

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI

FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.
ILMIY
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi
Yilda 6 marta chiqadi

6-2025
TABIIY FANLAR

**НАУЧНЫЙ
ВЕСТНИК.
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года
Выходит 6 раз в год

zavodi ta'sirida o'zgarishi	260
M.Sh.Xidirov	
Geographical approaches to improving the territorial structure of service sectors in Kashkadarya region	265
D.X.Jo'raqulova, X.J., Jurakulov B.B. Malikov, Sh.A. Ravshanov	
Janubiy-g'arbiy O'zbekistonda antropogen landshaftlar shakllanishida g'orlarning tutgan o'rni (Surxondaryo havzasi misolida)	271
N.D.Qosimov	
Sangzor havzasining turizm salohiyatini oshirish imkoniyatlari va tabiiy resurslar tahlili	276
X.A.Abduxakimova, A.A.Nematov	
Janubiy Farg'ona och tusli bo'z tuproqlarining agrokimyoviy xossalari va unumdorligi	280
S.A.Ibroximova, D.M.Xoldarov, B.M.Qo'chqorov	
Sug'oriladigan och tusli bo'z tuproqlarning agrokimyoviy xossalari	287

GEOGRAFIYA

Y.I.Axmadaliyev, O.I.Abduganiev	
Biologik xilma-xillik bo'yicha kunming-monreal global dasturini (GBF) O'zbekistonda amalga oshirishning geoeologik asoslari	293
N.A.Esanov	
Shaharchalarning joylashgan o'rni iqtisodiy-geografik rivojlanish omili (Termiz tumani misolida)	307
M.T.G'oziyeva	
Zominsuv havzasining rekreatsiya resurslardan oqilona foydalangan holda turizmni rivojlantirish yo'llari	313
M.T.G'oziyeva	
Zomin suv havzasida turizmni rivojlantirishiga ta'sir etuvchi tabiiy geografik omillar	317
Sh.M.Sharipov, N.R.Samatova	
Toshkent viloyatida jar eroziyasi xavfi: DEM va GIS tahlili	322
B.A.Dadajonov, A.A.Abdubannopov	
Aqlli ko'chat ekish mashinasi – yashil kelajak uchun innovatsiya	331
O.I.Abduganiev, D.B.Kosimov, Z.I. Mamirova	
Landshaftlardagi bog'lanishni modellashtirish asosida ekologik tarmoqlarni shakllantirish	337
L.M.Saydaliyeva	
Sakral landhsftlarning hosil bo'lishi va funksiyalari	346
A.A.Xamidov	
Farg'ona vodiysi tabiat komplekslarining xx-asrda tadqiq qilinishi natijalari	354
B.A.Dadajonov, A.A.Abdubannopov	
Agroai drone – sun'iy intellektli aqlli qishloq xo'jaligi monitoring platformasi	357
U.T.Egamberdiyeva, A.B.Bozorboyev	
Xovos tumani aholisining joylanishi va demografik rivojlanish xususiyatlari	361
H.N.Naimov	
Shimoliy Farg'ona tog'oldi hududi landshaft-ekologik sharoitining hozirgi holati va uni baholash	367
J.A.Ismatov	
O'zbekiston monoshaharlari aholisi sonining dinamikasi	372
O.I.Abduganiev, T.D.Komilova	
MSPA-Mcr modeli asosida ekologik karkasni shakllantirish va optimallashtirish mezonlari	379
R.Y.Xoliqov, O.A.Qo'chqorov, S.B.Saydullayeva	
Landshaftlarning ekologik holatining o'zgarishi va ularni baholash:(Farg'ona vodiysi yirik shaharlar misolida)	395
B.R.Rapiqov	
Norin-Sirdaryo havzasidagi suv omborlaridan foydalanish samaradorligini oshirish imkoniyatlari	399

EKOLOGIYA



UO'K: 631.416.3:504.054:666.94(575.1)

**SUG'ORILADIGAN TIPIK BO'Z TUPROQLARDA OG'IR METALLAR GEOKIMYOSINING
QUVASOY SEMENT ZAVODI TA'SIRIDA O'ZGARISHI****ИЗМЕНЕНИЕ ГЕОХИМИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРОШАЕМЫХ ТИПИЧНЫХ
СЕРОЗЕМАХ ПОД ВЛИЯНИЕМ КУВАСАЙСКОГО ЦЕМЕНТНОГО ЗАВОДА****CHANGES IN THE GEOCHEMISTRY OF HEAVY METALS IN IRRIGATED TYPICAL
SIEROZEMS SOILS UNDER THE INFLUENCE OF THE KUVASOY CEMENT PLANT****Isag'aliyev Murodjon To'ychiboyevich¹** ¹Farg'ona davlat universiteti, biologiya fanlari doktori, professor**Qo'chqorov Bobirjon Mamasamin o'g'li²** ²Farg'ona davlat universiteti, tayanch doktorant**Aktamov Muhammadnumonjon Iqrorjon o'g'li³** ³Farg'ona davlat universiteti, tayanch doktorant**Ibrohimova Sabohat Ahmadali qizi⁴** ⁴Farg'ona davlat universiteti, tayanch doktorant**Annotatsiya**

Ushbu maqolada Farg'ona vodiysining sanoatlashgan hududida joylashgan Quvasoy sement zavodining sug'oriladigan tipik bo'z tuproqlardagi og'ir metallar miqdoriga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqot obyekti sifatida zavoddan turli masofada (100, 500, 1000 va 10000 m) joylashgan sug'oriladigan tipik bo'z tuproqlar tanlangan. Tuproq qatlamlarida og'ir metallar (As, Sb, Hg, Cr, Ni) miqdorining kenglik va chuqurlik (profil) bo'ylab o'zgarishi aniqlangan. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, nazorat nuqtasiga (10000 m) nisbatan zavodga yaqin hududlardagi tuproqlarning yuza qatlamlarida xrom (Cr) va nikel (Ni) miqdorining oshishi kuzatilgan. Mishyak (As) va surma (Sb) esa tuproq profilining yuza qatlamlaridan yuvilib, quyi qatlamlarda va masofalarda (500, 1000 m) to'planganligi aniqlandi, bu holat sement changi keltirib chiqargan ishqoriy muhit va sug'orish jarayonlari bilan bog'liq. Simob (Hg) miqdori aksariyat namunalarda aniqlash chegarasidan past (<0,1 mg/kg) ekanligi qayd etildi. Tadqiqot natijalari sement ishlab chiqarishining tuproq geokimyoviy tarkibiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini va bu holat agroekologik monitoringni talab etishini tasdiqlaydi.

Аннотация

В данной статье изучено влияние Кувасайского цементного завода, расположенного в промышленном регионе Ферганской долины, на содержание тяжелых металлов в орошаемых типичных сероземах. В качестве объекта исследования были выбраны орошаемые типичные сероземы, расположенные на разных расстояниях (100, 500, 1000 и 10000 м) от завода. Установлено изменение содержания тяжелых металлов (As, Sb, Hg, Cr, Ni) в почвенных горизонтах по ширине и глубине (профилю). Анализ показал, что наблюдается увеличение содержания хрома (Cr) и никеля (Ni) в поверхностных слоях почвы в районах, близких к заводу, по сравнению с контрольной точкой (10000 м). Мышьяк (As) и сурьма (Sb) вымыты из поверхностных слоев почвенного профиля и накоплены в нижних слоях и на расстояниях (500, 1000 м), что связано с щелочной средой, вызванной цементной пылью и процессами орошения. Отмечено, что содержание ртути (Hg) в большинстве образцов было ниже порога обнаружения (<0,1 мг/кг). Результаты исследований подтверждают, что производство цемента оказывает существенное влияние на геохимический состав почвы, что требует проведения агроэкологического мониторинга.

Abstract

This article examines the impact of the Quvasoy Cement Plant, located in the industrialized region of the Fergana Valley, on heavy metal concentrations in irrigated typical sierozem soils. The research focused on irrigated typical sierozem soils at various distances (100, 500, 1000, and 10000 m) from the plant. Changes in heavy metal content (As, Sb, Hg, Cr, Ni) were determined across soil horizons, both laterally and vertically (profile). Analysis revealed increased chromium (Cr) and nickel (Ni) levels in the surface layers of soils near the plant compared to the control point (10000 m). Arsenic (As) and antimony (Sb) were found to have leached from the surface layers of the soil profile and accumulated in lower layers and at greater distances (500, 1000 m), a phenomenon attributed to the alkaline environment caused by

QISHLOQ XO'JALIGI

cement dust and irrigation processes. Mercury (Hg) content in most samples was below the detection limit (<0.1 mg/kg). The research findings confirm that cement production significantly affects the soil's geochemical composition, necessitating agroecological monitoring.

Kalit so'zlar: og'ir metallar, tipik bo'z tuproq, geokimyo, As, Sb, Hg, Cr, Ni, texnogenez.

Ключевые слова: тяжелые металлы, типичный серозем, геохимия, As, Sb, Hg, Cr, Ni, техногенез.

Key words: heavy metals, typical sierozems, geochemistry, As, Sb, Hg, Cr, Ni, technogenesis.

KIRISH

Sanoat inqilobi va urbanizatsiya jarayonlari atrof-muhitga, ayniqsa, tuproq qoplamiga katta texnogen bosim o'tkazmoqda. Qurilish materiallari sanoati, xususan, sement ishlab chiqarish, atmosferaga katta miqdorda chang va gazlar chiqarish bilan birga, tuproqning kimyoviy tarkibiga ham jiddiy ta'sir ko'rsatadigan manbalardan biridir [3, 5]. Sement changi tarkibida yuqori miqdorda kalsiy oksidlari (CaO) bilan bir qatorda, xomashyo va yoqilg'idan kelib chiqadigan turli og'ir metallar, jumladan xrom (Cr), nikel (Ni), margimush (As) va surma (Sb) mavjud bo'lishi kuzatilgan [5, 9].

Farg'ona vodiysi O'zbekistonning aholisi zich va sanoati rivojlangan, shu bilan birga, intensiv dehqonchilik olib boriladigan muhim viloyatidir. Bu yerda asosiy tuproq tipi sug'oriladigan tipik bo'z tuproqlar bo'lib, ular tabiatan yuqori karbonatlilik va ishqoriy muhitga (pH>7,5-8) ega [2]. Bunday sharoitda tuproqqa tushadigan og'ir metallarning harakatchanligi, migratsiyasi va o'simliklar tomonidan o'zlashtirilishi o'ziga xos geokimyoviy qonuniyatlarga bo'ysunadi [4].

Quvasoy shahri uzoq yillardan beri sement ishlab chiqarish markazi hisoblanadi. Zavoddan chiqadigan emissiyalarning yaqin atrofdagi tuproq qoplamiga ta'sirini o'rganish, ayniqsa, As, Sb, Hg, Cr va Ni kabi toksik elementlarning taqsimlanishini baholash muhim agrokimyoviy va ekologik ahamiyatga ega.

ADABIYOTLAR TAHLILI VA TADQIQOT USULLARI

Ushbu tadqiqotning maqsadi Quvasoy sement zavodidan turli masofada joylashgan sug'oriladigan tipik bo'z tuproqlarda tanlangan og'ir metallarning geokimyoviy taqsimlanishini taqqoslash va texnogen ta'sir darajasini baholashdan iborat.

Bunung uchun Farg'ona viloyati Quvasoy shahrida joylashgan "Quvasoysement" AJ korxonasi va uning ta'siri doirasida bo'lgan sug'oriladigan tipik bo'z tuproqlari tanlandi. "Quvasoysement" AJ korxonasi 1932-yil 1-fevralda ishga tushirilgan bo'lib, quruq usulda sement ishlab chiqaradi. Korxonaning umumiy yer maydoni 57,73 ga, shundan ishlab, ishlab chiqarish maydoni 8,14 ga ni tashkil qiladi.

Sement ishlab chiqarish ikki bosqichga asoslanadi: klinker olish va uni mineral qo'shimchalar qo'shib maydalash. Texnologik jarayonning har bir bosqichi xomashyoni maydalashdir va buning natijasida atmosferaga sezilarli darajada chang chiqishi, korxona hududi va sanitariya muhofazasi zonasi chegaralarida tuproq va o'simliklarning ifloslanishiga olib keladi.

Sement ishlab chiqarish yaqin hududlar dala maydonlarini va atmosferani ifloslantiruvchi quyidagi manbalar: ohaktoshni qayta ishlash sexi, loyni qayta ishlash sexi, quruq sement ishlab chiqarish liniyalari (saqlash va aralashtirish bunkerlari, xomashyo tegirmonlari, aylanma pechlar, klinker sovutish qutilari, xomashyo aralashmasi butlovchi qismlar, sement tegirmonlari, xomashyo va chiqindilar uchun ochiq omborlar, ko'mir maydalash bo'limi, shlak quritish sexi, sement maydalash sexi) kiradi.

Quvasoy shahri Farg'ona vodiysining janubiy-sharqida joylashgan bo'lib, janub tomoni adirlar va past tog'lar bilan o'ralgan. Bu shaharni o'ziga xos landshaft va tabiiy resurslar, xomashyo bilan boyligini belgilaydi. Quvasoyning iqlimi kontinental bo'lib, yozi issiq, qishi sovuq, kuz va bahori esa seryog'in hisoblanadi. Hududda tipik bo'z tuproqlar tarqalgan bo'lib, ularning asosiy qismi sug'orishga tortilgan. Tog' oldi va tog' etagi nisbatan qiyalik darajasi past bo'lib, bu hududda qishloq xo'jaligini yuritish uchun qulay sharoit hisoblanadi.

Tuproqni o'rganish bir necha bosqichda: tayyorgarlik, dala tadqiqotlari, tuproq kesmalarini o'tkazish va laboratoriya tahlilida amalga oshirildi.

Tadqiqot uchun namunalar 2024-yilda Quvasoy sement zavodidan shimoliy yo'nalish bo'ylab to'rtta asosiy nuqtadan olindi. Birinchi nuqta zavodga eng yaqin 100 m, ikkinchi 500 m, uchunchi 1000 va fon (nazorat) sifatida 10000 m texnogen ta'sirdan holi bo'lgan hudud tanlandi.

QISHLOQ XO'JALIGI

Tuproq namunalari har bir nuqtada genetik qatlamlar bo'yicha, turli chuqurliklardan olindi. 100 m masofada 0-112 sm oralig'ida 5 ta namuna, 500 m masofada 0-45 sm oralig'ida 4 ta namuna, 1000 m masofada 0-45 sm oralig'ida 4 ta namuna va 10000 m (nazorat) masofada 0-130 sm oralig'ida 5 ta namuna o'rganildi.

Olingan tuproq namunalari havo quruq holatida quritilib, 1 mm li elakdan o'tkazildi. Elementlar tarkibi (As, Sb, Hg, Cr, Ni va boshqalar) zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullari (ICP-MS rentgen-fluorescent analizi) yordamida aniqlandi.

TADQIQOT NATIJALARI VA MUHOKAMA

Tadqiqot natijalari og'ir metallarning tuproqlarda taqsimlanishi sezilarli farqlarni ko'rsatdi, bu quyidagi jadvalda keltirildi.

Metallarning masofa va chuqurliklar bo'yicha taqsimoti

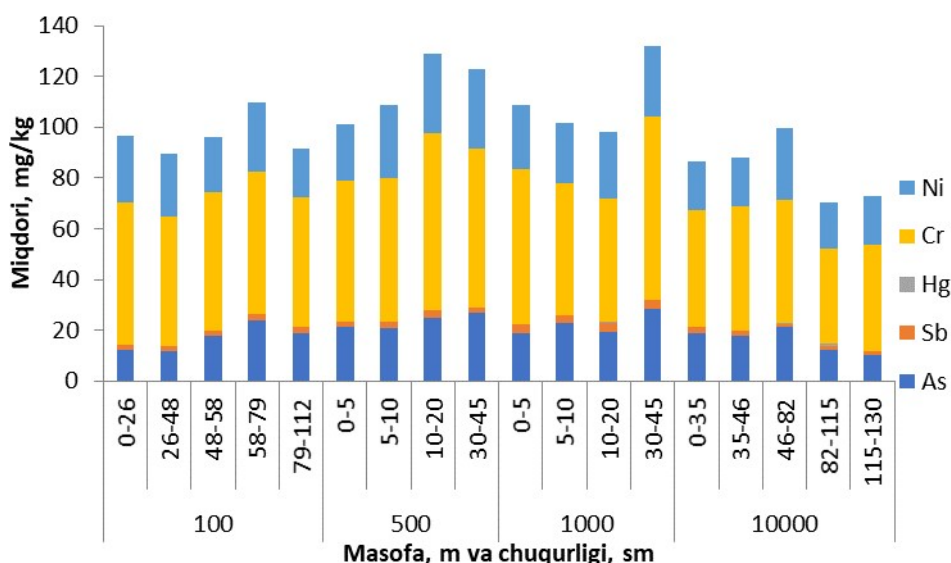
Masofa, m	Chuqurlik, sm	Og'ir metallar				
		As	S	Hg	Cr	N
			b			i
100	0-26	12,3	1,8	<0,1	56,0	2,6.4
	26-48	12,0	1,7	<0,1	51,1	2,4.6
	48-58	17,8	1,9	<0,1	54,5	2,1.8
	58-79	23,9	2,4	<0,1	56,0	2,7.4
	79-112	18,9	2,5	<0,1	50,7	1,9.6
500	0-5	21,1	2,1	<0,1	55,7	2,2.1
	5-10	20,6	2,6	<0,1	56,5	2,8.8
	10-20	25,0	2,9	<0,1	69,7	3,1.4
	30-45	26,7	2,3	<0,1	62,6	3,1.4
1000	0-5	19,0	3,2	<0,1	61,0	2,5.4
	5-10	22,8	2,9	<0,1	52,2	2,3.6
	10-20	19,2	3,9	<0,1	48,6	2,6.4
	30-45	28,4	3,5	<0,1	72,3	2,7.6
10000	0-35	18,8	2,3	<0,1	46,1	1,9.2
	35-46	18,0	1,8	<0,1	48,7	1,9.6
	46-82	21,1	1,5	<0,1	48,7	2,8.5
	82-115	12,2	1,7	0.7,2	37,5	1,8.3
	115-130	10,3	1,4	<0,1	42,1	1,8.9

Nazorat hududi (10000 m) sifatida qabul qilingan 10000 m masofadagi tuproq kesmasida xrom (Cr) miqdori yuza 0-35 sm haydov qatlamda 46,1 mg/kg, nikel (Ni) 19,2 mg/kg, mishyak (As) 18,8 mg/kg va surma (Sb) 2,3 mg/kg ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkichlar mintaqadagi tipik bo'z

QISHLOQ XO'JALIGI

tuproqlar uchun xos bo'lgan tabiiy fon miqdorlari sifatida qabul qilindi. Simob (Hg) miqdori deyarli barcha qatlamlarda aniqlash chegarasidan past ($<0,1$ mg/kg) bo'lsada, 82-115 sm chuqurlikda 0,72 mg/kg miqdordagi anomaliya qayd etildi.

Xrom (Cr) va nikel (Ni) zavodga yaqin hududlarda to'planishi kuzatildi. 100 m masofadagi yuza (0-26 sm) qatlamda Cr 56,0 mg/kg ni, 500 m da (0-5 sm) 55,7 mg/kg ni va 1000 m da esa (0-5 sm) 61,0 mg/kg ni tashkil etdi. Bu ko'rsatkichlar nazorat nuqtasida 46,1 mg/kg qiymatdan ancha yuqoridir. Ayniqsa, 500 m masofada 10-20 sm qatlamda Cr miqdori 69,7 mg/kg oshgan, 1000 m da 30-45 sm qatlamda 72,3 mg/kg gacha yetishi, xromni quyi tomon migratsiyalashganini ko'rsatadi. Nikel (Ni) bo'yicha ham shunga o'xshash manzara kuzatildi: nazoratda 19,2 mg/kg bo'lgan bo'lsa, 100 m da 26,4 mg/kg ni, 500 m da 22,1 mg/kg ni va 1000 m da 25,4 mg/kg ni tashkil etdi. Ni ning yuqori konsentratsiyasi (31,4 mg/kg) 500 m masofadagi 10-20 sm va 30-45 sm qatlamlarda aniqlandi.



1-rasm. Tipik bo'z tuproqlarda og'ir metallar miqdorining o'zgarishi

Mishyak (As) va surma (Sb) elementlarining taqsimlanishi Cr va Ni dan farq qildi. Nazorat nuqtasida As miqdori (18,8 mg/kg) yuqori qatlamdan chuqurlikka (10,3 mg/kg) qarab kamayib borgan bo'lsa, zavodga yaqin hududlarda teskari holat kuzatildi. Masalan, 100 m masofada As 12,3 mg/kg (0-26) dan 23,9 mg/kg (58-79 sm) gacha ortgan. 500 m da 21,1 mg/kg dan 26,7 mg/kg (30-45 sm) gacha, 1000 m da esa 19,0 mg/kg dan 28,4 mg/kg (30-45 sm) gacha ortgan. Surma (Sb) ham shunday xususiyatga ega: nazoratda 2,3 mg/kg dan 1,4 mg/kg gacha kamaygan, 1000 m masofada esa 3,2 mg/kg dan 3,9 mg/kg (10-20 sm) gacha ortgan.

Simob (Hg), tahlil qilingan barcha nuqtalarda va deyarli barcha qatlamlarda (nazorat nuqtasidagi yuqorida aytilgan bir anomaliyadan tashqari) simob miqdori $<0,1$ mg/kg ni tashkil etdi. Tahlil natijalari Quvasoy sement zavodining atrofdagi tuproq qoplami geokimyosiga ikki xil ta'sir ko'rsatayotganini ko'rsatmoqda.

Cr va Ni ning nazorat nuqtasiga nisbatan 100-1000 m masofada tipik bo'z tuproqlarning yuza qatlamlarida yuqoriligi, bu elementlarning zavoddan chiqayotgan chang bilan birga atmosfera orqali kelib tushishini (aeral texnogenez) tasdiqlaydi. Sement klunker va yoqilg'i (ko'mir) tarkibida Cr va Ni mavjudligi sanoat ekologiyasida ma'lum holatdir [5, 9]. Bu elementlarning ishqoriy bo'z tuproq va yuqori karbonatli (sement changi) muhitda harakatchanligi past bo'lgani uchun [4], ular asosan tuproqning yuza (0-20 sm) qatlamlarida to'planishi kuzatilmoqda.

As va Sb ning taqsimlanishi murakkabroq geokimyoviy jarayonlardan dalolat beradi. Cr va Ni dan farqli o'laroq, bu elementlarning maksimal konsentratsiyasi yuzada emas, balki 30-80 sm gacha bo'lgan chuqurliklarda kuzatildi.

Sement changi tuproqning ishqoriyligini yanada oshiradi. Yuqori pH (>8) sharoitida mishyak (arsenat AsO_4^{3-} -shaklida) va surma (antimonat Sb(OH)_6 -shaklida) yuqori harakatchanlikka ega bo'ladi [2, 4, 10]. Sug'orish ta'sirida dehqonchilik sharoitida suvning infiltratsiyasi (yuvilish rejimi) bu harakatchan elementlarning tuproq yuza qatlamidan yuvilib, chuqurroq qatlamlarga migratsiyalani-

shi va quyida akkumulyatsiyalanishiga olib keladi. Natijada, ular yuvilib, ma'lum bir geokimyoviy to'siqda (bizning holatda karbonatli, gipsli qatlamda) qayta to'planadi.

Simob (Hg) miqdorining juda pastligi ($<0,1$ mg/kg) zavod xomashyosi tarkibida bu elementning miqdori kamligidan yoki ishlab chiqarish jarayonida (yuqori haroratda) uning butunlay uchuvchan birikmalarga aylanib, kengroq hududga tarqalib ketishidan dalolat beradi.

Ekologik nuqtayi nazardan Cr va Ni ning yuza qatlamda to'planishi agrokimyoviy xavf tug'diradi, chunki bu qatlam o'simliklarning asosiy ildiz tizimi rivojlanadigan zonadir [1,8]. Ayniqsa, xromning eng toksik shakli bo'lgan Cr (VI) ning sement changida mavjud bo'lishi ehtimoli bor [5]. As va Sb ning chuqurroq qatlamlarda to'planishi esa, vaqt o'tishi bilan yer osti suvlarining ifloslanishiga olib kelishi mumkin deb ta'kidlangan [10].

XULOSA

Quvasoy sement zavodi atrofidagi sug'oriladigan tipik bo'z tuproqlarda og'ir metallarning texnogen ifloslanishi kuzatilmoqda. Cr va Ni asosan yuza qatlamlarda akkumulyatsiyalansa, As va Sb sement changi keltirib chiqargan ishqoriy muhit va sug'orish ta'sirida chuqurroq qatlamlarga migratsiyalangan. Bu holat mintaqada muntazam tuproq-geokimyoviy monitoringini olib borishni taqozo etadi.

ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b10158> Taylor & Francis
2. Artikov, H., et al. (2018). *Residues of organochlorine pesticides in irrigated soils of Central Fergana, Uzbekistan*. *Soil & Water Research*, 13(2), 73–82.
3. Lamare, R. E., & Singh, O. P. (2020). *Effect of cement dust on soil physico-chemical properties around cement plants in Jaintia Hills, Meghalaya*. *Environmental Engineering Research*, 25(3), 409–417.
4. Sposito, G. (2008). *The Chemistry of Soils*. Oxford University Press. [Oxford University Press+2Colorado Mountain College+2](https://doi.org/10.1017/9780521863800)
5. Estokova, A., Singovszka, E., & Holub, M. (2018). *Study on Cr(VI) leaching from cement and cement composites*. *Materials*, 11(1), 11. <https://doi.org/10.3390/ma11010011>.
6. Leuz, A.-K., Mönch, H., & Johnson, C. A. (2006). *Sorption of Sb(III) and Sb(V) to goethite*. *Environmental Science & Technology*, 40(23), 7277–7282.
7. Goldberg, S. (2002). *Competitive adsorption of arsenate and arsenite on oxides and clay minerals*. *Soil Science Society of America Journal*, 66(2), 413–421.
8. Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and Their Bioavailability*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>.
9. Ashraf, M., et al. (2021). *Impact of cement dust on soil physico-chemical characteristics*. *Journal of Himalayan Ecology & Sustainable Development*, 17, 14–22.
10. Diquattro, S., et al. (2021). *Insights into the fate of antimony (Sb) in contaminated soils: A review*. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 31426–31449.