm dan ho‘l; sizot suvi 150 sm	Vertikal yuvilish, redoks almashinuvi va sizot suviga o‘tish	90–120 sm tuproq va zarur hollarda sizot suvi; ota modda-metabolit

Manba: muallifning 2020–2025-yillardagi dala morfologik tavsiflari asosida tuzilgan.

Taklif etilgan differensial sxemada barcha nuqtalarda bazaviy paket — pH, elektr o‘tkazuvchanlik, organik modda, tekstura va namlik — saqlanadi. Keyingi modul ekotoksikant guruhiga qarab qo‘shiladi: metallar uchun umumiy va mobil fraksiya; radionuklidlar uchun faollik, K–Ca va tuproq-o‘simlik transferi; pestitsidlar uchun ota modda-metabolit, sorbsiya va profil bo‘yicha qoldiq. Shu tariqa laboratoriya natijasi ‘qancha?’ savoli bilan cheklanmay, ‘qaysi shaklda, ‘qayerga ko‘chishi mumkin va ‘qaysi qabul qiluvchi obyektga ochiq savollariga javob beradi (2-jadval).

Jadval-2

Ekotoksikant guruhlar uchun differensial diagnostika sxemasi

Ekotoksikant guruhi	Boshqaruvchi tuproq omillari	Majburiy analitik blok	Profil bo‘yicha namuna	Talqin chegarasi
----------------------------	-------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------

Ekotoksikant guruh	Boshqaruvchi tuproq omillari	Majburiy analitik blok	Profil bo'yicha namuna	Talqin chegarasi
Og'ir metallar	pH, EC, organik modda, tekstura, CEC, redoks	Umumiy miqdor + CaCl ₂ /DTPA mobil fraksiya	0–30 sm; zich yoki sho'r gorizontlar alohida	Mobil ulush bioo'zlashtirilishga yaqin indikator, lekin sanitariya hukmi emas
Seziy-137	Gil minerallari, almashinuvchi K, CEC, organik modda	Gamma-faollik; K; tekstura; tuproq-o'simlik transferi	Haydalma qatlam va yengil teksturali pastki gorizont	Bir martalik faollik o'simlikka o'tishni to'liq ifodalaydi
Stronsiy-90	Ca, karbonatlar, pH, tekstura, namlik	Beta-faollik; Ca; tuproq-o'simlik transferi	0–30 sm va vertikal migratsiyaga sezgir qatlamlar	Ca analogligi sababli ekin turi va fenologik bosqich hisobga olinadi
Pestitsidlar	Organik uglerod, gil, pH, namlik, harorat, mikroblar	Ota birikma + metabolit; Koc; DT50; qo'llash tarixi	0–30 sm; yengil profilda 30–60 va 90–120 sm	Ota moddaning kamayishi to'liq detoksikasiyani anglatmaydi

Izoh: sxema ifloslanish koeffitsiyenti emas; u profil jarayoniga mos namuna va tahlil modulini tanlash uchun qo'llanadi.

Sxemaning muhim cheklovi shundaki, morfologik belgi ehtimoliy jarayonni ko'rsatadi, uning tezligi yoki miqdorini bevosita o'lchamaydi. Zich qatlam doimo yuvilishni to'xtatmaydi, tuz belgisi esa barcha metallarni bir xil immobilizatsiya qilmaydi. Shu sababli profil talqini takroriy mavsumiy kuzatuv, standart namuna tayyorlash, sertifikatlangan nazorat materiali va aniqlash chegarasi bilan birga yuritilishi lozim. Uch kuzatuv siklidan keyin morfologik prognoz bilan amaldagi mobil fraksiya yoki profil taqsimoti mosligi tekshiriladi va diagnostika matritsasi yangilanadi.

Xulosa. Sirdaryo viloyatida tavsiflangan sug'oriladigan bo'z-o'tloqi va o'tloqi tuproq kesmalari ekotoksikantlar uchun bir xil migratsiya muhiti emas. Bo'z-o'tloqi profilda 30–49 sm dagi zich gorizont hamda 49–89 sm dagi karbonat belgilari ustki qatlamda ushlanish, yonlama oqim va kimyoviy immobilizatsiyani ajratishni talab qiladi. O'tloqi profilda yengil tekstura, 29–51 sm dagi tuz yo'llari, 96 sm dan keyingi ho'l qumloqli qatlam va 150 sm dagi sizot suvi vertikal migratsiya hamda mavsumiy qayta taqsimlanish sezgirligini oshiradi.

Og'ir metallarni baholashda umumiy miqdor harakatchan fraksiya, pH, elektr o'tkazuvchanlik, organik modda va tekstura bilan to'ldirilishi kerak. Sho'rlanish mobil fraksiyani elementga va sharoitga qarab oshirishi yoki kamaytirishi mumkin; shu sababli natijalarni faqat umumiy zaxira yoki bitta mavsum bo'yicha talqin qilish ilmiy jihatdan

yetarli emas. Bo‘z-o‘tloqi profilda 0–30 sm va zich qatlam chegaralari, o‘tloqi profilda esa kamida 0–30, 30–60 va 90–120 sm gorizontlar alohida kuzatilishi maqsadga muvofiq.

Seziy-137 va stronsiy-90 uchun tekstura, kation almashinish sig‘imi, K va Ca ko‘rsatkichlari hamda bir vaqtda olingan tuproq-o‘simlik juft namunalari zarur. Pestitsidlar uchun sorbsiya, eruvchanlik, DT50, ota birikma-metabolit tarkibi, qo‘llash va sug‘orish tarixi bir tizimda qayd etilishi lozim. Qatlamlar, turli gradientlar yoki turli mahsulotlar bitta qo‘shma namunaga aralashtirilmasligi kerak.

Taklif etilgan morfogenetik diagnostika matritsasi ifloslanish me‘yorida oshganini belgilovchi indeks emas. U profil jarayonlariga mos namuna chuqurligi va laboratoriya modulini tanlash vositasidir. Natijalarni uch mavsumiy kuzatuv sikli davomida tekshirish, morfologik prognoz bilan amaldagi mobil fraksiya va profil taqsimoti mosligini baholash hamda keyin matritsani mahalliy ma‘lumotlar bilan kalibrlash tavsiya etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations, United Nations Environment Programme. Global Assessment of Soil Pollution: Report. Rome: FAO, 2021. <https://doi.org/10.4060/cb4894en>.

2. International Atomic Energy Agency. Handbook of Parameter Values for the Prediction of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments. Technical Reports Series No. 472. Vienna: IAEA, 2010.

3. Organisation for Economic Co-operation and Development. Test No. 106: Adsorption–Desorption Using a Batch Equilibrium Method. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals. Paris: OECD Publishing, 2000. <https://doi.org/10.1787/9789264069602-en>.

4. Organisation for Economic Co-operation and Development. Guidance Document for Conducting Pesticide Terrestrial Field Dissipation Studies. Series on Testing and Assessment No. 232; Series on Pesticides No. 82. Paris: OECD, 2016.

5. Peijnenburg W.J.G.M. Bioavailability of heavy metals in soil: a review of tools, models, and regulatory applications // Environmental and Biogeochemical Processes. 2025. Vol. 1. e011. <https://doi.org/10.48130/ebp-0025-0011>.

6. Xu D., Shen Z., Dou C., et al. Effects of soil properties on heavy metal bioavailability and accumulation in crop grains under different farmland use patterns // Scientific Reports. 2022. Vol. 12. 9211. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13140-1>.

7. Bekmirzaev G., Kurvantayev R., Isabaev K., et al. Soil salinity regulates metal bioavailability and soil–plant transfer in halophytic crops // Frontiers in Soil Science. 2026. Vol. 6. 1767992. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2026.1767992>.

8. Ma L., Abuduwalli J., Smanov Z., et al. Spatial and vertical variations and heavy metal enrichments in irrigated soils of the Syr Darya River watershed, Aral Sea Basin, Kazakhstan // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019. Vol. 16, No. 22. 4398. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224398>.

9. Suska-Malawska M., Vyrakhamanova A., Ibraeva M., et al. Spatial and in-depth distribution of soil salinity and heavy metals in arable irrigated soils in Southern Kazakhstan // *Agronomy*. 2022. Vol. 12, No. 5. 1207. <https://doi.org/10.3390/agronomy12051207>.

10. Al-Oudat M., Al Attar L., Othman I. Transfer factor of ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr to various crops in semi-arid environment // *Journal of Environmental Radioactivity*. 2021. Vol. 228. 106525. <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2020.106525>.

11. Sarker A., Kim D., Jeong W.-T. Environmental fate and sustainable management of pesticides in soils: a critical review focusing on sustainable agriculture // *Sustainability*. 2024. Vol. 16, No. 23. 10741. <https://doi.org/10.3390/su162310741>.

12. O‘zbekiston Respublikasining ‘Tuproqni muhofaza qilish va uning unumdorligini oshirish to‘g‘risida’gi Qonuni. O‘RQ-903-son, 02.02.2024. <https://lex.uz/docs/-6787881>.