



UDK 631.4:504.53:539.16(575.1)

**SIRDARYO VILOYATI TUPROQ AGROEKOTIZIMLARIDA ^{137}Cs VA ^{90}Sr
NING 2021-2025-YILLARDAGI DINAMIKASI: QAYTA HISOBLASH VA XAVFGA
ASOSLANGAN RADIOLOGIK MONITORING**

Djurayev Baxodir Begaliyevich

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali katta o‘qituvchisi

iD [https://orcid.org/ 0009-0008-4774-6914](https://orcid.org/0009-0008-4774-6914)

Xakimov Baxodir Botir o‘g‘li

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali assistent o‘qituvchisi

iD [https://orcid.org/ 0009-0003-6824-0131](https://orcid.org/0009-0003-6824-0131)

Isayeva Gulbaxor Abdulla qizi

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali tadqiqotchisi

Dangalova Madina Amrilloyevna

Toshkent kimyo texnologiya instituti Yangiyer Filiali tadqiqotchisi

Annotatsiya. Tadqiqotda Sirdaryo viloyatining uch tuproq-agroekologik tayanch nuqtasida 2021, 2022 va 2025-yillarda aniqlangan ^{137}Cs hamda ^{90}Sr faollik konsentratsiyalari qayta tahlil qilindi. 0-30 sm qatlam namunalari beta- va gamma-spektrometriya usullarida baholangan. Yillik qatorlarning arifmetik qayta hisobi ^{137}Cs uchun 4,47 Bq/kg, ^{90}Sr uchun 1,22 Bq/kg umumiy o‘rtachani berdi. 2021-2025-yillarda uch hudud bo‘yicha o‘rtacha ^{137}Cs 29,3%, ^{90}Sr 17,5% ga oshdi; ^{90}Sr 2022-yilda oraliq maksimum ko‘rsatdi. Maksimal qiymatlar ishchi nazorat chegaralarining 3,44% va 3,00% ini tashkil etdi. Shaffof qayta hisob o‘tloqi tuproqni nisbatan yuqori monitoring ustuvorligiga ega zona sifatida ajratdi.

Kalit so‘zlar: seziy-137, stronsiy-90, tuproq agroekotizimi, faollik konsentratsiyasi, spektrometriya, qayta hisoblash, radiologik monitoring.

Аннотация. Повторно проанализированы концентрации активности ^{137}Cs и ^{90}Sr , определённые в 2021, 2022 и 2025 годах на трёх почвенно-агроэкологических опорных участках Сырдарьинской области. Радионуклиды в образцах слоя 0-30 см оценивали методами бета- и гамма-спектрометрии. Пересчёт дал средние значения 4,47 Бк/кг для ^{137}Cs и 1,22 Бк/кг для ^{90}Sr . За 2021-2025 годы среднее содержание ^{137}Cs возросло на 29,3%, а ^{90}Sr - на 17,5%; для ^{90}Sr отмечен промежуточный максимум в 2022 году. Наблюдённые максимумы составили 3,44% и 3,00% рабочих контрольных уровней. Пересчёт выделил луговую почву как зону с относительно более высоким приоритетом мониторинга.

Ключевые слова: цезий-137, стронций-90, почвенная агроэкосистема, концентрация активности, спектрометрия, повторный расчёт, радиологический мониторинг.

Abstract. Activity concentrations of ^{137}Cs and ^{90}Sr measured in 2021, 2022 and 2025 at three soil-agroecological reference sites in the Syrdarya Region were re-analysed. Radionuclides in 0-30 cm soil samples were assessed by beta and gamma spectrometry. Arithmetic recalculation yielded overall means of 4.47 Bq/kg for ^{137}Cs and 1.22 Bq/kg for ^{90}Sr . From 2021 to 2025, the three-site mean increased by 29.3% for ^{137}Cs and 17.5% for ^{90}Sr ; ^{90}Sr reached an interim maximum in 2022. The observed maxima represented 3.44% and 3.00% of the working control levels. Transparent recalculation identified meadow soil as the relatively higher-priority monitoring zone.

Keywords: caesium-137, strontium-90, soil agroecosystem, activity concentration, spectrometry, recalculation, radiological monitoring.

Kirish. Uzoq yashovchi sun'iy radionuklidlar agroekotizimlarda tashqi radiatsion fon bilan birga tuproq-o'simlik-hayvon-inson zanjiri orqali ichki ekspozitsiya ehtimolini ham shakllantiradi. ^{137}Cs kaliyning, ^{90}Sr esa kalsiyning biogeokimyoviy analogi sifatida muhit komponentlari o'rtasida ko'chishi mumkin. Ularning fizik yarim yemirilish davri mos ravishda qariyb 30,05 va 28,8 yil bo'lgani uchun past faollikdagi kuzatuvlar ham izchil vaqt qatori asosida talqin qilinadi [6].

Tuproqdagi faollik konsentratsiyasi radionuklidning o'simlikka o'tishini to'liq belgilamaydi. Granulometrik tarkib, gil minerallari, kation almashinish sig'imi, pH, organik modda, namlik rejimi hamda almashinuvchi K va Ca miqdori transfer omiliga ta'sir ko'rsatadi. IAEA TRS 472 va TECDOC 1616 hujjatlarida transfer ko'rsatkichlarining tuproq turi va ekin guruhiga qarab keng o'zgarishi qayd etilgan [4, 5]. Shu bois sug'oriladigan Sirdaryo sharoitida miqdoriy natijani makon, vaqt va tuproq xossalari bilan birgalikda ko'rish ilmiy jihatdan muhim.

Radiologik monitoring natijasini faqat mezondan past yoki yuqori deb ajratish tendensiya, oraliq maksimum va ma'lumotlar sifati signalini yashirishi mumkin. Yillik agregatlar soni kam bo'lganida qat'iy statistik trend o'rniga shaffof qayta hisob, diapazon, nisbiy o'zgarish va nazorat chegarasiga yaqinlashish koeffitsiyenti informativroqdir. IAEA TRS 486 bir xil nuqtadagi takroriy kuzatuvlarda namuna maydoni, chuqurligi, quruq massa asosi va tayyorlash protokolining bir xilligiga alohida e'tibor qaratadi [1].

^{137}Cs gamma-spektrometriya bilan bevosita identifikatsiya qilinadi. ^{90}Sr sof beta-nurlanuvchi bo'lgani uchun beta-spektrometriya yoki radiokimyoviy ajratishdan keyingi hisob orqali aniqlanadi; ikkala nuklid uchun bitta umumiy 'gamma usul' atamasini ishlatish metodik jihatdan aniq emas [2, 3]. UNSCEAR 2024 hisobotidagi tabiiy fon ekspozitsiyasi bilan ushbu tadqiqotdagi sun'iy radionuklidlarning tuproq faollik konsentratsiyasini to'g'ridan-to'g'ri tenglashtirib bo'lmaydi [7]. Aholi dozasi to'g'risidagi baho iste'mol, transfer va doza koeffitsiyentlarini alohida modelda talab qiladi.

Adabiyotlar tahlili va metodologiyasi

Tadqiqotning maqsadi Sirdaryo viloyatining uch tuproq-agroekologik tayanch nuqtasida 2021, 2022 va 2025-yillarda aniqlangan ^{137}Cs hamda ^{90}Sr miqdorini qayta hisoblash, tuproq turlari va yillar bo‘yicha dinamikani solishtirish, birlamchi kompozit koeffitsientlarning takrorlanuvchanligini tekshirish hamda xavfga asoslangan monitoring ustuvorligini aniqlashdan iborat. IAEAning tuproq va o‘simliklardan radiologik namuna olish bo‘yicha TRS 486 qo‘llanmasi monitoring maqsadi, fazoviy variabellik, namuna chuqurligi va takroriy kuzatuvlar dizaynini oldindan belgilashni talab qiladi [1]. Bir xil nuqtada vaqt bo‘yicha taqqoslash uchun namuna maydoni, chuqurligi, quruq massa asosi va tayyorlash protokoli o‘zgarmas bo‘lishi lozim. Aks holda kuzatilgan farq ekologik jarayondan ko‘ra uslubiy tafovutni aks ettirishi mumkin.

Gamma-nurlanuvchi radionuklidlarni aniqlashning laboratoriya asosi yuqori aniqlikdagi germaniy detektori, energiya va samaradorlik kalibrlashi, fon spektri hamda namuna geometriyasini nazorat qilishdan iborat [2, 3]. ^{137}Cs gamma-spektrometriya bilan bevosita identifikatsiya qilinadi. ^{90}Sr sof beta-nurlanuvchi bo‘lgani uchun u beta-spektrometriya yoki radiokimyoviy ajratishdan keyingi hisob orqali aniqlanadi; shu bois ikkala nuklid uchun bir xil ‘gamma usul’ atamasini qo‘llash metodik jihatdan yetarli emas. UNSCEAR 2024 hisobotida tabiiy radiatsiya manbalaridan jamoatchilik ekspozitsiyasi global miqyosda qayta baholangan va hududlar o‘rtasidagi katta variabellik ta’kidlangan [7]. Biroq tabiiy fon dozasi bilan ushbu maqoladagi sun‘iy ^{137}Cs va ^{90}Sr ning tuproqdagi faollik konsentratsiyasini to‘g‘ridan-to‘g‘ri tenglashtirish mumkin emas. Tuproq natijasidan aholi dozasi haqida xulosa chiqarish uchun iste’mol, transfer va doza koeffitsientlari alohida modelda talab etiladi. Tuproqni ohaklash, kaliyli o‘g‘itlash va organik modda bilan boyitish ayrim sharoitlarda ^{137}Cs hamda ^{90}Sr ning o‘simlikka o‘tishini kamaytirishi mumkin, lekin tadbir samarasi tuproq xossalari va boshlang‘ich ifloslanish holatiga bog‘liq [5, 8]. Shuning uchun profilaktik chora monitoring ma’lumotidan oldin universal tavsiya sifatida emas, tuproq–o‘simlik transferi tasdiqlangandan keyin maydon-spetsifik sinov sifatida qo‘llanishi kerak.

Materiallar va usullar

Tadqiqot obyekti Sirdaryo viloyatidagi uch tayanch nuqtaning haydalma qatlamidir: sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi, sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi va o‘tloqi tuproq. Tadqiqot protokolida bir necha nuqtadan birlashtirilgan 1-2 kg namuna 0-30 sm chuqurlikdan olingani, quritilgani va o‘lchash idishiga joylashtirilgani ko‘rsatilgan. Kuzatuv qatorlari 2021, 2022 va 2025-yillarni qamrab oladi. ^{137}Cs germaniy detektorli gamma-spektrometriya, ^{90}Sr beta-spektrometriya asosida aniqlangan. Gamma o‘lchash davomiyligi 12-24 soat bo‘lgan. Faollik konsentratsiyasining umumiy ifodasi $A = N_{\text{net}}/(\varepsilon \cdot P_{\gamma} \cdot t \cdot m)$, bu yerda N_{net} - fon ayirilgan impuls soni, ε - detektor samaradorligi, P_{γ} - gamma-kvant chiqish ehtimoli, t - o‘lchash vaqti, m - quruq namuna massasi. ^{90}Sr hisobida beta-usulning kimyoviy chiqishi va hisoblash samaradorligi inobatga olingan [2, 3].

Yillik qiymatlar mustaqil ravishda qayta hisoblandi. Har bir tuproq turi uchun arifmetik o‘rtacha $\bar{C} = \Sigma C_i/3$, boshlang‘ich-yakuniy nisbiy o‘zgarish $\Delta\% = (C_{2025} - C_{2021})/C_{2021} \times 100$ va maksimal yaqinlashish koeffitsiyenti $K_{\text{max}} = C_{\text{max}}/L$ hisoblandi. L

sifatida tadqiqot metodikasida qabul qilingan ^{137}Cs uchun 180 Bq/kg va ^{90}Sr uchun 55 Bq/kg ishchi nazorat chegaralari olindi. Ikki nuklidni birlashtirish uchun $K\Sigma = \bar{C}\text{Cs}/180 + \bar{C}\text{Sr}/55$ skrinining ko‘rsatkichi qo‘llandi. $K\Sigma$ doza yoki toksikologik xavf indeksi emas, balki mavjud ma‘lumotlar doirasida monitoring ustuvorligini tartiblovchi nisbiy mezondir. Uch vaqt nuqtasi, biologik takrorlar soni va individual natijalar mavjud bo‘lmagani sabab regressiya, p-qiyamat va ‘statistik ahamiyatli trend’ hisoblanmadi. 2021-2025 oralig‘i teng qadamli emas; foiz o‘zgarish faqat boshlang‘ich va yakuniy holatni tavsiflaydi. Bu cheklovlar natijalarni ehtiyotkor talqin qilish uchun tahlil mezoni sifatida qabul qilindi.

Natijalar va muhokama

Birlamchi yillik qiymatlar barcha tuproq turlarida ^{137}Cs ning izchil oshganini ko‘rsatdi. Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi tuproqda 3,60 dan 4,80 Bq/kg gacha, o‘tloqi tuproqda 4,90 dan 6,20 Bq/kg gacha, sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi tuproqda 3,10 dan 4,00 Bq/kg gacha ko‘tarilish kuzatildi. ^{90}Sr esa uchala tuproqda 2022-yilda maksimumga chiqib, 2025-yilda pasaydi, biroq 2021-yil darajasidan yuqori qoldi (1-jadval).

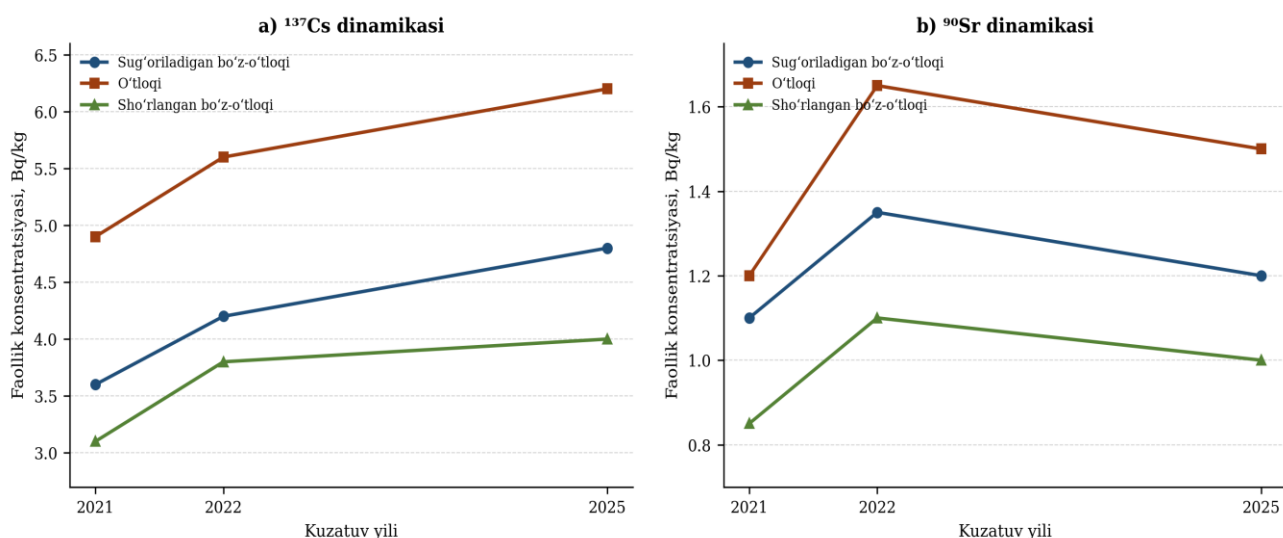
1-jadval.

Tuproq turlari va yillar bo‘yicha ^{137}Cs hamda ^{90}Sr faollik konsentratsiyasi

Tuproq-agroekologik zona	Yil	^{137}Cs, Bq/kg	^{90}Sr, Bq/kg
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	2021	3,60	1,10
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	2022	4,20	1,35
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	2025	4,80	1,20
O‘tloqi	2021	4,90	1,20
O‘tloqi	2022	5,60	1,65
O‘tloqi	2025	6,20	1,50
Sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi	2021	3,10	0,85
Sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi	2022	3,80	1,10
Sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi	2025	4,00	1,00

Uch hududning yillik oddiy o‘rtachasi ^{137}Cs bo‘yicha 2021-yilda 3,87, 2022-yilda 4,53 va 2025-yilda 5,00 Bq/kg bo‘ldi. Boshlang‘ich-yakuniy o‘zgarish +29,3% ni tashkil etdi. Eng katta nisbiy o‘sish sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi tuproqda (+33,3%), keyin sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi (+29,0%) va o‘tloqi tuproqda (+26,5%) kuzatildi. Barcha qatorlarning bir yo‘nalishda o‘zgarishi monitoring signali bo‘lsa-da, uchta vaqt nuqtasi manba yoki sababiy trendni tasdiqlamaydi.

^{90}Sr ning uch hudud bo‘yicha o‘rtachasi 2021-yilda 1,05, 2022-yilda 1,37 va 2025-yilda 1,23 Bq/kg bo‘ldi. 2021-2025-yillardagi sof o‘sish 17,5% bo‘lsa-da, 2022-yildan 2025-yilgacha 9,8% pasayish yuz berdi. Sinxron oraliq maksimum namuna olish mavsumi, sug‘orish suvi, tuproq namligi yoki analitik partiya ta’siri bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin; mavjud agregatlar bu ehtimollarni bir-biridan ajratishga imkon bermaydi.



1-rasm. Sirdaryo viloyatining uch tuproq-agroekologik zonasida ^{137}Cs va ^{90}Sr dinamikasi

Mazkur dinamika fizik yemirilishning o'zi bilan izohlanmaydi. ^{137}Cs va ^{90}Sr miqdoriga gorizontol qayta taqsimlanish, sug'orish-cho'kindi oqimi, haydalma qatlamdagi aralashish, namuna olish geometriyasi va quruq massaga tuzatish ta'sir qilishi mumkin. Shuning uchun kuzatilgan o'sish hududiy ifloslanishning bevosita dalili emas, balki standartlashtirilgan kuzatuv bilan aniqlashtiriladigan vaqt signali sifatida talqin qilindi.

Yillik qatorlardan qayta hisoblangan uch yillik o'rtacha o'tloqi tuproqda eng yuqori bo'ldi: ^{137}Cs - 5,57, ^{90}Sr - 1,45 Bq/kg. Sug'oriladigan bo'z-o'tloqi tuproqda mos ravishda 4,20 va 1,22, sho'rlangan bo'z-o'tloqi tuproqda 3,63 va 0,98 Bq/kg olindi. $K\Sigma$ ham shu tartibni berdi: 0,0573; 0,0455 va 0,0381 (2-jadval). Bu natija o'tloqi tuproqni mavjud kuzatuvlar doirasida birinchi monitoring ustuvorligi sifatida ajratadi.

2-jadval.

Qayta hisoblangan dinamik va skrining ko'rsatkichlari

Tuproq turi	^{137}Cs $\bar{C}$	ΔCs , %	K_{max} Cs	^{90}Sr $\bar{C}$	ΔSr , %	K_{max} Sr	$K\Sigma$
Sug'oriladigan bo'z-o'tloqi	4,20	+33,3	0,0267	1,22	+9,1	0,0245	0,0455
O'tloqi	5,57	+26,5	0,0344	1,45	+25,0	0,0300	0,0573
Sho'rlangan bo'z-o'tloqi	3,63	+29,0	0,0222	0,98	+17,6	0,0200	0,0381
Barcha yillik qatorlar	4,47	+29,3	0,0344	1,22	+17,5	0,0300	0,0470

Eng yuqori kuzatilgan ^{137}Cs - 6,20 Bq/kg - ishchi chegaraning 3,44% ini, eng yuqori ^{90}Sr - 1,65 Bq/kg - 3,00% ini tashkil etdi. Ushbu maksimumlar tegishli mezonlardan 29,0 va 33,3 marta past. Demak, mavjud nuqtalarda ishchi chegara oshuvi qayd etilmagan. Biroq tuproq natijasining pastligi oziq-ovqat zanjiriga transfer yoki aholi dozasini avtomatik ravishda nolga tenglashtirmaydi.

Dastlabki kompozit jadvalda tuproq turlari uchun $\sum Ko$ 0,091; 0,072 va 0,068 sifatida berilgan, biroq formula va ishlatilgan konsentratsiya ochilmagan. Yillik qatorlar bo‘yicha $K\Sigma$ ni qayta hisoblash 0,0455; 0,0381 va 0,0573 qiymatlarini berdi hamda tuproq turlari reytingini o‘zgartirdi (3-jadval). Tafovut radiologik holatning yomonlashganini emas, birlamchi kompozit algoritmnining takrorlanmasligini ko‘rsatadi.

3-jadval.

Dastlabki $\sum Ko$ va shaffof qayta hisoblangan $K\Sigma$ taqqoslanishi

Tuproq turi	Dastlabki $\sum Ko$	Qayta hisoblangan $K\Sigma$	Farq	Yangi reyting
Sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi	0,091	0,0455	-0,0455	2
Sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi	0,072	0,0381	-0,0339	3
O‘tloqi	0,068	0,0573	-0,0107	1

Dastlabki jadvaldagi $X \pm Sx$ qatorlari yillik uch qiymatning oddiy o‘rtachasiga to‘liq mos kelmadi. ^{137}Cs uchun umumiy 4,37 Bq/kg berilgan bo‘lsa, barcha to‘qqiz yillik qatorning oddiy o‘rtachasi 4,47 Bq/kg; ^{90}Sr uchun mos ravishda 1,17 va 1,22 Bq/kg bo‘ldi. Tafovut ayrim qatorlar turlicha namuna soni bilan vaznlangan bo‘lishi mumkinligini anglatadi, ammo n va xatolik turi ochilmagani uchun bu farazni tekshirishning imkoni yo‘q.

Radionuklidlarning tuproqdagi xatti-harakati kuzatilgan farqlarni talqin qilishda muhimdir. ^{137}Cs gil minerallarining selektiv almashinish markazlarida nisbatan mustahkam fiksatsiyalanadi, ^{90}Sr esa Ca bilan raqobat qilgani uchun almashinuvchi fraksiyada ko‘proq harakatchan bo‘lishi mumkin [4, 5]. Shu geokimyoviy farq ^{137}Cs ning bir yo‘nalishdagi ko‘tarilishi va ^{90}Sr ning 2022-yildagi oraliq maksimumi aynan bir jarayon bilan izohlanmasligini ko‘rsatadi.

O‘tloqi tuproqdagi nisbatan yuqori qiymat namlik rejimi, mayda dispers fraksiya, organik modda va cho‘kindi materiallar akkumulyatsiyasi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Biroq pH, almashinuvchi K/Ca, gil miqdori, elektr o‘tkazuvchanlik va massa chuqurligi bo‘yicha juft ma‘lumotlar mavjud emas. Shuning uchun tuproq turi sabab bo‘lgan degan qat’iy xulosa emas, tekshiriladigan gipoteza shakllanadi [4, 5].

Sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi tuproqning ikkala radionuklid bo‘yicha pastroq o‘rtachasi birgina sho‘rlanish bilan tushuntirilmaydi. Tuz tarkibi, dispers zarrachalar ulushi, sug‘orish tarixi va profil bo‘yicha massa zichligi birgalikda faollikning maydon birligidan massa birligiga o‘tishiga ta’sir qiladi. Mazkur ko‘rsatkichlar berilmagani sabab hududlararo farq ekologik jarayon bilan birga namuna matritsasining farqini ham aks ettirishi mumkin.

Tuproqni ohaklash, kaliyli o‘g‘itlash yoki organik modda bilan boyitish ayrim sharoitlarda radionuklid transferini kamaytiradi, ammo samara tuproq xossalari va boshlang‘ich holatga bog‘liq [8]. Shu sabab mazkur natijalar agronomik tadbir samaradorligini emas, tuproqdagi fazoviy-vaqt signali va o‘lchov algoritmining shaffofligini baholaydi. $K\Sigma$ ning tuzilishi ham alohida talqinni talab qiladi. Ko‘rsatkich har bir radionuklid o‘rtachasini tegishli ishchi chegaraga bo‘lib qo‘shadi; shuning uchun denominatori kichik

bo‘lgan ^{90}Sr komponenti nisbatan past konsentratsiyada ham yakuniy qiymatga sezilarli hissa qo‘shadi. $K\Sigma$ hududlarni bir xil algoritm bilan saralaydi, ammo biologik transfer, iste‘mol miqdori va doza koeffitsiyentini qamrab olmagan uchun uni individual yoki jamoaviy radiatsion xavf sifatida o‘qish mumkin emas. Tadqiqotning asosiy cheklovlari - uch vaqt nuqtasi, individual namunalarning yo‘qligi, koordinatalar, aniqlash chegarasi va o‘lchash noaniqligining ochiq berilmagani. Natijalar hududiy doza, aholi salomatligi xavfi yoki butun viloyat maydoniga ekstrapolyatsiya qilinmaydi; ular mavjud jadvalning monitoring skriningi sifatida talqin etiladi.

Analitik talqinda 2022-yildagi ^{90}Sr maksimumi alohida QA/QC signali sifatida ajraladi. Namuna olish sanasi, boshlang‘ich namlik, quruq massaga qayta hisob, fon spektri, kimyoviy chiqish, dublikat natija va o‘lchash noaniqligi kabi metadata berilmagani sabab maksimumning ekologik hamda laboratoriya komponentlarini miqdoran ajratib bo‘lmaydi. Shu cheklov sabab 2022-yil qiymati transchegaraviy tushish yoki yangi manba bilan bog‘lanmadi.

Xulosa

2021–2025-yillarda ^{137}Cs uchala tuproq turida izchil oshib, uch hududning yillik o‘rtachasi 3,87 dan 5,00 Bq/kg gacha, ya‘ni 29,3% ga ko‘tarilgan. ^{90}Sr esa 2022-yilda oraliq maksimum ko‘rsatib, 2025-yilda pasaygan, biroq 2021-yilga nisbatan 17,5% yuqori qolgan. Demak, ^{137}Cs da yo‘nalgan o‘shish, ^{90}Sr da esa oraliq maksimum kuzatilgan.

Maksimal ^{137}Cs 6,20 Bq/kg, ^{90}Sr 1,65 Bq/kg bo‘lib, qabul qilingan ishchi nazorat chegaralarining mos ravishda 3,44% va 3,00% ini tashkil etgan. Mavjud nuqtalarda ishchi chegara oshuvi aniqlanmagan.

Qayta hisoblangan $K\Sigma$ bo‘yicha o‘tloqi tuproq 0,0573 bilan birinchi, sug‘oriladigan bo‘z-o‘tloqi tuproq 0,0455 bilan ikkinchi, sho‘rlangan bo‘z-o‘tloqi tuproq 0,0381 bilan uchinchi o‘rinni egallagan. Bu natijalar hisoblash formulasi va agregatsiya qoidalarining natijalar takrorlanuvchanligidagi muhimligini ko‘rsatadi.

Umuman, tadqiqot Sirdaryo viloyatidagi uch tayanch nuqtada radiologik holatning ishchi mezonlarga nisbatan past darajada ekanini, o‘tloqi tuproq esa nisbatan yuqori monitoring ustuvorligiga ega ekanini ko‘rsatdi. Natijalar uch tayanch nuqta va mavjud o‘lchovlar bilan cheklanganligi sababli, ular umumiy hududiy yoki aholi ekspozitsiyasi bahosi emas, balki lokal monitoringning ehtiyotkor skrining xulosasi sifatida baholanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. International Atomic Energy Agency. Guidelines on Soil and Vegetation Sampling for Radiological Monitoring. Technical Reports Series No. 486. Vienna: IAEA, 2019. <https://www.iaea.org/publications/12219/>.

2. ISO 18589-3:2023. Measurement of radioactivity in the environment - Soil - Part 3: Test method of gamma-emitting radionuclides using gamma-ray spectrometry. Geneva: ISO, 2023.

3. International Atomic Energy Agency. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment: A Guidebook. Technical Reports Series No. 295. Vienna: IAEA, 1989. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/trs295_web.pdf.

4. 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. <https://www.iaea.org/publications/8201/>.

5. International Atomic Energy Agency. Quantification of Radionuclide Transfer in Terrestrial and Freshwater Environments for Radiological Assessments. IAEA-TECDOC-1616. Vienna: IAEA, 2009. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1616_web.pdf.

6. International Atomic Energy Agency, Nuclear Data Section. Half-lives and decay branching fractions for fission products: ^{90}Sr and ^{137}Cs . IAEA Nuclear Data Services. <https://nds.iaea.org/sgnucdat/b1.htm>.

7. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources, Effects and Risks of Ionizing Radiation: UNSCEAR 2024 Report. Volume I, Annex B. New York: United Nations, 2025. https://www.unscear.org/unscear/en/publications/2024_1.html.

8. International Atomic Energy Agency. Guidelines for Remediation Strategies to Reduce the Radiological Consequences of Environmental Contamination. Technical Reports Series No. 475. Vienna: IAEA, 2012. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/trs475_web.pdf.

9. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240045064>

10. <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/5/422>

11. <https://link.springer.com/article/10.1007/s44274-024-00030-8>

12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844024043883>

13. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765132400959X>

14. https://unece.org/sites/default/files/2021-10/1998.Heavy_Metals.e.pdf

15. <https://www.jeeng.net/Assessment-of-the-levels-of-heavy-metal-pollution-in-roadside-soils-of-Termiz-Taskent%2C199700%2C0%2C2.html>