

**YADRO FIZIKASI INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

**SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
NAVOIY DAVLAT KON-TEXNOLOGIYA UNIVERSITETI**

NURMURODOV LOCHIN TIRKASHEVICH

**QIZILQUM TOG‘ OLDI HUDUDIDAGI TABIIY VA TEXNOGEN
OBYEKTЛАRNING RADIATION KO‘RSATKICHLARI MONITORINGI**

01.04.01 – Eksperimental fizikaning asboblari va usullari

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Content of the dissertation abstract
of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

Nurmurodov Lochin Tirkashevich

Qizilqum tog‘ oldi hududidagi tabiiy va texnogen ob‘ektlarning radiatsion ko‘rsatkichlari monitoringi..... 3

Нурмуродов Лочин Тиркашевич

Мониторинг радиационных показателей природных и техногенных объектов в предгорных районах Кызылкума 23

Nurmurodov Lochin Tirkashevich

Monitoring of radiation indicators of natural and technogenic objects in the foothills of Kyzylkum..... 45

E‘lon qilingan ishlar ro‘yxati

Список опубликованных работ
List of published works..... 49

**YADRO FIZIKASI INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY
DARAJALAR BERUVCHI DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 RAQAMLI
ILMIY KENGASH**

**SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI
NAVOIY DAVLAT KON-TEXNOLOGIYA UNIVERSITETI**

NURMURODOV LOCHIN TIRKASHEVICH

**QIZILQUM TOG‘ OLDI HUDUDIDAGI TABIIY VA TEXNOGEN
OBYEKTЛАRNING RADIATION KO‘RSATKICHLARI MONITORINGI**

01.04.01 – Eksperimental fizikaning asboblari va usullari

**Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi
AVTOREFERATI**

Toshkent – 2025

Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.3.PhD/T4810 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya ishi Sh.Rashidov nomigagi Samarqand davlat universiteti va Navoiy davlat kon-texnologiya universitetida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida (www.inp.uz) va "Ziyonet" axborot-ta'lim tarmog'ida (www.ziyonet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Muzafarov Amrullo Mustafaevich
kimyo fanlari doktori, dotsent

Rasmiy opponentlar:

Xujayev Saydaxmad
texnika fanlari doktori, professor

Xudayberdiev Eliboy
fizika-matematika fanlari nomzodi, dotsent

Yetakchi tashkilot:

M.Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti

Dissertatsiya himoyasi Yadro fizikasi instituti huzuridagi DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 raqamli Ilmiy kengashning 2025-yil _____ soat _____ dagi majlisida bo'lib o'tadi (Manzil: 100214, Toshkent shahri, Ulug'bek qo'rg'oni, Yadro fizikasi instituti. tel. (+99871) 289-31-41; faks (+99871) 289-36-65; e-mail: info@inp.uz).

Dissertatsiya bilan Yadro fizikasi institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (_____ raqami bilan ro'yxatga olingan). Manzil: 100214, Toshkent shahri, Ulug'bek qo'rg'oni, Yadro fizikasi instituti. tel. (+99871) 289-31-19.

Dissertatsiya avtoreferati 2025-yil "____" _____ da tarqatildi.
(2025-yil "____" _____ dagi _____ raqamli reystr bayonnomasi).

M. Yu. Tashmetov,
Ilmiy darajalar beruvchi
ilmiy kengash raisi, f.-m.f.d., professor

O.R. Tojiboyev
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash
ilmiy kotibi, f.-m.f. PhD, katta ilmiy xodim

E.M. Tursunov
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi o'rinbosari, f.-m.f.d., professor

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati. Dunyoning barcha mamlakatlarida tuproq, suv, havo va o‘simliklar tarkibidagi radioaktiv elementlarning miqdorlari va lokal hududlardagi radiatsion ko‘rsatkichlarning doimiy monitoringi olib boriladi. Radioaktiv elementlarning miqdorlari va radiatsion ko‘rsatkichlar kattaliklarini har bir lokal hudud uchun aniqlash usullarini takomillashtirish va bu takomillashtirilgan usullarni amaliyotga qo‘llash imkoniyatlarini kengaytirish hudud radioekologik holatini ilmiy-eksperimental asosda nazorat qilishda katta ahamiyatga egadir.

Bugungi kunda jahonda tog‘ oldi hududlar va texnogen obyektlardagi radiatsion ko‘rsatkichlar monitoringining yadro-fizik usullar ishonchliligini oshirish va bu hududlardagi aholi va ishchi-xodimlarga radiatsion ta‘sirni kamaytirish bo‘yicha tegishli ilmiy yechimlarni asoslash - bu obyektlardagi ekspozitsion doza quvvati - EDQ, radonning ekvivalent muvozanat hajmiy aktivligi - REMHA, uzoq yashovchi radionuklidlarning - UYaAR o‘rtacha yillik hajmiy aktivligi, iste‘mol qilinadigan ichimlik suvining aktivligi hisobiga ichki nurlanishning qiymatlarini aniqlash natijasida bu hududlardagi aholi va ishchi-xodimlarning o‘rtacha yillik effektiv doza qiymatlarini tadqiq qilish, bu kattaliklarni baholash uchun qo‘llaniladigan radiometrik usullar majmuasini takomillashtirish va amaliyotga qo‘llash zarur.

O‘zbekistonda tog‘ oldi hududlar va texnogen obyektlardagi radiatsion ko‘rsatkichlar monitoringining yadro-fizik usullarini ishlab chiqish va bu hududlardagi aholi va ishchi-xodimlarga radiatsion ta‘sirni kamaytirish usullarini ishlab chiqish va amaliyotga qo‘llash zarurligi bo‘yicha nazariy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Bunga misol qilib 2022-2026-yillarda Yangi O‘zbekistonni rivojlantirish strategiyasining uchinchi yo‘nalishi bo‘yicha ilg‘or ilmiy asoslangan chora-tadbirlarning joriy qilinishini ko‘rsatish mumkin. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmonida yuqori samaradorlikka ega chang-gaz tozalash uskunalari va lokal suv tozalash inshootlarini o‘rnatish hamda mavjudlarini modernizatsiya qilish, 14 ta ekologik toza hudud rejimini joriy qilish ko‘zda tutilgan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-sonli “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida” gi farmoni, 2019-yil 4-oktyabrdagi PQ-4477-sonli “2019-2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining “yashil” iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot ishi respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining II. “Energetika, energotejamkorlik va muqobil energiya manbalari” hamda IV. “Qishloq xo‘jaligi, biotexnologiya, suv muammolari, ekologiya va atrof-muhit muhofazasi” ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi. Tog‘ oldi hududlar va texnogen obyektlardagi radiatsion parametrlarni yadro-fizikaviy usullar yordamida monitoring qilish bo‘yicha tadqiqotlar ko‘plab xorijiy olimlar, shu jumladan, hindistonlik

(Surinder Singx, Asha Rani, Kumara S., Ramola V. va boshqalar), avstraliyalik (Doering Che, Riaz Akber, Henk Heijnis, Metyu Barnett J. va boshqalar), isroillik (Kawasi M. va boshqalar), taylandlik (Pungtip Kaewtubtim, Weeradej Meeinkuirt, Sumalee Seepom, John Pichtel va boshqalar), misrlik (Saleh I.H., Abdel-Halim A.A. va boshqalar), koreyalik (Kim G.H., Lee H.K., Cho J.H. va boshqalar), braziliyalik (F.T.Concei, D.M.Bonotto, J. R.Jiménez-Rueda va boshqalar), rossiyalik (Tembotov R., Gangapshev A., Gezhaev A., Abakumov Ye., Buldakov L.A., Fityushkin I.V., Voronov S.N., Aleksandrov R.M. va boshqalar), yevropalik (A.M.Blebea-Apostu, R.M.Margineanu, D.Persa, D.G.Dumitras, M.C.Gomoiu va boshqalar), o'zbekistonlik (Muminov T.M., Azimov A.N., Bazarbayev N.N., Muminov I.T., Kungurov F.R., Safarov A.A., Xalikulov Z.A., Xudoyberdiyev A.T., Mashrapov R., Juraqulov M.D., Zueva O.V., Mamedov Ye.D., Trofimov G.N., Xolmatov M.U., Alibekov L.A. va boshqalar) va boshqa mutaxassislar tomonidan olib borilmoqda.

Ushbu tadqiqotlar keng ko'lamli masalalarni qamrab oladi, jumladan, tuproqning ustki qatlamlarida kosmogen radionuklidlarning hosil bo'lishi, tuproqning vertikal qatlamlarida tabiiy radionuklidlarning taqsimlanishi, shuningdek, ichki radiatsion yuklamani baholash. Ko'rsatkichlar, masalan, ekspozitsion doza quvvati (EDQ), radonning ekvivalent muvozanatli hajmiy aktivligi (REMHA), uzoq yashovchi radionuklidlarning o'rtacha yillik hajmiy aktivligi (UYaAR), ichimlik suvidagi radionuklidlarning aktivligi – ushbu hududda yashovchi aholining soni hisobga olingan holda aniqlanadi va texnogen obyektlarda ishlovchi xodimlarning yillik samarali dozalari bilan taqqoslanadi. Alohida e'tibor qo'llanma yadro fizikasi sohasiga qaratilgan bo'lib, u ekologik tizimlarda radiatsiyani monitoring qilish, radiatsion xavfsizlik usullarini ishlab chiqish, shuningdek, qishloq xo'jaligi, tibbiyot va atrof-muhitni muhofaza qilish sohalarida yadro texnologiyalarini joriy etishni o'z ichiga oladi.

Shunga qaramay, tog'li hududlar va Qizilqum texnogen obyektlarida radiatsion holat hali yetarlicha o'rganilmagan. Shu bilan birga, ushbu parametrlarning yillik effektiv doza ko'rsatkichlari bilan korrelyatsiyasi ham kam tadqiq etilgan, shuningdek, mazkur hududlarda radiatsion ta'sirni kamaytirish bo'yicha tavsiyalar mavjud emas. Ushbu jihatlarni tadqiq qilish radiatsion xavfsizlikning samarali strategiyalarini ishlab chiqish va aholining sog'ligini ta'minlash uchun juda muhim ahamiyatga ega.

Dissertasiya tadqiqotining dissertasiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejalari bilan bog'liqligi. Dissertatsiya ishi Navoiy davlat kon-texnologiya universiteti ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining № BA-A-13-015 “Mahalliy reagentlar yordamida uranni yerosti yuvish texnologik rejimini ishlab chiqish” (2020-2022) mavzusidagi amaliy loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi Qizilqum tog' oldi hududidagi tabiiy va texnogen ob'ektlarining radiatsiyaviy holatini baholash hamda ushbu hududdagi aholi va ishchi xodimlar tomonidan olinadigan o'rtacha yillik effektiv dozalarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

tadqiqot joylarini tanlash, bunda asosan inson ta'siri kam bo'lgan yani texnogen ta'sirlar kam bo'lgan xududlarni tadqiqot xududi sifatida olish;

tuproq namunalari olish va tahlil qilish, bunda tuproqning vertikal qatlamlari bo'yicha tabiiy va kosmogen radionuklidlarning tarqalishini o'lchash;

yer osti suvlaridagi Rn-222 radionuklidining solishtirma hajmiy aktivligini o'lchash va tahlil qilish;

havo tarkibidagi yer sirtidan bug'lanib chiquvchi Rn-222 radionuklidining birlik vaqt ichida birlik yuzadan chiquvchi aktivligini aniqlash;

tog' oldi hududlarida yashovchi va texnogen obyektlarda ishlovchi ishchi-xodimlarning olishi mumkin bo'lgan yillik effektiv doza qiymatlarini baholash va solishtirish;

to'plangan ma'lumotlar sharhini yig'ish va ularning hisobotini tayyorlash.

Tadqiqotning ob'ektlari sifatida tog' oldi hududlari, texnogen ob'ektlar, ekotizim namunalari - tuproq, suv, havo, o'simliklar va ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{40}K , ^7Be - radioaktiv elementlari olingan.

Tadqiqotning predmetini radiatsion ko'rsatkichlar, radiometrik tahlil usullari, radiometrik qurilmaning metrologik xarakteristikalari, o'rtacha yillik effektiv doza va radioekologik radiatsion holat tashkil etadi.

Tadqiqotning usullari: radiometriya, dozimetriya, alfa, beta, gamma-spektrometriya kabi yadro-fizik usullari.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

birinchi marta ssintillyatsion gamma – spektrometrda namunalarda sirt zichliklarini hisobga oluvchi ASW dasturini qo'llagan holda tuproq tarkibidagi radionuklidlarning solishtirma aktivliklarini aniqlash uslubi ishlab chiqilgan;

Qizilqum tog' oldi hududlaridagi va texnogen obyektlardagi havo atmosferasidagi uzoq yashovchi radionuklidlarning hajmiy aktivlik qiymatlarining bir-biridan keskin farq qilishi aniqlangan va bu qiymatlarning farq qilishiga sabab havo atmosferasidagi aerozollar konsentratsiyasi ekanligi topilgan;

tadqiqot hududi ichimlik suvining radiatsion ko'rsatkichlar qiymatlarining kattaligi shu hudud tuproqlaridagi radioaktiv elementlar konsentratsiyasi kattaligiga proporsional bog'liqligi eksperimental tajribalar yordamida aniqlangan;

tadqiqot hududidagi texnogen ob'ektlar xodimlari va aholi uchun, gamma-nurlanishning hamda havo va suvdagi radionuklidlar tufayli hosil bo'lgan ichki nurlanishning kompleks ta'sirini hisobga olgan holda, birinchi marta o'rtacha yillik effektiv dozalar hisoblab chiqilgan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

tadqiqot hududidan olingan tuproq, suv va havo tarkibidagi radionuklidlarning solishtirma aktivliklari aniqlangan;

tadqiqot hududlari tuproqlarida ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra va ^{222}Rn kabi radioaktiv elementlar va radionuklidlar tarqalishi, bu hududlar ichimlik suvlaridagi solishtirma $\sum\alpha$ va $\sum\beta$ hajmiy aktivlik qiymatlari va tadqiqot hududi havo atmosferasida ekspozitsion doza quvvati, radonning ekvivalent muvozanat hajmiy aktivligi, uzoq yashovchi radionuklidlarning o'rtacha yillik hajmiy aktivligi aniqlangan;

tog' oldi hududi aholisi va texnogen obyektlarda ishlovchi ishchi-xodimlarning olgan yillik effektiv doza qiymatlari aniqlangan;

texnogen obyektlardagi ishchi-xodimlarni rotatsiya qilish yo'li bilan yillik effektiv doza qiymatini pasaytirish mumkinligi tavsiya qilingan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi ma'lum hajmdagi nazariy va laboratoriya tadqiqotlari natijalarining olinganligi, zamonaviy usullar va o'lchash asboblarining qo'llanilganligi, ishlab chiqilgan usullar yordamida olingan natijalarning xalqaro standart namunalari natijalari bilan solishtirilganligi, parallel tahlillar o'tkazilganligi va har xil tadqiqotchilar va laboratoriyalar natijalarining o'zaro solishtirilganligi bilan isbotlanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati tog' oldi hududlari va texnogen obyektlardagi radiatsion ko'rsatkichlarni aniqlashning takomillashtirilgan α , β , γ - radiometrik usullarining qo'llanilishi, bu hudud aholisi va texnogen obyektlarda ishlovchi ishchi-xodimlarning qabul qilgan yillik effektiv doza miqdorini shu hududlar havo atmosferasidagi EDQ, REMHA, UYaAR va ichimlik suvlaridagi solishtirma $\sum\alpha$ va $\sum\beta$ – hajmiy aktivlik qiymatlariga bog'liqlik sabablarini ochishga asos bo'ladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati radiometrik va dozimetrik tahlil usullarini takomillashtirish, o'rganilayotgan hududlarning tuproqlari va ichimlik suvida radioaktiv elementlar va radionuklidlarning tarqalishini, shuningdek atmosferada EDK, REMHA, UYaAR parametrlarini aniqlashdan iborat. Natijalar yillik samarali nurlanish dozasini, shu jumladan texnogen ob'ektlarda xodimlarning aylanishini kamaytirish bo'yicha chora-tadbirlarni ishlab chiqish va amalga oshirishga imkon beradi.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi. Qizilqum hududi tog' oldi va texnogen obyektlaridagi radiatsion ko'rsatkichlar monitoringining yadro-fizik usullari bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

sintillyatsion gamma-spektrometrda ASW dasturidan foydalangan holda tuproqdagi radionuklidlarning solishtirma aktivligini aniqlash uchun uslubi ishlab chiqilgan, havo atmosferasidagi uzoq yashovchi radionuklidlarning hajmiy aktivlik qiymatlari "NKMK" AJda amaliyotga joriy etilgan ("Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasining 2024 yilning 09 apreldagi №758-sonli dalolatnomasi). Natijada tuproqlar tarkibidagi radioaktiv elementlar va radionuklidlarni kompleks tahlil qilish imkoniyati yaratilgan;

O'rganilayotgan hududlarda ichimlik suvining radiatsiyaviy ko'rsatkichlarining eksperimental o'rnatilgan qiymatlari hamda texnogen ob'ektlar xodimlari va hudud aholisi uchun hisoblangan o'rtacha yillik effektiv dozalari qiymatlari "NKMK" AJda amaliyotga joriy etilgan ("Navoiy kon-metallurgiya kombinati" AJ Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasining 2024 yilning 09 apreldagi №758-sonli dalolatnomasi). Natijada tadqiqot hududi ichimlik suvlaridagi solishtirma hajmiy aktivlik qiymati ishchi-xodimlarning yillik effektiv doza miqdoriga bog'liqligini baholash hamda shchi-xodimlarni rotatsiya qilish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot natijalari 8 ta xalqaro va respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 8 ta ilmiy ish, shulardan, Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy jurnallarda 5 ta maqola, shundan 2 tasi xorijiy jurnallarda nashr etilgan.

Ilmiy ish tuzilmasi va hajmi. Dissertatsiya kirish, to'rtta bob, xulosa va foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 109 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida tadqiqotning dolzarbligi, zarurati, maqsadi va vazifalar, tadqiqotning usullari, obyektlari, predmeti, respublika fan va texnologiyalar taraqqiyotining ustuvor yo'nalishlariga mosligi, ilmiy yangiligi va tadqiqotning amaliy natijalari, olingan natijalarning ilmiy va amaliy ahamiyati, tadqiqotning amaliyotga tadbiqu, chop etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiya tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Tabiiy va texnogen radionuklidlarni o'lchash usullarining hozirgi holati va texnogen obyektlar xodimlari tomonidan olinadigan yillik doza qiymatlari”** deb nomlangan birinchi bobida ya'ni aholi yashash xududlaridagi tuproq tarkibidagi tabiiy radioaktiv radionuklidlarning (^{230}Th , ^{226}Ra va ^{40}K) tarqalishi, atmosfera havosiga yer sirtidan chiquvchi ^{222}Rn oqimi zichligini aniqlashning gamma-spektrometrik usuli, yerosti suvlaridagi ^{222}Rn solishtirma hajmiy aktivligini aniqlashning barbotaj usullari, tuproqning yuza qatlamlarida kosmogen ^7Be radionuklidi tarqalishining ko'plab dunyo olimlari tomonidan aniqlangan radiatsion monitoring ishlar tahlili va shu bilan birgalikda tabiiy va texnogen hududlarda aholi va xodimlar uchun yillik effektiv doza qiymatini hisoblash usullari havo atmosferasidagi kosmogen o'lchash va texnogen obyektlarda ishchi xodimlarning yillik olishi mumkin bo'lgan nurlanish doza qiymatlarining bugungi kundagi holati o'rganilgan va tahlil qilingan.

Dissertatsiyaning **“Tadqiqot obyektlaridan olingan tuproq namunalari tarkibidagi radionuklidlar miqdori va yillik effektiv doza qiymatini hisoblash metodikasi”** deb nomlangan ikkinchi bobida tabiiy radionuklidlarning miqdorlari, ularni gamma-spektrometrik usul yordamida qurilmada aniqlash metodlari va ulardan olingan spektrlarning qayta ishlash metodlari keltirilgan.

Shu bilan birgalikda tajriba maydonlarining geografik joylashuvi va iqlimi tuproqning vertikal qatlamlaridan va yuza qismidan, yer sirtiga yaqin havo qatlamidan hamda yerosti suvlaridan namunalari olish metodikasi, namunalarning γ -spektrlarini o'lchash va γ -spektrlarni qayta ishlash usullari mufassal berilgan.

Bundan tashqari havo atmosferasida ekspozitsion doza quvvati, Radonning ekspozitsion muvozanat hajmiy aktivligi hamda uzoq yashovchi aerosol radionuklidlarning ekvivalent dozalarini o'lchash metodikasi keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Qizilqum tog‘ oldi hududlaridan olingan tuproq va suv namunalari tarkibidagi radionuklidlar miqdori”** deb nomlangan uchinchi bobida 10-30 sm chuqurlikdagi tuproq qatlamlarida tabiiy radionuklidlarning aktivligi va radon oqimining zichligi tadqiq qilingan va quyidagi natijalar olingan.

1-jadvalda o‘rganilayotgan hududlarning alohida maydonchalari va joylarida TaRN o‘rtacha aktivligi – A, radon oqimi zichligi va tabiiy fonning ekvivalent doza quvvati - EDQ qiymatlari, shuningdek ularning o‘zgarishlar $f = A_{max}/A_{min}$ fluktuatsiyalari keltirilgan.

Olingan natijalar dunyoning boshqa mintaqalaridagi natijalar bilan o‘zaro taqqoslangan, Masalan: Istanbulga tutashgan 12 aholi punktida – $A_{Ra} = 39$ (30-46), $A_{Th} = 57$ (48-67) va $A_K = 940$ (720-1200) Bk / kg, Belorussiyadagi 9 ta sinov maydonchasida – $A_{Ra} = 21$ (15-27), $A_{Th} = 7,2$ (7-9) va $A_K = 525$ (213-660) Bk / kg, Qozog‘iston Respublikasining Oqmo‘la viloyatidagi uran koniga yaqin joylashgan uchta uchastkada – $A_{Ra} = 153$ (65-249), $A_{Th} = 97$ (50-144) va $A_K = 950$ (700-1500) Bk / kg va o‘rganilayotgan obyektlar tuproqlarida tabiiy radionuklidlar aktivligi 1-jadvaldagi natijalarga ko‘ra hamda ularning fluktuatsiya qiymatlari ^{40}K uchun $f = 1,9$, ^{226}Ra - $f = 2,6$ diapazonda o‘zgarib turishi va joylarda ularning o‘rtacha qiymatlaridagi farqlar $f = 2$ ga yetishi topilgan. Tog‘ etaklarida ularning qiymatlari qiyaliklarga qaraganda biroz yuqoriroq ekanligi topilgan.

1-jadvalda - TaRN bilan solishtirganda, o‘rganilayotgan hududlarda $f = 5$ kengroq diapazonda o‘zgarib turadi va ularning qiymatlari "QORATEPA", "DOVON" va "HISOR" etagidagi hududlarda minimal bo‘lishi topilgan. Avstraliyaning turli qismlarida oqim zichligi $^{222}Rn = (13-264)$ mBk/m²s bo‘lsa Nurobod tumanidagi Zirabuloq tog‘laridan olingan namunalarda - ^{222}Rn aktivligi - $A = (<5 - 120)$ Bk/dm³ ekan. Radon-222 ning uran minerallari ostidagi jinslarning yoriqlari va g‘ovaklari bo‘ylab hosil bo‘ladi. So‘ngra tuproq qatlami orqali atmosferaga chiqadi. Bundan ko‘rinib turibdiki, uran minerallarining yotqizilgan jinslardagi konsentratsiyasi, yoriqlarning tarqalishi va ularning paydo bo‘lish chuqurligi, tuproq qoplaminig qalinligi va uning holati relyefning turli qismlarida va turli joylarida sezilarli chegaralarda o‘zgarib turadi.

Aholi punktlarida ROZ, EDQ ning o‘rtacha qiymatlari va ^{222}Rn (ona ^{226}Ra radionuklidi) aktivligi o‘rtasidagi bog‘liqlikka e‘tibor qaratish talab qilinadi.

1-jadvalda tadqiq etilgan tabiiy radionuklidlar solishtirma aktivligining o‘rtacha qiymatlari, radon oqimining zichligi hamda tabiiy fonning ekvivalent dozasi quvvati – EDQ qiymatlari keltirilgan. Bu tadqiq etilgan tabiiy radionuklidlar solishtirma aktivligining o‘rtacha qiymatlari, radon oqimining zichligi hamda tabiiy fonning ekvivalent dozasi quvvati – EDQ qiymatlaridan ko‘rinadiki 5 ta hududda bu qiymatlar o‘zaro farq qilar ekan.

Tadqiq etilgan tabiiy radionuklidlar solishtirma aktivligining o‘rtacha qiymatlari, radon oqimining zichligi hamda tabiiy fonning ekvivalent doza quvvati (EDQ) qiymatlari

Joylar nomi va EDQ (D -(mZv/soat))	Namuna maydonlari	\bar{A} , Bk/kg			^{222}Rn mBk/m ² s
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	
NUROTA (0,27)	S1-S21	45	54	840	103
	P1, P2	37	51	820	64
QORATEPA (0,17)	S1-S15	31	40	646	57
	S1, P2	25	48	712	47
DOVON (0,22)	S1-S6	30/1,7	41/1,8	620	46
	S1-S4	33/2	35/1,6	545	54
	P1, P2	41	50	720	86
CHAKIL (0,22 - 0,24)	S1-S15	53	48	650	91
HISOR (0,20)	S1-S3	25	42	740	58
	S4-S11	23	44	700	-
	S12	25	45	730	-
	S13-S15	44	40	786	80
	P1	37	57	850	20
	P2	39	60	900	-
	P3	48	35	790	-
	P4	41	67	1100	37

2-jadvalda ^7Be 2018 yildagi zaxiralarining NUROTA, QORATEPA va ChAKIL tuproqlaridagi qiymatlari keltirilgan. 2018 yildagi ^7Be zahiralari 2019 va undan oldingi yillardagi ma’lumotlardan keskin farq qiladi. Sababi 2018-yil nihoyatda quruq bo’lgan (O‘zbekiston Respublikasi gidrometeorologiya xizmatlari ma’lumotlariga ko‘ra, Samarqand shahrida 2018-yilning yanvar-avgust oylarida 137 mm yog‘ingarchilik tushgan bo‘lsa, 2017-yilda 288 mm, 2019-yilda esa 370 mm yog‘ingarchilik bo‘lgan.) Natijada “NUROTA” va “QORATEPA” qurg‘oqchil hududlarida havoning changlanishi, quruq yog‘ingarchilik bilan ^7Be cho‘kish intensivligini keltirib chiqaradi, 2018-yil ko‘p marta oshdi va nam “ChAKIL” da havoning changligi odatdagi darajada qoldi.

Bundan ko‘rinadiki tog‘ yonbag‘ridagi maydonda ^7Be zaxirasi qiymatlari bir-biri bilan namlanganlik darajasi bo‘yicha korrelyatsiyalanadi – o‘ta namlangan P4 da ularning zaxirasi maksimal, namlangan – P2 da esa ular kamayadi, “Quruq” – P1 da minimal.

2018 yildagi ⁷Be zaxiralarining tadqiqot obyektlari tuproqlaridagi qiymatlari

Namuna olingan joylar	Namuna olingan maydonlar	R, mm/yil	Yil	⁷ Be \bar{q}/f kBk/m ²
NUROTA	S1-S21	250-500	2018	0,44/2,5
			2019	0,17/ 3,4
	P1, P2		2018	0,70-0,82
			2019	0,30-0,35
QORATEPA	S1-S15	250-500	2007	0,17-0,24
			2018	0,33/2,5
	P1, P2		2019	0,18 /5,3
			2018	0,48-0,56
DOVON	S1-S6	880	2019	0,24-0,40
			2019	0,14-0,22
	S1-S3		2019	0,57/2,6
			2019	0,60/2,5
P1, P2	2019	0,81/1,4		
	S4	2019	0,87	
CHAKIL	S1-S15	880	2019	0,09/ 4,1
			2018	0,65/1,6
			2010	0,80-1,10
HISOR	S1-S3	>700	2017	0,49/1,5
	S4-S11			0,17/1,5
	S12			0,36
	S13-S14			0,20/1,4
	P1			0,44
	P2			0,57
	P3			0,52
	P4			0,71

Shunday qilib, o‘tkazilgan tadqiqotlar natijalari bog‘liqlikni ko‘rsatdi.

- KRN ⁷Be zaxiralarining qiymatlaridagi yog‘ingarchilikning intensivligi bo‘yicha aholi punktlari tuproqlaridagi farqlarning kattaligi va darajasi, yomg‘irli yillarda esa ular nam yog‘ingarchilik zonalarida ustunlik qiladi, va quruq yillarda - quruq va tuproq jarayonlarining intensivligi yerning alohida hududida – tog‘ yonbag‘irlarda - eroziya, yerlarda - cho‘kindi; ammo ular baland tog‘larda maksimal, past tog‘larda minimal bo‘ladi.

²²²Rn ning tabiiy suvlardagi aktivligi yerosti suvlaridagi tog` jinslaridan chiqadigan radon konsentratsiyasi va ochiq yuzaga chiqqandan keyin ularning gazsizlanish jarayonlarining intensivligi bilan belgilanadi.

Namunalarning ushbu faolligiga muvofiq (3-jadval):

- “NUROTA”, “QORATEPA” da buloqlar, “DOVON” da yerosti suvlari Pangatsoy, sug‘orish joyi va Omonqo‘tonsoydagi tegishli suv namunalari qaraganda ko‘proq;

- “HISOR” dagi oqim manbayi quyi oqimdan 2 baravar ortiq;

-Tanxozdaryodan olingan namunaga kelsak, uning aktivligi aniqlanadigan minimal qiymatdan past daryoning kanal bo‘ylab tez oqimi, ko‘p sonli oqimlar bilan suvlarning deyarli to‘liq gabsizlanishiga olib keladi;

- Radon oqimlarining intensivligi, boshqa omillarga qo‘shimcha ravishda, uning tuproq qoplaminig qalinligi va holatiga bog‘liq;

- karst kelib chiqishining tabiiy suvlarida radonning faoliyati ochiq yuzaga chiqqandan keyin dastlabki faoliyati, ularning yo‘qolish jarayonlarining intensivligi va davomiyligiga bog‘liq.

3-jadval

Tadqiqot hududlari suv namunalarida ²²²Rn aktivligi

Namuna maydonlari	Namuna	A, Bk/dm ³
NUROTA	V1 buloq	65
	V2 Pangatsoy daryosining manbayi	5
QORATEPA	V1 buloq	50
	V2 suv bilan	12
DOVON	V1 karst oqimi	85
	V2 Omonqo`tonsoy daryosining manbayi	7
HISOR	V1 oqim manbayi	38
	V2 daryo oqimining pastki qismi	16
	V3 Tanxoz daryosi	<5
²²² Rn ning tabiiy suvlardagi hajmiy aktivligi		60

Bu yerda hududlar bo‘yicha radon miqdori sezilarli darajada farqlanishini ko‘rish mumkin, karst oqimlari va buloqlarda yuqoriroq radon darajasi kuzatiladi. Bu holat radonning geologik manbalar va gidrologik sharoitlar bilan bog‘liqligini ko‘rsatishi mumkin.

Dissertatsiyaning **“Qizilqum tog‘ oldi hududi aholisi va texnogen obyektlarda faoliyat olib boruvchi xodimlar tomonidan olingan yillik effektiv doza qiymatlari”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida tadqiqot hududlaridagi aholi va ishchilarning olishi mumkin bo‘lgan yillik effektiv doza qiymatlari eksperimental o‘rganilgan.

Barcha radiatsiyaviy omillardan yillik yig‘indi effektiv doza to‘rt komponentdan iborat bo‘lib, ular quyidagicha aniqlanadi:

$$\sum E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 \quad (1)$$

bunda E₁-gamma nurlanishining yillik effektiv (ekvivalent) dozasi bo‘lib u quyidagicha hisoblanadi:

$$E_1 = 5,3 \cdot 10^{-2}(P_\gamma - P_\phi) \quad (2)$$

bunda R_γ - bu joyning kuzatuv nuqtasida, yer yuzasidan yoki poldan 1m balandlikda, mkr/soat larda o‘lchanadi, gamma nurlanishining o‘rtacha yillik ekspozitsion doza

quvvati (EDQ); R_f - yer yuzasi xarakteristikasidan 1 m balandlikda fon qiymati bu sohada bir joyning kuzatish nuqtasi.

E_2 - radonning ekvivalent muvozanat hajmiy aktivligi (REMHA) qiymati tufayli ichki nurlanishdan effektiv doza quvvati quyidagicha aniqlanadi:

$$E_2 = 2,01 \cdot 10^{-2} (S_f - S_{rf}) \quad (3)$$

bunda S_f - turar-joyni kuzatish nuqtasida radonning o'rtacha yillik qiymati, Bk/m^3 ; S_{rf} - turar-joyni kuzatish nuqtasida radonning mos ravishda (REMHA) fon qiymatlari, Bk/m^3 .

E_3 - havoning aerosol fraksiyalarida uzoq yashovchi alfa-radionuklidlar (UYaAR) aktivligi tufayli ichki nurlanishning effektiv dozasi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_3 = 2,8 \cdot 10^{-2} [(S_1 - R_1 \cdot S_2) - (1 - R_1) \cdot S_3] \quad (4)$$

bunda S_1 - aholi punktining kuzatish nuqtasi havosidagi o'rtacha yillik umumiy alfa aktivligi, Bk/m^3 ; S_2 , S_3 - aholi punktining kuzatish nuqtasi havosidagi umumiy va o'ziga xos alfa aktivligining fon qiymatlari, Bk/m^3 ; R_1 - shamol tezligining ma'lum bir maydon uchun 3m/s gacha bo'lgan tezligi; T - ta'sir qilish vaqti.

E_4 - iste'mol qilinadigan ichimlik suvi aktivligi tufayli ichki nurlanishning effektiv dozasi quyidagicha aniqlanadi:

$$E_4 = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot S_v \cdot V_v \quad (5)$$

bunda S_v - ichimlik suvidagi radionuklidlarning o'rtacha yillik umumiy alfa va beta aktivligi, Bk/l ; V_v - aholi uchun iste'mol qilinadigan ichimlik suvining yillik hajmi, u $V_v = 800 l$ ga teng.

Ushbu omillarning eksperimental ta'riflariga asoslanib, uran ishlab chiqarish ta'siri sohasidagi aholi uchun yillik effektiv dozani hisoblash mumkin (4 - jadval).

4 - jadval

Radiatsiya omillarini eksperimental aniqlash natijalariga ko'ra Nurobod aholi yashash punktlarida har bir aholining yillik oladigan umumiy effektiv doza qiymatlari berilgan

№ namuna soni	Tashqi gamma nurlanishining effektiv dozasi - E_1 (EDQ) mZv/yil	Radonning ekvivalent effektiv muvozanat hajmiy dozasi (REHMA) - E_2 mZv/yil	Uzoq yashovchi alfa nuklidlarning effektiv dozasi (UYaAR) - E_3 mZv/yil	Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv doza E_4 mZv/yil	Yillik effektiv doza, $E_{sum} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$ mZv/yil
1 (10)	0,29	0,49	0,0127	0,084	0,88
2 (12)	0,27	0,42	0,0104	0,053	0,75
3 (10)	0,36	0,40	0,0154	0,072	0,85
4 (13)	0,33	0,46	0,0084	0,098	0,90
5 (8)1	0,31	0,44	0,0056	0,118	0,87

Ma'lumotlar to'plami beshta namunadan iborat bo'lib, ularning har biri tashqi gamma-nurlanish (E_1), radon konsentratsiyasi (E_2), uzoq yashovchi alfa-nuklidlar

(E_3), ichimlik suvidagi nurlanish dozasi (E_4) va yillik effektiv doza (E_{um}) o'lovchilari bilan bog'liq. Jadvalda keltirilgan natijalardan ko'rinib turibdiki tashqi gamma nurlanishidan effektiv doza (EDQ) - E_1 0,27 mZv/yil dan 0,36 mZv/yil gacha o'zgaradi, radon - (REHMA) - E_2 ekvivalent muvozanat hajmi aktivligidan effektiv doza 0,40 - 0,49 mZv/yil oralig'ida o'zgaradi. Uzoq yashovchi alfa nuklidlardan effektiv doza (UYaAR) - E_3 0,0056 mZv/yildan 0,0154 mZv/yilgacha, ichimlik suvidan effektiv doza E_4 - 0,053 mZv/yil dan 0,118 mZv/yil gacha o'zgaradi.

Tadqiqotning ahamiyati uning Zafarobod aholi punktida ichimlik suvi iste'moli orqali radiatsiya ta'sirida yuzaga kelishi mumkin bo'lgan salomatlik xavfini tushunishga qo'shgan hissasidadir (5-jadval). Ichimlik suvidagi radionuklidlarning ($\sum\alpha$ va $\sum\beta$) nisbiy hajmli aktivligini baholash orqali biz ushbu muhim resursda nurlanish manbalari va tarqalish shakllarini aniqlashga harakat qilamiz. Bundan tashqari, ushbu aktivlik qiymatlarini atmosfera radiatsiyasi parametrlarida hisoblangan yillik ta'sir qilish dozasi quvvati bilan bog'lash orqali biz aholi boshdan kechirgan radiatsiya ta'sirining umumiy darajalari haqida ma'lumot berishga intilamiz.

Ushbu ma'lumotlarni har tomonlama tahlil qilish orqali biz nafaqat radiatsiya ta'sirining hozirgi holatini baholay olamiz, balki aholi salomatligini muhofaza qilishni ta'minlash bo'yicha kelajakdagi zararni kamaytirish strategiyalari va tartibga soluvchi choralar haqida ham ma'lumot berishimiz mumkin. Ushbu bo'lim keyingi bo'limlar uchun zamin yaratadi, unda batafsil metodologiyalar, natijalar va Zafarobod aholisi hududida radiatsiya ta'sirini baholash bo'yicha muhokamalar taqdim etiladi.

5 - jadval

Radiatsiya omillarini eksperimental aniqlash natijalariga ko'ra Zafarobod aholi yashash punktlarida har bir aholining yillik oladigan umumiy effektiv doza qiymatlari

No namuna soni	Tashqi gamma nurlanishining effektiv dozasi (EDQ) - E_1 mZv/yil	Radonning ekvivalent effektiv muvozanat hajmi dozasi (REHMA) - E_2 mZv/yil	Uzoq yashovchi alfa nuklidlarning effektiv dozasi (UYaAR) - E_3 mZv/yil	Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv doza - E_4 mZv/yil	Yillik effektiv doza, $E_{sum}=E_1+E_2+E_3+E_4$ mZv/yil
1 (11)	0,39	0,24	0,0057	0,0045	0,63
2 (13)	0,40	0,20	0,0025	0,011	0,62
3 (10)	0,41	0,18	0,0009	0,0075	0,60
4 (11)	0,42	0,21	0,0037	0,0067	0,64
5 (8)	0,44	0,26	0,0069	0,0094	0,72

Tashqi gamma nurlanishning effektiv dozasi (E_1) beshta namunada yiliga 0.39 mZv/yil dan 0.44 mZv/yil gacha o'zgaradi. Bu tanadan tashqarida kelib chiqadigan gamma nurlanishdan olingan yillik dozani ko'rsatadi. Radonning effektiv - E_2 ekvivalent muvozanatli hajmli dozasi (REHMA) namunalar bo'yicha yiliga 0.18 mZv

- 0,26 mZv/yil oralig'ida aniqlandi. Radon tabiiy fon radiatsiyasiga sezilarli hissa qo'shadi va nafas olish mumkin, bu ichki ta'sirga hissa qo'shadi.

Uzoq yashovchi alfa-nuklidlarning effektiv dozasi (UYaAR) – E_3 : namunalar bo'yicha 0,0009 mZv/yil dan 0,0069 mZv/yil gacha o'zgargan. Alfa nurlanish odatda yutilgan yoki nafas olayotganda ko'proq zararli, chunki u to'qimalarga sezilarli zarar yetkazishi mumkin.

Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv doza E_4 namunalar bo'yicha 0,0045 mZv/yil – 0,011 mZv/yil oraliqda aniqlandi. Bu radionuklidlarni o'z ichiga olgan ichimlik suvidan radiatsiya ta'sirining hissasini ko'rsatadi.

Yillik effektiv doza (E_{um}): E_1 E_2 E_3 va E_4 yig'indisi bo'lgan yillik effektiv doza (E_{um}) namunalar bo'yicha 0,60 mZv/yil dan 0,72 mZv/yilgacha o'zgarib turadi.

Bu o'rganilayotgan hududdagi shaxslar tomonidan qabul qilingan radiatsiya ta'sirining umumiy bahosini beradi.

O'rganilayotgan hududdagi radiatsiya ta'siri tabiiy fon radiatsiyasi uchun kutilgan diapazonda.

Nurota aholi yashash punktlarida radiatsiya omillarini eksperimental aniqlash natijalariga yashash punktlarida har bir aholining yillik oladigan umumiy effektiv doza qiymatlari hisoblandi (6 – jadval).

6 - jadval

Radiatsiya omillarini eksperimental aniqlash natijalariga ko'ra Nurota aholi yashash punktlarida har bir aholining yillik oladigan umumiy effektiv doza qiymatlari

№ namuna soni	Tashqi gamma nurlanishining effektiv dozasi (EDQ) - E_1 mZv/yil	Radonning ekvivalent effektiv muvozanat hajmiy dozasi- (REHMA) - E_2 mZv/yil	Uzoq yashovchi alfa nuklidlarning effektiv dozasi - (UYaAR) - E_3 mZv/yil	Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv doza - E_4 mZv/yil	Yillik effektiv doza, $E_{sum}=E_1+E_2+E_3+E_4$ mZv/yil
1 (12)	0,47	0,40	0,015	0,03	0,92
2 (12)	0,43	0,45	0,012	0,023	0,91
3 (13)	0,44	0,42	0,011	0,035	0,90
4 (10)	0,41	0,41	0,01	0,02	0,85
5 (9)	0,46	0,44	0,0165	0,024	0,94

Tashqi gamma nurlanishning effektiv dozasi - (E_1): Tashqi gamma-nurlanishning effektiv dozasi (E_1) bosqichma-bosqich 4-namunada 0,41 mZv/yil ga 1-namunada 0,47 mZv/yil ga oshadi. Bu tendensiya har bir namuna joylashgan joy yaqinidagi tuproqdagi yoki qurilish materiallaridagi gamma-chiqaruvchi radionuklidlarning turli darajalari bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Geografik va geologik o'zgarishlar ko'pincha gamma nurlanish darajasiga ta'sir qiladi.

Radonning effektiv ekvivalent muvozanat hajmiy dozasi (E_2): 1-namunada radon dozasi 0,40 mZv/yil dan 5-namunada 0,44 mZv/yil ga bosqichma-bosqich ortib bormoqda. Bu o'sish tuproqning o'tkazuvchanligi, namlik miqdori va asosiy

geologiya kabi omillar ta'sirida yerdan radon chiqarish tezligining o'zgarishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Bundan tashqari, binoning ventilyatsiyasi va qurilish xususiyatlari bino ichidagi radon darajasiga ta'sir qilishi mumkin.

Uzoq yashovchi alfa-nuklidlarning effektiv dozasi (E_3): Uzoq yashovchi alfa-nuklidlarning doza hissasi 1-namunada 0,01 mZv/yil dan juda past boshlanadi va 5-namunada 0,016 mZv/yil gacha oshadi. Bunday o'zgarish mahalliy tuproq yoki suv manbalarida uran va toriy kabi alfa-chiqaruvchi elementlarning konsentratsiyasidagi farqlar bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Bu ko'pincha tabiiy geologik shakllanishlar bilan belgilanadi.

Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv doza (E_4): Ichimlik suvining effektiv dozasi, shuningdek, 1-namunadan 5-namunagacha 0,02 mZv/yil dan 0,035 mZv/yil gacha ortish tendensiyasini ko'rsatadi. Bu suv manbasining sifati va suvda radionuklidlar mavjudligi bilan bog'liq bo'lishi mumkin. Suv ta'minotidagi radonning parchalanishi va tabiiy yoki sun'iy materiallardan radionuklidlarning suvga yuvilishi kabi omillar bu darajalarga ta'sir qilishi mumkin.

Yillik effektiv doza (E_{sum}): Har bir namuna uchun yig'ilgan yillik effektiv doza yiliga 0,90 mZv dan 0,94 mZv/yilgacha oshadi. Barcha o'lchangan manbalardan dozani oshirishning jami ta'siri radionuklid aktivligining barqaror o'sishini yoki ma'lum namunalarda radon yoki gamma nurlanish kabi o'ziga xos hissa qo'shadigan mahalliy omillarni ko'rsatadi.

Taqdim etilgan ma'lumotlar besh xil namunada ichimlik suvida hosil bo'lgan tashqi gamma-nurlanish, radon, uzoq yashovchi alfa-nuklidlar va radiatsiya dozasi ta'sirining bosqichma-bosqich o'sishini ko'rsatadi.

Zafarobod sanoat zonasi uchuntashqi gamma nurlanishlarni hosil qilayotgan doza miqdorlari - 4,31 dan 4,72 mZv/yilgacha o'zgargan. Bu qiymatlar sanoat zonalarini uchun tavsiya etilgan kasbiy chegaralardan ancha past (20 mZv/yil). Bu muvofiqlikni ko'rsatadi, lekin shunga qaramay, bu darajalar umumiy ta'sir qilish chegaralaridan (1 mZv/yil) yuqori (7 – jadval).

Radonning ekvivalent muvozanat hajmli dozasi (E_2 - REMXA) - miqdori 0,82 dan 1,28 mZv/yilgacha oraliqda aniqlandi. Bu qiymatlar sanoat va jamoat sharoitlari uchun xavfsiz chegaralar ichida. Radon ta'sirini pasaytirish darajasini oqilona erishish mumkin bo'lgan darajada ushlab turishni tavsiya qilishi mumkin.

Uzoq yashovchi alfa-nuklidlarning dozasi (E_3 - UYaAR) 0,85 dan 1,09 mZv/yil ni tashkil qildi. Kasbiy ta'sir qilish chegaralaridan past bo'lsa-da, muhim biologik ta'sirga ega alfa-chiqaruvchi nuklidlarni nafas olish yoki yutishning oldini olish uchun doimiy monitoring va nazoratni amalga oshirish kerak.

Ichimlik suvida hosil bo'lgan (E_4) dozalarining o'zgarishi 0,06 dan 0,29 mZv/yilgacha. Bular xavfsiz ichimlik suvi standartlariga mos keladi. Me'yoriy chegaralardan pastroq bo'lsa-da, xavfsizlikni ta'minlash uchun ichimlik suvi manbalarini muntazam ravishda kuzatib borish muhimdir.

7 - jadval

Zafarobod sanoat zonasining uran ishlab chiqarishda ishlaydigan xodimlar uchun yillik ekspozitsion dozani hisoblash natijalari

№ namuna soni	Tashqi gamma nurlanishining effektiv dozasi (EDQ) - E ₁ mZv/yil	Radonning ekvivalent effektiv muvozanat hajmiy dozasi- (REHMA) - E ₂ mZv/yil	Uzoq yashovchi alfa nuklidlarning effektiv dozasi - (UYaAR) - E ₃ mZv/yil	Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv dozasi - E ₄ mZv/yil	Yillik effektiv dozasi, E _{sum} =E ₁ +E ₂ +E ₃ +E ₄ mZv/yil
1 (12)	4,31	0,95	1,09	0,24	6,6
2 (14)	4,36	1,28	0,9	0,14	6,7
3 (15)	4,43	0,75	0,85	0,09	6,12
4 (11)	4,61	1,19	1,05	0,06	6,91
5 (7)	4,72	0,82	0,94	0,29	6,77

Umumiy yillik effektiv dozasi (E_{um}) miqdori 6.1 dan 6.77 mZv/yil gacha sezilarli darajada 20 mZv/yil chegarasidan kam, lekin odatiy ta'sir qilish chegaralaridan ancha yuqori. Sanoat muhiti uchun ruxsat etilgan bo'lsa-da, davom etayotgan sa'y-harakatlar imkon qadar ta'sirni kamaytirishga qaratilgan bo'lishi kerak.

Nurobod sanoat zonasining tashqi gamma nurlanishining ekspozitsion dozasi (E₁): Qiymatlar namunalarda bo'yicha 3,83 mZv/yil dan 4,77 mZv/yil gacha (8-jadval).

Bu qiymatlar atrof-muhitdagi tashqi gamma nurlanish manbalaridan olingan dozani ifodalaydi. O'zgarishlar geologik tarkibi, balandlikdagi, tabiiy va texnogen nurlanish manbalariga yaqinlikdagi farqlarga bog'liq bo'lishi mumkin.

8 - jadval

Nurobod sanoat zonasining uran ishlab chiqarishda ishlaydigan xodimlar uchun yillik ekspozitsion dozani hisoblash natijalari

№ namuna soni	Tashqi gamma nurlanishining effektiv dozasi (EDQ) - E ₁ mZv/yil	Radonning ekvivalent effektiv muvozanat hajmiy dozasi- (REHMA) - E ₂ mZv/yil	Uzoq yashovchi alfa nuklidlarning effektiv dozasi - (UYaAR) - E ₃ mZv/yil	Ichimlik suvida hosil bo'lgan effektiv dozasi - E ₄ mZv/yil	Yillik effektiv dozasi, E _{sum} =E ₁ +E ₂ +E ₃ +E ₄ mZv/yil
1 (8)	3,83	1,36	0,83	0,23	6,25
2 (9)	4,25	1,48	0,84	0,15	6,72
3 (10)	4,45	1,19	0,81	0,26	6,71
4 (12)	4,67	1,45	0,76	0,09	6,97
5 (10)	4,77	1,30	0,79	0,18	7,04

Radonning ekspozitsion ekvivalent muvozanat hajmiy dozasi (REXA) - E₂: Yiliga 1,19 mZv - 1,48 mZv / yil oralig'ida. Radon gazi va uning parchalanish mahsulotlarining yillik ekspozitsion dozaga qo'shgan hissasini ko'rsatadi. Radon

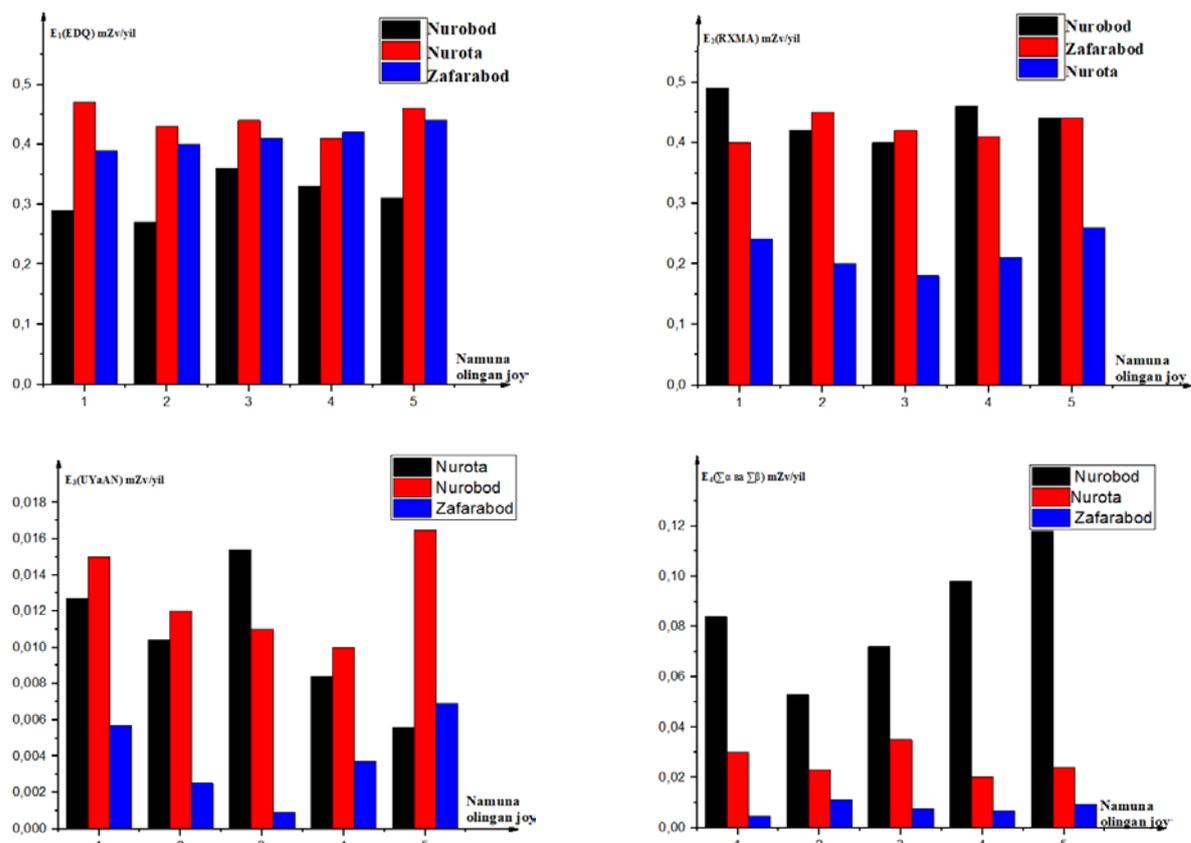
darajasi geologik omillarga, qurilish materiallariga va shamollatish sharoitlariga qarab farq qilishi mumkin.

Uzoq muddatli alfa-nuklidlarning ekspozitsion dozasi (UYaAR) – E_3 : Yiliga 0,76 mZv - 0,84 mZv / yil oralig'ida. Uran va toriy kabi uzoq yashovchi alfa chiqaradigan radionuklidlar va ularning parchalanish mahsulotlari dozasi ifodalaydi. O'zgarishlarga tuproq tarkibi va ushbu elementlarga boy geologik shakllanishlarga yaqinligi ta'sir qilishi mumkin.

Ichimlik suvida hosil bo'lgan ekspozitsion doza (E_4): Yiliga 0,09 mZv – 0,26 mZv/yil oralig'ida. Ichimlik suvi manbalarida mavjud bo'lgan radionuklidlarning hissasini aks ettiradi.

O'zgarishlar suv manbalari, tozalash jarayonlari va radionuklidlarni yuvishga ta'sir qiluvchi geologik/geografik omillardagi farqlardan kelib chiqishi mumkin.

Turli aholi punktlari (Zafarobod, Nurobod va Nurota) uchun ichimlik suvining o'rtacha $\sum\alpha$ va $\sum\beta$ hajmiy aktivlik ko'rsatkichlarini va tadqiqot hududi havosi atmosferasida EDQ, REMHA va UYaAR tomonidan aniqlangan yillik ta'sir qilish dozasi qiymatlarini solishtirish bir qancha ma'lumotlarni beradi (1-rasmga qarang).



1-rasm. Zafarobod Nurobod va Nurota aholi yashash hududlari uchun o'rtacha ichimlik suvlaridagi solishtirma $\sum\alpha$ va $\sum\beta$ – hajmiy aktivlik qiymatlari va tadqiqot hududi havosi atmosferasida EDQ, REMHA, UYaAR aniqlangan yillik ekspozitsion dozalarni solishtirish

Yillik ekspozitsion doza (E_{um}): Yiliga 6.25 mZv – 7,41 mZv / yil oralig'ida. Tashqi gamma-nurlanish, radon ta'siri, alfa nurlanish va ichimlik suvi iste'molini o'z ichiga olgan barcha hissa dozalarining yig'indisini ifodalaydi. E_{um} dagi o'zgarishlar

turli xil namunalardagi barcha hissa qo'shadigan omillarning birgalikdagi ta'sirini aks ettiradi.

Berilgan hududlarda (Nurota, Zafarobod va Nurobod) har bir nurlanish dozasi qiyamatlarini solishtirib, xulosa chiqarish uchun ma'lumotlarni tahlil qilaylik:

Nurota turar-joylari: Yillik effektiv dozalar (E_{um}) 0,85 mZv/yildan 0,94 mZv/yilgacha. Effektiv dozaga eng yuqori hissa tashqi gamma-nurlanishdan (E_1) keladi, undan keyin radonning effektiv ekvivalent muvozanat hajmli dozasi (E_2). Uzoq yashovchi alfa-nuklidlardan (E_3) effektiv dozaning hissasi nisbatan past va ichimlik suvida hosil bo'lgan doza (E_4) ham umumiy effektiv dozaga ozgina hissa qo'shadi. Umuman olganda, Nurota aholi punktlarida yillik effektiv dozalar boshqa hududlarga nisbatan past.

Zafarobod aholi punktlari: Yillik effektiv dozalar (E_{um}) 0,60 mZv/yildan 0,72 mZv/yilgacha. Nurotaga o'xshab tashqi gamma-nurlanish (E_1) umumiy effektiv dozaga sezilarli hissa qo'shadi, keyin esa radonning effektiv ekvivalent muvozanat hajmli dozasi (E_2). Uzoq yashovchi alfa-nuklidlarning hissasi (E_3) va ichimlik suvida hosil bo'lgan doza (E_4) Nurota bilan solishtirganda nisbatan yuqori.

Umuman olganda, Zafaroboddagi yillik effektiv dozalar Nurotadagidan bir oz yuqoriroq, lekin baribir maqbul chegaralarda.

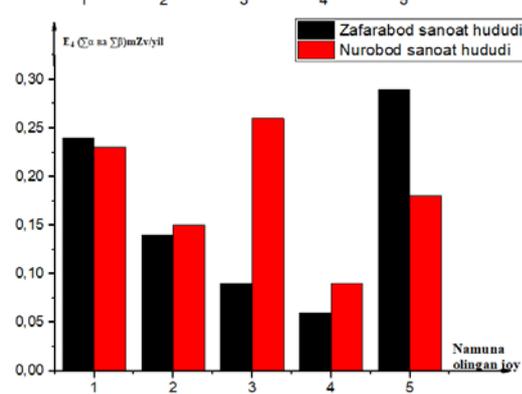
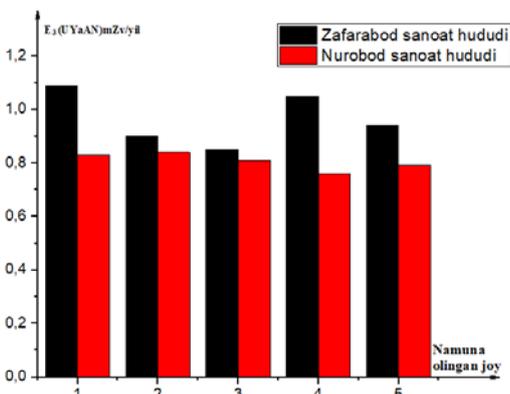
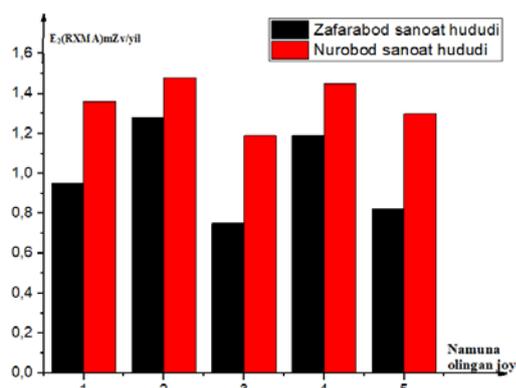
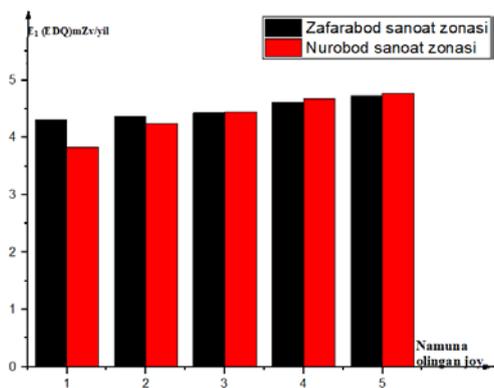
Nurobod turar-joy massivlari: Yillik effektiv dozalar (E_{um}) 0,75 mZv/yildan 0,90 mZv/yilgacha. Boshqa hududlarga o'xshab, tashqi gamma-nurlanish (E_1) umumiy effektiv dozaning asosiy hissasi hisoblanadi, undan keyin radonning effektiv ekvivalent muvozanat hajmli dozasi (E_2).

Uzoq yashovchi alfa-nuklidlar (E_3) va ichimlik suvida hosil bo'lgan doza (E_4) ning hissasi namunalar bo'yicha farq qiladi, lekin odatda Nurota va Zafaroboddagi kabi tendensiyaga amal qiladi. Nuroboddagi yillik effektiv dozalar Nurota va Zafaroboddagilar bilan solishtirish mumkin, bu esa ushbu turar-joylarda bir xil radiatsiya ta'sir qilish darajasini ko'rsatadi.

Zafarobod va Nurobod sanoat hududlari uchun o'rtacha ichimlik suvining o'rtacha $\sum\alpha$ va $\sum\beta$ hajm aktivlik ko'rsatkichlarini EDQ, REMHA, UYaAR tomonidan aniqlangan yillik ekspozitsiya dozasi qiymatlari bilan tadqiqot hududi havo atmosferasida qiyoslash haqida qimmatli ma'lumotlar berishi mumkin. Ushbu taqqoslashdan ba'zi xulosalar chiqarish mumkin (2-rasmga qarang).

Ichimlik suvidagi hajmiy aktivlik qiymatlarini havo atmosferasidagi ta'sir qilish dozasi qiymatlari bilan solishtirib, biz ikkalasi o'rtasida korrelyatsiya mavjudligini baholashimiz mumkin. Ijobiy korrelyatsiya ichimlik suvi manbalarining ifloslanishi havodagi radiatsiya ta'sirining oshishiga olib kelishini ko'rsatadi.

Taqqoslash turli yo'llar orqali (ichimlik suvi va havo ingalyatsiyasi) radiatsiya ta'siridan kelib chiqadigan nisbiy xavflarni baholashga imkon beradi. Ushbu baholash xavflarni boshqarish strategiyalari va sog'liq uchun mumkin bo'lgan xavflarni yumshatish uchun resurslarni taqsimlash ustuvorligini aniqlashga yordam beradi.



2-rasm. Zafarobod Nurobod sanoat hududlari uchun o‘rtacha ichimlik suvlaridagi solishtirma $\sum\alpha$ va $\sum\beta$ – hajmiy aktivlik qiymatlari va tadqiqot hududi havo atmosferasida EDQ, REMHA, UYaAR aniqlangan yillik ekspozitsion doza qiymatlari bilan solishtirish

Ichimlik suvidagi hajmli aktivlik qiymatlari va havodagi ta’sir qilish dozasi qiymatlari o‘rtasidagi tafovut radiatsiyaviy ifloslanishning mahalliy nuqtalarini ko‘rsatishi mumkin. Bu hududlar inson salomatligi va atrof-muhitni muhofaza qilish uchun yaqinroq monitoring va tuzatish ishlarini talab qiladi.

Zafarobod va Nurobod sanoat hududlari o‘rtasidagi tafovutlar radiatsiyaviy ifloslanish manbalaridagi farqlarni ko‘rsatishi mumkin. Ushbu manbalarni aniqlash radiatsiya ta’siri darajasini samarali nazorat qilish va kamaytirish uchun maqsadli tadbirlarni amalga oshirish uchun juda muhimdir.

Ta’sir qilish dozasi qiymatlarini belgilangan me’yoriy chegaralar bilan solishtirish radiatsiya xavfsizligi standartlariga muvofiqligini baholashga yordam beradi. Ushbu chegaralarning har qanday oshib ketishi zudlik bilan e’tibor va tartibga solishni talab qiladigan tashvishli sohalarni ta’kidlaydi. Nihoyat, taqqoslash sanoat hududlarida radiatsiya ta’sirining aholi salomatligiga potensial oqibatlarini baholash uchun qimmatli ma’lumotlarni taqdim etadi. U yerdan foydalanishni rejalashtirish, atrof-muhitni qayta tiklash va aholi salomatligini muhofaza qilish choralari bilan bog‘liq qarorlarni qabul qilish jarayonlari haqida ma’lumot beradi.

Ushbu taqqoslash natijalari, shuningdek, mahalliy aholi o‘rtasida radiatsiya xatarlari haqida xabardorlikni oshirish va ta’sirni minimallashtirish uchun xatti-harakatlarni o‘zgartirishga qaratilgan xavf bilan bog‘liq harakatlar haqida ma’lumot berishi mumkin.

XULOSA

“Qizilqum hududi tog‘ oldi va texnogen obyektlaridagi radiatsion ko‘rsatkichlar monitoringi” mavzusidagi falasafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun taqdim etilgan dissertatsiya ishi bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar keltiriladi:

1. Tadqiq etilgan maydonlar tuproqlarida tabiiy radionuklidlarning aniqlangan solishtirma aktivliklari fluktuatsiyasi ^{40}K uchun $f=1,9$, ^{226}Ra uchun $f=2,6$ gacha, ularning o‘rtacha qiymatlarining fluktuatsiyasi $f=2$ gacha yetadi, tog‘ etagida qiyalikka nisbatan ancha yuqori.

2. Kosmogen ^7Be radionuklidining atmosferadan ho‘l tushuvlarda va quruq tushuvlarda kichik miqdorda aniqlandi.

3. Iste‘mol qilinadigan ichimlik suvi aktivligi kattaligining aholi va ishchi – xodimlar ichki nurlanishining o‘rtacha yillik effektiv doza miqdoriga bog‘liqligini ko‘rsatish maqsadida tadqiqot hududlaridan olingan ichimlik suvi radiatsion ko‘rsatkichlari kattaligining shu hudud tuproqlaridagi, ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{40}K - radioaktiv elementlar konsentratsiyasiga o‘zaro bog‘liqligi mavjudligi eksperimentda ko‘rsatildi.

4. Tog‘ oldi hududlarida yashovchi aholi va texnogen obyektlarda ishlovchi ishchi-xodimlarning olishi mumkin bo‘lgan yillik effektiv doza qiymatlari shu hududlar radiatsion faktorlari kattaliklariga to‘g‘ridan – to‘g‘ri bog‘liqligi eksperimental o‘lchashlar asosida isbotlandi.

5. Olib borilgan eksperimental o‘lchashlar va ularni o‘zaro solishtirish natijasida texnogen obyektlarda ishlovchi ishchi-xodimlarning olayotgan yillik effektiv doza qiymatlarini pasaytirish bo‘yicha ilmiy-nazariy hisob kitoblarga asoslangan tavsiyalar ishlab chiqildi va amaliyotda qo‘llashga tavsiya qilindi.

6. Tog‘ oldi hududlari va texnogen obyektlardagi radiatsion ko‘rsatkichlar - EDQ, REMHA, UYaAR monitoringining yadro-fizik usullari ishonchligini oshirish asosida bu kattaliklarni baholashda qo‘llaniladigan eksperimental qurilmalar majmuasini amaliyotga qo‘llash imkoniyati mavjudligi isbotlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ ИНСТИТУТЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ**

**САМАРКАНДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

НУРМУРОДОВ ЛОЧИН ТИРКАШЕВИЧ

**МОНИТОРИНГ РАДИАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ И
ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРЕДГОРНЫХ РАЙОНАХ
КЫЗЫЛКУМА**

01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики

**АВТОРЕФЕРАТ
диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам**

Ташкент – 2025

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.3.PhD/T4810.

Диссертация выполнена в Самаркандском государственном университете им. Ш.Рашидова и Навоийском государственном горно-технологическом университете.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на сайте Научного совета (www.inp.uz) и информационно-образовательном портале «Ziyonet» (www.ziyonet.uz).

Научный руководитель: **Музафаров Амрулло Мустафаевич**
доктор химических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Хужаев Сайдахмад**
доктор технических наук, профессор

Худайбердиев Елибой
кандидат физико-математических наук, доцент

Ведущая организация: **Национальный университет Узбекистана**
имени Мирзо Улугбека

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 2025 года в ____ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 в Институте ядерной физики (адрес: 100214, г. Ташкент, пос. Улугбек, Институт ядерной физики. Тел.: (+99871) 289-31-41; e-mail: info@inp.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института ядерной физики (регистрационный номер _____) (Адрес: 100214, г. Ташкент, пос. Улугбек. Тел.: (+99871) 289-31-19).

Автореферат диссертации разослан « ____ » _____ 2025 г.
(протокол рассылки № _____ от « ____ » _____ 2025 г.)

М.Ю. Ташметов
председатель Научного совета
по присуждению ученых степеней,
д.ф.-м.н., профессор

О.Р. Тожибоев
ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученых степеней,
PhD ф.-м.н, старший научный сотрудник

Э.М. Турсунов
председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, д.ф.-м.н., профессор

ВВЕДЕНИЕ (Аннотация к диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во многих странах мира постоянно контролируется количество радиоактивных элементов в почве, воде, воздухе и растениях, а также радиационные показатели на локальных территориях. Совершенствование методов определения количества радиоактивных элементов и значений радиационных показателей для каждого локального участка и расширение возможностей использования этих усовершенствованных методов на практике имеет большое значение при контроле радиоэкологического состояния территорий на научно-экспериментальном уровне.

В настоящее время в мире существует необходимость повышения надежности ядерно-физических методов мониторинга радиационных показателей в предгорных районах и на техногенных объектах, а также обоснования научных решений, направленных на снижение радиационного воздействия на население и работников этих территорий. Это включает исследование среднегодовой эффективной дозы населения и работников, рассчитываемой на основе следующих величин: мощность экспозиционной дозы (МЭД), эквивалентная равновесная объемная активность радона (ЭРОА), среднегодовая объемная активность долгоживущих радионуклидов (ДЖР) и значение внутреннего облучения за счет активности потребляемой питьевой воды. Для оценки этих параметров необходимо совершенствовать и внедрять в практику комплекс радиометрических методов.

В Узбекистане разрабатываются ядерно-физические методы мониторинга радиационных показателей в предгорных районах и на техногенных объектах, а также методы снижения радиационного воздействия на население и работников этих территорий. В качестве примера можно привести реализацию научно обоснованных мер в рамках третьего направления Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы. В указе Президента Республики Узбекистан предусмотрена установка и модернизация высокоэффективного пылегазоочистительного оборудования и локальных очистных сооружений, а также внедрение режима 14 экологически чистых зон.

Диссертационное исследование в определенной мере направлено на выполнение задач, предусмотренных Указом Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года № PF-60 «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы», Постановлением Президента Республики Узбекистан от 4 октября 2019 года № PQ-4477 «Об утверждении Стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике на 2019–2030 годы», а также других нормативно-правовых актов, относящихся к данной деятельности.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики II. «Энергетика, энергоэффективность и альтернативные источники

энергии» и IV. «Сельское хозяйство, биотехнологии, водные проблемы, экология и охрана окружающей среды».

Степень изученности проблемы. Мониторинг радиационных параметров в предгорных районах и на техногенных объектах с использованием ядерно-физических методов проводится многими зарубежными учеными, например, индийскими (Surinder Singh, Asha Rani, Kumara S., Ramola V. и др.), австралийскими (Doering Che, Riaz Akber, Henk Heijnis, Metyu Barnett J. И др.), израильскими (Kawasi M. и др.), тайскими (Pungtip Kaewtubtim, Weeradej Meeinkuirt, Sumalee Seepom, John Pichtel и др.), египетскими (Saleh I.H., Abdel-Halim A.A. и др.), корейские (Kim G.H., Lee H.K., Cho J.H. и др.), бразильскими (F.T.Concei, D.M.Bonotto, J. R.Jiménez-Rueda и др.), российскими (Темботов Р., Гангапшев А., Гежаев А., Абакумов Е., Булдаков Л.А., Фитюшкин И.В., Воронов С.Н., Александров Р.М. и др.), европейскими (A.M.Blebea-Apostu, R.M.Margineanu, D.Persa, D.G.Dumitras, M.C.Gomoiu и др.), узбекистанскими (Муминов Т.М., Азимов А.Н., Базарбаев Н.Н., Муминов И.Т., Кунгуров Ф.Р., Сафаров А.А., Халикулов З.А., Худойбердиев А.Т., Машрапов Р., Джуракулов М.Д., Зуева О.В., Мамедов Э.Д., Трофимов Г.Н., Холматов М.У., Алибеков Л.А. и др.) и другими специалистами.

Эти исследования охватывают широкий спектр вопросов, включая образование космогенных радионуклидов в поверхностных слоях почвы, распределение естественных радионуклидов в вертикальных слоях почвы, а также оценку внутренней радиационной нагрузки. Показатели, такие как мощность экспозиционной дозы (МЭД), эквивалентная равновесная объемная активность радона (ЭРОА), среднегодовая объемная активность долгоживущих радионуклидов (ДЖА), активность радионуклидов в питьевой воде, рассчитываются с учетом численности населения, проживающего на этих территориях, и сравниваются со значениями годовых эффективных доз, регистрируемых у работников техногенных объектов. Особое внимание уделяется прикладной ядерной физике, включая мониторинг радиации в экологических системах, разработку методов радиационной безопасности и внедрение ядерных технологий в сельское хозяйство, медицину и охрану окружающей среды.

Несмотря на значительные достижения, остается недостаточно изученной радиационная обстановка в горных районах и на техногенных объектах Кызылкума. Кроме того, малоизучена корреляция этих параметров со значениями среднегодовых эффективных доз, а также отсутствуют рекомендации по снижению радиационного воздействия для данных территорий. Исследование этих аспектов имеет важное значение для разработки эффективных стратегий радиационной безопасности и обеспечения здоровья населения.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского государственного горно-

технологического университета по теме БА-А-13-015 «Разработка технологического режима подземной промывки урана с использованием местных реагентов» (2020-2022).

Целью исследования является оценка радиационного состояния природных и техногенных объектов в предгорных районах Кызылкума, а также определение среднегодовых эффективных доз облучения, получаемых населением и работниками данного региона.

Задачи исследования:

определить и выбрать исследовательские площадки с минимальным антропогенным воздействием для изучения влияния радиации на окружающую среду в условиях, максимально приближенных к природным;

провести отбор проб почвы и их анализ для изучения распределения природных и техногенных радионуклидов в вертикальных слоях почвы;

измерить и проанализировать удельную объемную активность радионуклида Rn-222 в подземных водах;

определить плотность потока радона на исследуемых участках;

оценить и сравнить значения годовых эффективных доз, получаемых жителями горных районов и работниками техногенных объектов;

провести интерпретацию собранных данных и подготовить итоговые отчеты с выводами и рекомендациями.

Объекты исследования: предгорные районы, техногенные объекты, образцы окружающей среды – почва, вода, воздух, растения и следующие радионуклиды: ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{40}K , ^7Be .

Предмет исследования: радиационные показатели, радиометрические методы, метрологические характеристики радиометрических приборов, среднегодовые эффективные дозы и радиоэкологическое состояние.

Методы исследования: ядерно-физические методы радиометрия, дозиметрия, альфа, бета и гамма-спектрометрия.

Научная новизна исследований в следующем:

впервые разработан метод определения удельных активностей радионуклидов в почве с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра и программы ASW, учитывающий поверхностные плотности образцов;

установлено, что значения объемной активности долгоживущих радионуклидов в атмосферном воздухе предгорных районов и техногенных объектов Кызылкума существенно отличаются друг от друга из-за различий в концентрации аэрозолей;

экспериментально подтверждено, что радиационные показатели питьевых вод исследованных районов пропорциональны концентрации радиоактивных элементов в соответствующих участках;

впервые рассчитаны среднегодовые эффективные дозы для персонала техногенных объектов и населения исследуемой территории с учетом комплексного радиационного воздействия: внешнего гамма-излучения и поступления радионуклидов в организм с воздухом и водой.

Практические результаты исследования:

определены удельные активности радионуклидов в почве, воде и воздухе на территориях исследования;

определены распределения радиоактивных элементов и радионуклидов, таких как ^{40}K , ^{232}Th , ^{226}Ra и ^{222}Rn в почвах исследуемых территорий, удельные значения $\sum\alpha$ и $\sum\beta$ в питьевой воде, а также значения объемной активности, мощности экспозиционной дозы, эквивалентной равновесной объемной активности радона, среднегодовой объемной активности долгоживущих радионуклидов в атмосферном воздухе;

определены значения годовых эффективных доз, полученных жителями предгорных районов и сотрудниками, работающими на техногенных объектах;

для снижения годовой эффективной дозы рекомендовано внедрение ротации сотрудников на техногенных объектах.

Достоверность результатов исследований подтверждается получением определенного объема теоретических и лабораторных данных, использованием современных методов и измерительных приборов, сравнением результатов с результатами международных стандартных образцов, проведением параллельных анализов, а также сопоставлением результатов различных исследователей и лабораторий.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в применении усовершенствованных α , β , γ -радиометрических методов для определения радиационных показателей в предгорных районах и на техногенных объектах. Это послужило основой для выявления причин зависимости величины годовой эффективной дозы облучения, получаемой жителями данных территорий и сотрудниками техногенных объектов, от параметров МЭД, ЭРОА, ДЖА в атмосфере воздуха и значений удельной объемной активности в питьевой воде.

Практическая значимость результатов исследования заключается в совершенствовании радиометрических и дозиметрических методов анализа, определении распространения радиоактивных элементов и радионуклидов в почвах и питьевой воде исследуемых территорий, а также параметров МЭД, ЭРОА, ДЖА в атмосфере. Результаты позволили разработать и внедрить меры по снижению годовой эффективной дозы облучения, включая ротацию сотрудников на техногенных объектах.

Внедрение результатов исследований. На основании полученных результатов по проведению мониторинга радиационных параметров в предгорных регионах и на техногенных объектах Кызылкумской области ядерно-физическими методами:

разработанный метод определения относительной активности радионуклидов в почве с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра и программы ASW, а также полученные значения объемной активности долгоживущих радионуклидов в воздушной атмосфере внедрены на АО «НГМК» (Акт внедрения Центральной научно-исследовательской

лаборатории АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №758 от 09.04.2024). Использование результатов позволило провести комплексный анализ радиоактивных элементов и радионуклидов в почве исследуемых территорий;

экспериментально установленные значения радиационных показателей питьевых вод в исследованных районах и рассчитанные среднегодовые эффективные дозы для персонала техногенных объектов и населения исследуемой территории внедрены в практику на АО «НГМК» (Акт внедрения Центральной научно-исследовательской лаборатории АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №758 от 09.04.2024). Использование результатов позволило оценить зависимость удельной объемной активности в питьевой воде исследованных районов и годовой эффективной дозы облучения работников и обосновать необходимость ротации работников.

Апробация результатов исследования. Результаты исследований были представлены и обсуждены на 14 международных и республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. По теме диссертации опубликовано 8 научных работ, в том числе 5 статей в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 2 статьи в зарубежных научных журналах.

Структура и объем научной работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Объем диссертации составляет 109 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность и востребованность темы диссертации, сформулированы цель и задачи, определены объект, предмет и методы исследования. Показана связь исследований с основными приоритетными направлениями развития науки и технологий республики. Изложена научная новизна исследования, обоснована достоверность полученных результатов, раскрыта их научная и практическая значимость, приведены краткие сведения о внедрении результатов и апробации работы, а также о структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Современное состояние методов измерения природных и космогенных радионуклидов и годовые дозы, получаемые сотрудниками техногенных объектов»** рассмотрены следующие аспекты: распределение природных радиоактивных радионуклидов (^{230}Th , ^{226}Ra и ^{40}K) в почвах жилых районов; гамма-спектрометрический метод определения плотности потока ^{222}Rn , эксгалирующего с поверхности земли; метод барботажа для определения удельной объемной активности ^{222}Rn в подземных водах; анализ радиационного мониторинга, проведенного многочисленными

учеными мира, касающегося распределения космогенного радионуклида ^7Be в поверхностных слоях почвы. Изучены и проанализированы современные методы расчета годовой эффективной дозы облучения для населения и сотрудников природных и техногенных зон, а также текущее состояние измерений космогенных радионуклидов в атмосфере и расчет годовых доз облучения для работников техногенных объектов.

Во второй главе диссертации **«Методика расчета содержания радионуклидов в почвенных образцах, взятых с исследуемых объектов, и значений годовой эффективной дозы»** представлены следующие аспекты:

количественное содержание природных радионуклидов и методы их определения с использованием гамма-спектрометрического оборудования, а также методики обработки полученных спектров;

географическое расположение и климат экспериментальных площадок, а также методики отбора образцов из вертикальных слоев почвы, поверхностной части почвы, прилегающего к земной поверхности воздушного слоя и подземных вод;

детальное описание методик измерения γ -спектров образцов и их обработки;

методика измерения мощности экспозиционной дозы в атмосфере, объемной активности радона в состоянии экспозиционного равновесия, а также эквивалентных доз долгоживущих аэрозольных радионуклидов.

В третьей главе диссертации **«Содержание радионуклидов в почвенных и водных образцах, взятых из предгорных районов Кызылкума»** проведено исследование активности природных радионуклидов в почвенных слоях на глубине 10–30 см и плотности потока радона.

В таблице 1 представлены значения средней активности естественных радионуклидов – ЕРН, плотности потока радона – С и мощности эквивалентной дозы – МЭД естественного фона, а также их изменения в виде флуктуации $\Phi = A_{\max}/A_{\min}$.

Полученные результаты сравнены с данными, полученными для разных регионов мира. Например:

- в 12 населенных пунктах Стамбула $A_{\text{Ra}}=39$ (30-46), $A_{\text{Th}}=57$ (48-67) и $A_{\text{K}}=940$ (720-1200) Бк/кг;

- в 9 пробных площадках Белорусии $A_{\text{Ra}}=21$ (15-27), $A_{\text{Th}}=7,2$ (7-9) и $A_{\text{K}}=525$ (213-660) Бк/кг;

- в Акмолинской области Республики Казахстан, на близких к урановым рудникам местностях, $A_{\text{Ra}}=153$ (65-249), $A_{\text{Th}}=97$ (50-144) и $A_{\text{K}}=950$ (700-1500) Бк/кг.

Активность естественных радионуклидов в почвах исследуемых объектов изменяется следующим образом: для ^{40}K $f=1,9$, для ^{226}Ra $f=2,6$, при этом разница их средних значений составляет $f=2$. Значения активности на равнинах предгорий намного выше, чем на горных склонах.

Как показано в таблице 1, диапазон изменения параметра f в исследуемых районах достигает $f = 5$, что значительно шире по сравнению с диапазоном

значений ЕРН. Минимальные значения этого параметра зафиксированы в районах у подножия горных массивов «Коратепа», «Довон» и «Хисор». В то время как плотность потока ^{222}Rn в различных регионах Австралии составляет 13–264 мБк/м²·с, активность ^{222}Rn в образцах из гор Зирабулок Нурабадского района варьируется в пределах $A = (<5-120)$ Бк/дм³. ^{222}Rn образуется в трещинах и порах пород, расположенных под залежами урановых минералов, и выходит в атмосферу через почвенный слой. Это указывает на значительные вариации концентрации урановых минералов, распределения трещин, их глубины, а также толщины и состояния почвенного покрова в зависимости от рельефа местности и географического положения. В населенных пунктах наблюдаются различия в средних значениях активности ППР, МЭД и ^{222}Rn , что требует дополнительного анализа.

Таблица 1

Средние значения удельной активности естественных радионуклидов (Ер) и мощность экспозиционной дозы (МЭД)

Области исследований МЭД (D - (мЗв/час))	Пробные поля	\bar{A} , Бк/кг			^{222}Rn мБк/м ² ·с
		^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K	
НУРАТА (0,27)	S1-S21	45	54	840	103
	P1, P2	37	51	820	64
КАРАТЕПА (0,17)	S1-S15	31	40	646	57
	S1, P2	25	48	712	47
ДОВОН (0,22)	S1-S6	30/1,7	41/1,8	620	46
	S1-S4	33/2	35/1,6	545	54
	P1, P2	41	50	720	86
ЧАКИЛ (0,22 - 0,24)	S1-S15	53	48	650	91
ГИССАР (0,20)	S1-S3	25	42	740	58
	S4-S11	23	44	700	-
	S12	25	45	730	-
	S13-S15	44	40	786	80
	P1	37	57	850	20
	P2	39	60	900	-
	P3	48	35	790	-
	P4	41	67	1100	37

В таблице 2 представлены данные о запасах ^7Be в почвах регионов «Нурата», «Каратепа» и «Чакиль» за 2018 год.

Запасы ^7Be в этом году значительно отличаются от показателей 2019 года и предыдущих лет. Основной причиной этих различий является исключительно сухой 2018 год. Согласно данным Гидрометеорологической службы Республики Узбекистан, в Самарканде за период с января по август 2018 года выпало всего 137 мм осадков, тогда как в 2017 году — 288 мм, а в 2019 году — 370 мм. Засушливые условия в районах «Нурата» и «Каратепа» способствовали повышенной запыленности воздуха и осаждению сухих частиц, что привело к

значительному увеличению интенсивности осаждения ^7Be . В отличие от этого, в более влажном районе «Чакиль» уровень запыленности воздуха оставался в пределах нормы, что объясняет меньшие изменения запасов ^7Be .

Таблица 2

Значение запасов ^7Be в составе почв исследуемых объектов в 2018 году

Области исследований	Пробная поля	R, мм/год	год	^7Be \bar{q}/f кБк/м ²
НУРАТА	S1-S21	250-500	2018	0,44/2,5
			2019	0,17/ 3,4
	P1, P2		2018	0,70-0,82
			2019	0,30-0,35
		2007	0,17-0,24	
КАРАТЕПА	S1-S15	250-500	2018	0,33/2,5
			2019	0,18 /5,3
	P1, P2		2018	0,48-0,56
			2019	0,24-0,40
		2014	0,14-0,22	
ДАВАН	S1-S6	880	2019	0,57/2,6
	S1-S3		2019	0,60/2,5
	P1, P2		2019	0,81/1,4
	S4		2019	0,87
ЧАКИЛ	S1-S15	880	2018	0,09/ 4,1
			2019	0,65/1,6
			2010	0,80-1,10
ГИССАР	S1-S3	>700	2017	0,49/1,5
	S4-S11			0,17/1,5
	S12			0,36
	S13-S14			0,20/1,4
	P1			0,44
	P2			0,57
	P3			0,52
	P4			0,71

Из таблицы 2 видно, что запасы ^7Be на склонах гор напрямую коррелируют с уровнем увлажненности территории. В зоне с высоким уровнем увлажнения (P4) запасы ^7Be достигают максимальных значений, в умеренно увлажненной зоне (P2) они снижаются, а в зоне с низкой увлажненностью (P1) наблюдаются минимальные значения.

Таким образом, результаты проведенных экспериментов демонстрируют следующие взаимосвязи:

- различия в запасах ^7Be в почвах населенных пунктов обусловлены интенсивностью осадков. В годы с обильными дождями запасы ^7Be концентрируются в зонах с высокой влажностью, тогда как в засушливые периоды они зависят от процессов, характерными для сухих условий, таких как эрозия на горных склонах и осадочные процессы на равнинных территориях.

Максимальные значения ${}^7\text{Be}$ фиксируются в высокогорных районах, а минимальные – в низкогорных областях;

- активность ${}^{222}\text{Rn}$ в природных водах определяется концентрацией радона, выделяющегося из горных пород в подземные воды, а также степенью интенсивности процессов дегазации при выходе этих вод на открытую поверхность. В соответствии с активностью этих образцов (смотрите Таблицу 3):

- в районах «Нурота» и «Каратепа» родники, а в районе «Довон» подземные ручьи Пангатсой, участки орошения и пробы воды из Омонкутонсой демонстрируют более высокую активность;
- активность в верхнем течении реки «Хисор» примерно в два раза выше, чем в её нижнем течении;
- пробы из реки Танхоздаря показывают активность ниже минимального обнаруживаемого значения, что связано с быстрым потоком реки вдоль канала и многочисленными притоками, приводящими к почти полному обезгазированию воды;
- интенсивность радоновых потоков зависит от таких факторов, как толщина и состояние почвенного покрова;
- для природных вод карстового происхождения активность радона после выхода на поверхность определяется в первую очередь интенсивностью и продолжительностью процессов дегазации.

Таблица 3

Активность радона ${}^{222}\text{Rn}$ в водных образцах

Области исследований	проба	А, Бк/дм ³
НУРАТА	V1 родник	65
	V2 Исток реки Пангацай	5
КАРАТЕПА	V1 родник	50
	V2 с водой	12
ДАВАН	V1 карстовый поток	85
	V2 Исток реки Омонкутансай.	7
ГИССАР	V1 источник патока	38
	V2 ниже по течению реки	16
	V3 Река Танхоз	<5
${}^{222}\text{Rn}$ объемная активность природных вод		60

Количество радона значительно варьируется в зависимости от региона, при этом карстовые потоки и источники демонстрируют более высокий уровень радона. Это свидетельствует о возможной связи радона с геологическими характеристиками и гидрологическими условиями.

В четвертой главе диссертации «**Годовые эффективные дозы, получаемые населением и работниками техногенных объектов предгорий**

Кызылкум» представлены экспериментальные данные о годовых эффективных дозах облучения, которым подвергаются жители и работники исследуемых регионов.

Годовая кумулятивная эффективная доза от всех радиационных факторов состоит из четырех компонентов, которые определяются следующим образом:

$$\sum E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4, \quad (1)$$

где E_1 – годовая эффективная (эквивалентная) доза гамма-излучения, рассчитываемая следующим образом:

$$E_1 = 5,3 \cdot 10^{-2} (P_\gamma - P_\phi), \quad (2)$$

где P_γ — среднегодовая МЭД гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности земли или пола, измеряемая в мкР/ч; P_ϕ - значение фона на высоте 1 м над поверхностью.

E_2 - мощность эффективной дозы внутреннего облучения, обусловленная величиной эквивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона, определяется следующим образом:

$$E_2 = 2,01 \cdot 10^{-2} (S_p - S_{pф}) \quad (3)$$

где S_p - среднегодовое значение радона в жилом пункте наблюдения (ОАР), Бк/м³; $S_{pф}$ - жилой пункт мониторинга, соответствующий (ЭРОА) фоновым значениям радона, Бк/м³.

E_3 - эффективная доза внутреннего облучения, обусловленная активностью долгоживущих альфа-радионуклидов (ДЖА) в аэрозольных фракциях воздуха, определяется следующим образом:

$$E_3 = 2,8 \cdot 10^{-2} [(S_1 - R_1 \cdot S_2) - (1 - R_1) \cdot S_3] \quad (4)$$

где S_1 - среднегодовая суммарная альфа-активность в воздухе пункта наблюдения, Бк/м³; S_2 , S_3 - фоновые значения общей и удельной альфа-активности в воздухе пункта наблюдения популяции, Бк/м³; R_1 - скорость ветра до 3 м/с для определенной местности; E_4 - эффективная доза внутреннего облучения, обусловленная активностью потребляемой питьевой воды, определяется следующим образом:

$$E_4 = 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot S_v \cdot V_v \quad (5)$$

где S_v – среднегодовая суммарная альфа- и бета-активность радионуклидов питьевой воды, Бк/л; V_v – годовой объем питьевой воды, потребляемый населением, равный $V_v = 800$ л.

На основе экспериментального определения этих факторов можно рассчитать годовую эффективную дозу для населения, находящегося в зоне воздействия уранового производства (таблица 4).

Набор данных включает пять образцов, каждый из которых связан с измерениями внешнего гамма-излучения (E_1), концентрации радона (E_2), долгоживущих альфа-нуклидов (E_3), дозы радиации в питьевой воде (E_4) и

годовой эффективной дозы ($E_{\text{сум}}$). Как видно из таблицы, эффективная доза от внешнего гамма-излучения (МЭД) - E_1 варьируется в пределах 0,27- 0,36 мЗв/год. Эффективная доза от радона (ЭРОА) - E_2 , выраженная через эквивалентную равновесную объемную активность, колеблется от 0,40 мЗв/год до 0,49 мЗв/год. Эффективная доза от долгоживущих альфа-нуклидов (ДЖА)- E_3 составляет от 0,0056 мЗв/год до 0,0154 мЗв/год, а эффективная доза от питьевой воды - E_4 варьируется в диапазоне 0,053 мЗв/год - 0,118 мЗв/год.

Таблица 4

Ежегодные значения суммарных эффективных доз в населенных пунктах Нурабада по результатам экспериментального определения радиационных факторов

№ номер образца	Эффективная доза внешнего гамма-излучения, (МЭД) - E_1 , мЗв/год	Эффективная эквивалентная равновесная объемная доза радона (ЭРОА) - E_2 , мЗв/год	Эффективная доза долгоживущих альфа-нуклидов (ДЖА) - E_3 , мЗв/год	Эффективная доза, образующаяся в питьевой воде - E_4 , мЗв/год	Годовая эффективная доза $E_{\text{сум}}=E_1+E_2+E_3+E_4$, мЗв/год
1 (10)	0,29	0,49	0,0127	0,084	0,88
2 (12)	0,27	0,42	0,0104	0,053	0,75
3 (10)	0,36	0,40	0,0154	0,072	0,85
4 (13)	0,33	0,46	0,0084	0,098	0,90
5 (8)1	0,31	0,44	0,0056	0,118	0,87

Суммарная годовая эффективная доза ($E_{\text{сум}}$) рассчитывается как сумма всех перечисленных компонентов.

Согласно Нормам радиационной безопасности (НРБ-99/2009), предельно допустимая годовая эффективная доза облучения для населения составляет 1 мЗв/год. Таким образом, полученные значения находятся в пределах допустимых норм, что свидетельствует об отсутствии значимого радиационного риска для населения в исследуемых регионах.

Значимость данного исследования заключается в оценке радиационного воздействия на здоровье населения через потребление питьевой воды в населённом пункте Зафаробод (смотрите Таблицу 5). Определение удельной объемной активности радионуклидов ($\sum\alpha$ и $\sum\beta$) в питьевой воде позволяет выявить источники радиационного излучения и пути их распространения в этом важном ресурсе. Сопоставляя эти данные с рассчитанными на основе параметров атмосферной радиации годовыми эффективными дозами облучения, мы предоставляем информацию об общих уровнях радиационного воздействия, которому подвергается население. Комплексный анализа полученных данных позволяет не только оценить текущее состояние радиационного фона, но и разработать стратегии по снижению потенциального вреда в будущем. Это включает в себя рекомендации по улучшению качества питьевой воды и меры по защите здоровья населения.

Таблица 5

**Значения суммарной эффективной дозы, получаемый населением
Зафарбада по результатам экспериментального определения
радиационных факторов**

№ номер образца	Эффективная доза внешнего гамма-излучения - (МЭД) - E_1 , мЗв/год	Эффективная эквивалентная равновесная объемная доза радона - (ЭРОА) - E_2 , мЗв/год	Эффективная доза долгоживущих альфа-нуклидов - (ДЖА) - E_3 , мЗв/год	Эффективная доза, образующаяся в питьевой воде - E_4 , мЗв/год	Годовая эффективная доза $E_{сум}=E_1+E_2+E_3+E_4$, мЗв/год
1 (11)	0,39	0,24	0,0057	0,0045	0,63
2 (13)	0,40	0,20	0,0025	0,011	0,62
3 (10)	0,41	0,18	0,0009	0,0075	0,60
4 (11)	0,42	0,21	0,0037	0,0067	0,64
5 (8)	0,44	0,26	0,0069	0,0094	0,72

Эффективная доза внешнего гамма-излучения (E_1) варьируется от 0,39 мЗв/год до 0,44 мЗв/год для пяти исследуемых образцов, что соответствует годовой дозе, получаемой от внешнего гамма-излучения.

Эффективная эквивалентная объемная доза радона (E_2), рассчитанная на основе ЭРОА (радон-эквивалентная сбалансированная активность), варьируется от 0,18 мЗв/год до 0,26 мЗв/год. Радон, являясь ключевым компонентом естественного радиационного фона, при вдыхании существенно влияет на внутреннее облучение организма.

Эффективная доза от долгоживущих альфа-нуклидов (E_3) колеблется в пределах 0,0009 - 0,0069 мЗв/год. Альфа-излучение, как правило, является более опасным при внутреннем поглощении или вдыхании, поскольку может вызывать серьезные повреждения тканей.

Эффективная доза, получаемая через питьевую воду (E_4), находится в диапазоне от 0,0045 мЗв/год до 0,011 мЗв/год. Это значение отражает вклад радионуклидов, содержащихся в воде, в облучение населения.

Суммарная годовая эффективная доза ($E_{сум}$), представляющая собой сумму E_1 , E_2 , E_3 и E_4 , составляет от 0,60 мЗв/год до 0,72 мЗв/год. Эти данные дают общее представление о радиационном воздействии на жителей исследуемого региона. Радиационное воздействие в данном районе находится в пределах, ожидаемых для естественного радиационного фона.

По результатам экспериментального определения радиационных факторов в жилых массивах Нуроты были рассчитаны значения суммарных эффективных доз, полученных каждым жителем жилых массивов (смотрите Таблицу 6).

Таблица 6

Суммарная годовая эффективная доза радиации на человека в населенных пунктах Нураты по результатам экспериментального анализа радиационных факторов

№ номер образца	Эффективная доза внешнего гамма-излучения (МЭД) - E_1 , мЗв/год	Эффективная эквивалентная равновесная объемная доза радона (ЭРОА) - E_2 , мЗв/год	Эффективная доза долгоживущих альфа-нуклидов (ДЖА) - E_3 , мЗв/год	Эффективная доза, образующаяся в питьевой воде - E_4 , мЗв/год	Годовая эффективная доза $E_{сум}=E_1+E_2+E_3+E_4$, мЗв/год
1 (12)	0,47	0,40	0,015	0,03	0,92
2 (12)	0,43	0,45	0,012	0,023	0,91
3 (13)	0,44	0,42	0,011	0,035	0,90
4 (10)	0,41	0,41	0,01	0,02	0,85
5 (9)	0,46	0,44	0,0165	0,024	0,94

Эффективная доза внешнего гамма-излучения (E_1):

Эффективная доза внешнего гамма-излучения (E_1) постепенно увеличивается от 0,41 мЗв/год для первого образца до 0,47 мЗв/год для пятого образца. Эта тенденция может быть обусловлена различиями в содержании гамма-излучающих радионуклидов в почве или строительных материалах, расположенных вблизи каждого образца. Географические и геологические факторы часто оказывают влияние на уровень гамма-излучения.

Эффективная эквивалентная объемная доза радона (E_2):

В первом образце доза радона составляет 0,40 мЗв/год, а в пятом увеличивается до 0,44 мЗв/год. Этот рост может быть обусловлен изменениями в скорости выделения радона из почвы, что связано с такими факторами, как проницаемость почвы, уровень влажности и геологическое строение. Кроме того, вентиляция здания и особенности его конструкции также могут влиять на уровень радона в помещениях.

Эффективная доза долгоживущих альфа-нуклидов (E_3):

Вклад альфа-нуклидов в эффективную дозу начинается с 0,01 мЗв/год в первом образце и постепенно увеличивается до 0,016 мЗв/год в пятом образце. Эти изменения могут быть связаны с различиями в концентрациях альфа-излучающих элементов, таких как уран и торий, в местных почвах или источниках воды. Обычно это обусловлено природными геологическими формациями, которые влияют на распределение радионуклидов в окружающей среде.

Эффективная доза, получаемая через питьевую воду (E_4):

Эффективная доза питьевой воды демонстрирует тенденцию к увеличению, начиная с 0,02 мЗв/год для первого образца и достигая 0,035 мЗв/год для пятого. Это может быть связано с качеством водоемных источников и наличием радионуклидов в воде. Уровни радиации могут также зависеть от таких

факторов, как распад радона в воде и вымывание радионуклидов из природных или искусственных материалов.

Годовая эффективная доза ($E_{\text{сум}}$):

Суммарная годовая эффективная доза для каждого образца увеличивается с 0,90 мЗв/год до 0,94 мЗв/год. Совокупный эффект увеличения дозы от всех измеренных источников указывает на стабильный рост активности радионуклидов, а также на влияние специфических местных факторов, таких как уровень радона или гамма-излучения в определенных образцах.

Представленные данные показывают постепенное увеличение радиационного воздействия от внешнего гамма-излучения, радона, долгоживущих альфа-нуклидов и дозы, полученной через питьевую воду, в пяти различных образцах. Далее подробно рассмотрим каждый из этих компонентов и общую годовую эффективную дозу, чтобы изучить возможные причины и последствия наблюдаемых тенденций.

Для промышленной зоны Зафарабада значения доз внешнего гамма-излучения варьировались от 4,31 до 4,72 мЗв/год. Эти показатели значительно ниже рекомендуемых профессиональных пределов для промышленных зон, которые составляют 20 мЗв/год (смотрите Таблицу 7). Это свидетельствует о необходимости мониторинга и контроля радиационного фона в данной зоне для обеспечения безопасности работников и населения

Таблица 7

Результаты вычислений годовой экспозиционной дозы для работников в промышленной зоне Зафарабада

№ образца	Эффективная доза внешнего гамма-излучения (МЭД) - E_1 , мЗв/год	Эффективная эквивалентная сбалансированная доза радона (ЭРОА) - E_2 , мЗв/год	Эффективная доза долгоживущих альфа-нуклидов (ДЖА) - E_3 , мЗв/год	Эффективная доза, образующаяся в питьевой воде - E_4 , мЗв/год	Годовая эффективная доза, $E_{\text{сум}} = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$ мЗв/год
1 (12)	4,31	0,95	1,09	0,24	6,6
2 (14)	4,36	1,28	0,9	0,14	6,7
3 (15)	4,43	0,75	0,85	0,09	6,12
4 (11)	4,61	1,19	1,05	0,06	6,91
5 (7)	4,72	0,82	0,94	0,29	6,77

Дозы радона в промышленной зоне варьируются от 0,82 до 1,28 мЗв/год, что находится в пределах безопасных уровней для промышленных и общественных условий. Тем не менее, рекомендуется поддерживать уровень воздействия радона на минимально достижимом уровне.

Дозы альфа-нуклидов составляют от 0,85 до 1,09 мЗв/год. Хотя эти значения ниже профессиональных пределов, следует учитывать значительное биологическое воздействие альфа-излучающих радионуклидов. Поэтому важно обеспечить регулярный мониторинг и контроль, чтобы предотвратить их вдыхание или попадание внутрь организма.

Дозы, обусловленные питьевой водой, варьируются от 0,06 до 0,29 мЗв/год и соответствуют стандартам безопасности. Несмотря на то что они ниже нормативных пределов, регулярный мониторинг источников питьевой воды остается важным для обеспечения безопасности населения.

Общая годовая эффективная доза составляет от 6,1 до 6,77 мЗв/год, что значительно ниже предела в 20 мЗв/год для профессионального воздействия. Однако эти значения существенно превышают обычные пределы воздействия для населения. Несмотря на допустимость таких уровней в промышленной среде, необходимо продолжать усилия, направленные на снижение радиационного воздействия до минимально возможных уровней.

Экспозиционная доза внешнего гамма-излучения в Нурабадской промышленной зоне (E_1) варьируется от 3,83 мЗв/год до 4,77 мЗв/год в зависимости от образцов. Эти значения отражают дозу, полученную от источников внешнего гамма-излучения в окружающей среде. Различия в дозах могут быть связаны с геологическим составом, высотой местности, а также близостью к природным или техногенным источникам излучения (смотрите Таблицу 8).

Таблица 8

Результаты расчета годовой дозы облучения работников уранового производства Нурабадской промышленной зоны

№ проб	Эффективная доза внешнего облучения - E_1 (МЭД) мЗв/год	Эквивалентная доза равновесной объемной активности - (ЭРОА) - E_2 мЗв/год	Эффективная доза долгоживущих альфа нуклидов (ДЖА) - E_3 мЗв/год	Эффективная доза при потреблении питьевой воды - E_4 мЗв/год	Годовая эффективная доза, мЗв/год $E_{сум}=E_1+E_2+E_3+E_4$
1 (8)	3,83	1,36	0,83	0,23	6,25
2 (9)	4,25	1,48	0,84	0,15	6,72
3 (10)	4,45	1,19	0,81	0,26	6,71
4 (12)	4,67	1,45	0,76	0,09	6,97
5 (10)	4,77	1,30	0,79	0,18	7,04

Экспозиционная эквивалентная объемная доза радона ЭРОА) (E_2): доза варьируется от 1,19 мЗв/год до 1,48 мЗв/год. Эта доза отражает вклад газа радона и его продуктов распада в годовую экспозиционную дозу. Уровни радона могут различаться в зависимости от геологических факторов, используемых строительных материалов и условий вентиляции.

Экспозиционная доза долгоживущих альфа-нуклидов (ДЖА) (E_3) составляет от 0,76 мЗв/год до 0,84 мЗв/год. Эти значения обусловлены присутствием долгоживущих альфа-излучающих радионуклидов, таких как уран и торий, а также их продуктов распада. На изменения дозы влияют состав почвы и близость к геологическим формациям, богатым этими элементами.

Экспозиционная доза, полученная через питьевую воду (E_4) варьируются от 0,09 мЗв/год до 0,26 мЗв/год. Эти значения отражают вклад радионуклидов, присутствующих в источниках питьевой воды. Различия могут быть обусловлены качеством водоисточников, процессами очистки и геологическими/географическими факторами, влияющими на вымывание радионуклидов.

Сопоставление средних значений объемной активности $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ в питьевой воде для Зарафабада, Нурабада и Нуроты, а также значений годовой дозы воздействия, определяемых МЭД, ЭРОА и ДЖА в атмосфере исследуемой области, предоставляет ценные данные для анализа радиационного воздействия в этих регионах (смотрите Рис. 1).

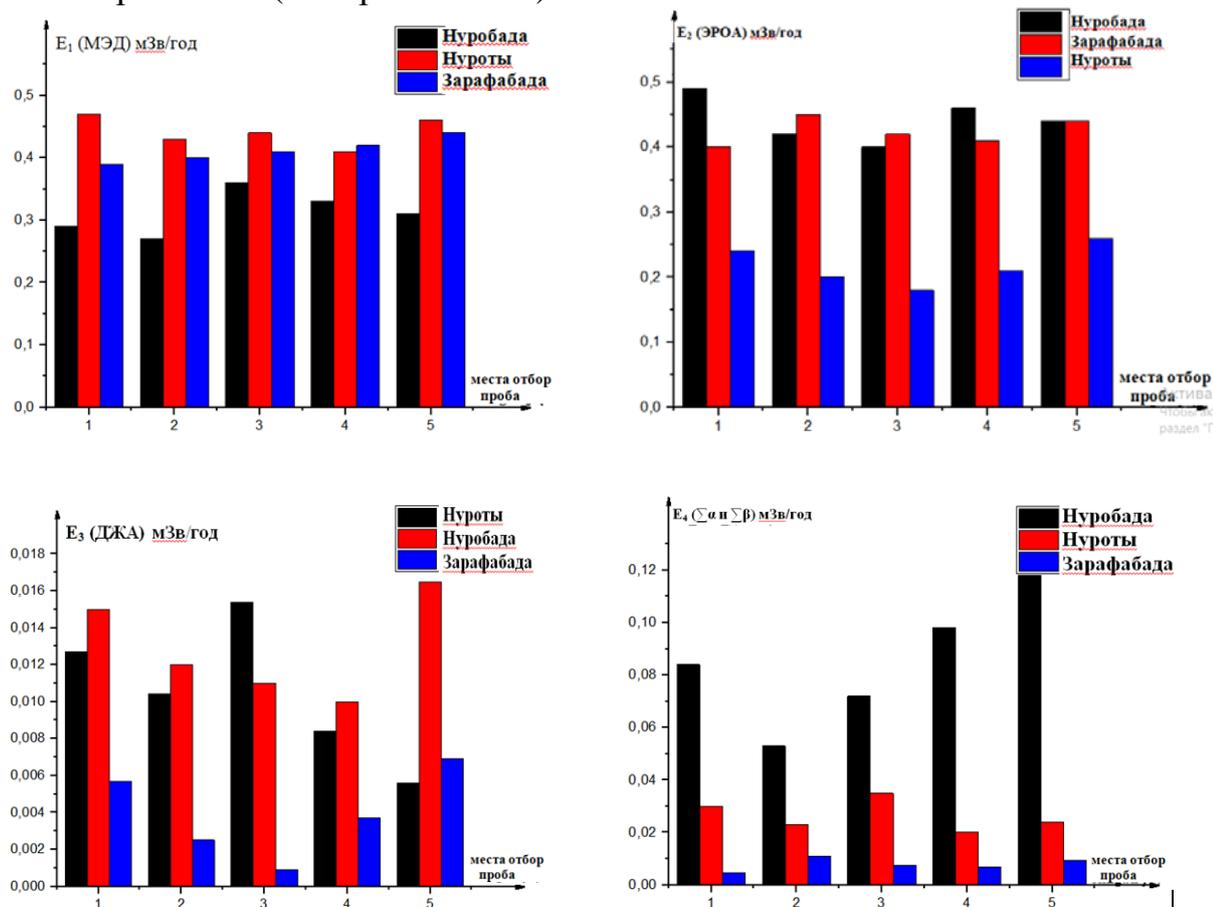


Рис.1. Средние значения удельной $\Sigma\alpha$ и объемной $\Sigma\beta$ активности в населенных пунктах Зафарабада, Нурабада и Нураты и сравнение их годовой экспозиционной дозы МЭД, ЭРОА, ДЖА в атмосферном воздухе исследуемых объектов

Диапазон значений годовой суммарной экспозиционной дозы ($E_{\text{сум}}$) составляет от 6,25 мЗв/год до 7,04 мЗв/год. Эти значения представляют сумму всех вкладов: внешнего гамма-излучения, воздействия радона, альфа-излучения и дозы, связанной с потреблением питьевой воды. Различия в $E_{\text{сум}}$ отражают совокупное воздействие всех факторов в различных образцах.

Сравнивая дозы облучения в данных объектах (Нурата, Зафарабад, Нурабад), проанализируем полученные данные для формирования выводов.

Массив Нурата. Годовая эффективная доза ($E_{\text{сум}}$) колеблется от 0,85 мЗв/г до 0,94 мЗв/г. На эффективную дозу наибольшее влияние оказывает внешнее гамма-излучение (E_1), затем эффективная эквивалентная сбалансированная объемная доза радона (E_2). Вклад от долгоживущих альфа-нуклидов (E_3) относительно мал, и доза, обусловленная радиоактивностью питьевой воды (E_4), тоже вносит незначительный вклад. В общем, годовая эффективная доза в массиве Нураты сопоставима с показателями других исследуемых регионов, что указывает на отсутствие значительных отличий в уровне радиационного воздействия.

Массив Зафарабад. Годовая эффективная доза ($E_{\text{сум}}$) колеблется в пределах 0,60 - 0,72 мЗв/г. Как и в массиве Нурата, здесь в общую дозу большой вклад вносит внешнее гамма-излучение (E_1) и эффективная эквивалентная сбалансированная объемная доза радона (E_2).

При сравнении наблюдается, что доля долгоживущих альфа-нуклидов и доля дозы в питьевой воде относительно высоки в других регионах по сравнению с массивом Нурата. В целом, годовая эффективная доза в массиве Зафарабад значительно превышает показатели в Нурате, однако остается в пределах допустимых значений.

Массив Нурабад. Годовые эффективные дозы ($E_{\text{сум}}$) варьируются от 0,75 мЗв/год до 0,90 мЗв/год. Как и в других регионах, внешнее гамма-излучение (E_1) вносит основной вклад в общую эффективную дозу, за которой следует эффективная эквивалентная равновесная объемная доза радона (E_2). Вклад долгоживущих альфа-нуклидов (E_3) и получаемая в результате доза в питьевой воде (E_4) варьируются в зависимости от пробы, но в целом следуют той же тенденции, что и в Нурате и Зафарабаде. Годовые эффективные дозы в Нурабаде сопоставимы с дозами в Нурате и Зафарабаде, что указывает на одинаковый уровень радиационного облучения в этих населенных пунктах. Сравнение средних показателей объемной активности $\Sigma\alpha$ и $\Sigma\beta$ в питьевой воде для Зафарабадской и Нурабадской промышленных зон со значениями годовых экспозиционных доз, определенных методами МЭД, ЭРОА, ДЖА в атмосфере исследуемого района, может предоставить ценную информацию. Из этого сравнения можно сделать некоторые выводы (рис. 2).

Сравнивая объемную активность питьевой воды с средним значением дозы воздействия в атмосферном воздухе, можно наблюдать корреляции между ними. Загрязнения источников питьевой воды приводит к увеличению радиации в воздухе. Такие сравнения позволяют оценивать относительные риски, связанные с различными радиационными источниками. Эти оценки помогут в распределении ресурсов для смягчения возможных радиационных опасностей для здоровье населения.

Различия в значениях объемной активности питьевой воды и воздействующей дозы могут указать на точки радиационных загрязнений в местности. Для защиты здоровья людей и окружающей среды в этих районах необходим постоянный мониторинг и проведение корректирующих мероприятий.

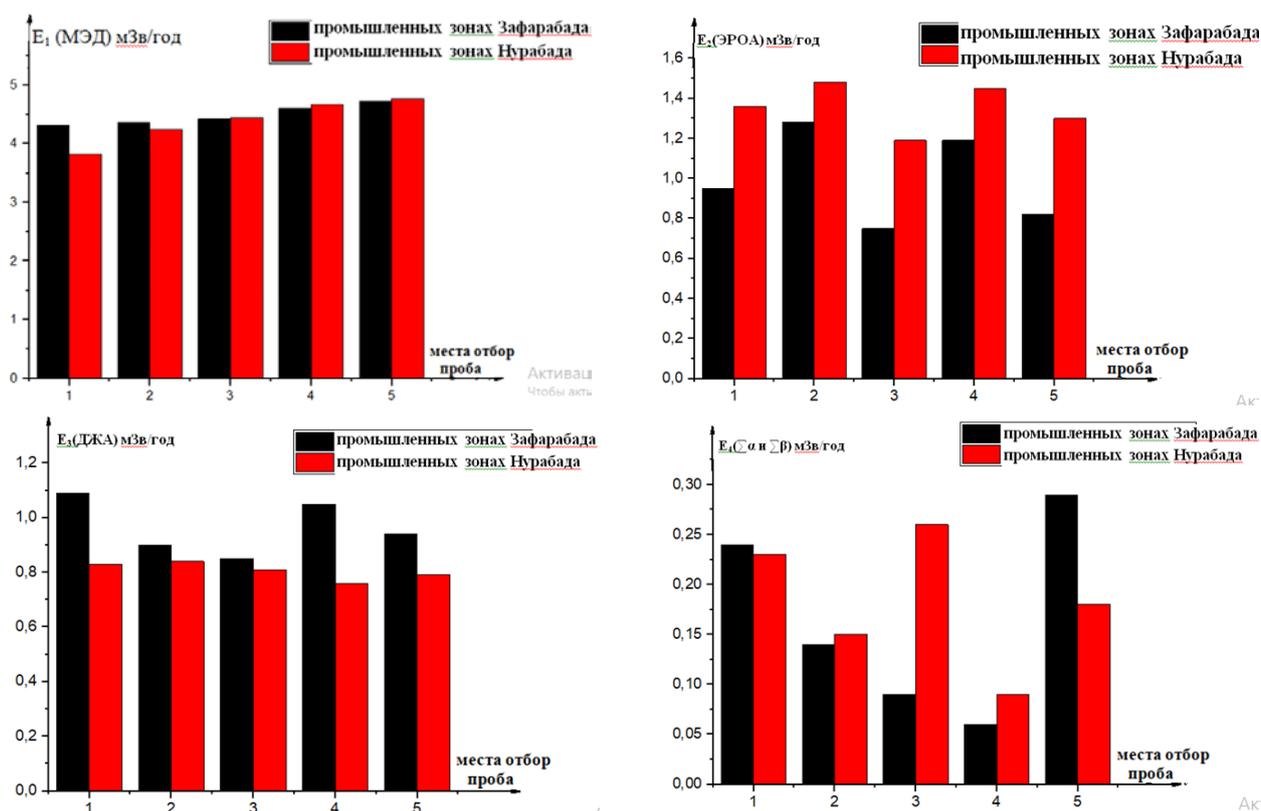


Рис.2. Средние значения удельной $\sum\alpha$ и объемной $\sum\beta$ активности в промышленных зонах Зафаробада и Нурабада и сранения их со значениями экспозиционнй дозы (МЭД, ЭРОА, ДЖА) в атмосферном воздухе

Различия в данных исследований между промышленными зонами Зафаробада и Нурабада могут выявить различные источники радиационного загрязнения. Определение этих источников является важным для эффективного контроля и снижения радиационных воздействий, а также для реализации целевых мероприятий по охране здоровья населения.

Сравнение значений действующих доз с нормативными пределами помогут установлению соответствия стандартам радиационной безопасности. Это позволяет получить информацию о потенциальном воздействии радиации на здоровье человека. Кроме того, такие сравнения играют важную роль в планировании использования земель, восстановлении окружающей среды и принятии мер по защите здоровья населения. Результаты этих сравнений служат для информирования местного населения о радиационных рисках.

Таким образом, средние значения удельной $\sum\alpha$ и объемной активности $\sum\beta$, сопоставленные с годовой дозой в атмосферном воздухе, позволяют оценить уровень радиационного воздействия в промышленных зонах и связанные с этим опасности. Эти сравнения поддерживают применения указов, основанных на фактических данных, и способствуют проведению мероприятий по защите населения и окружающей среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании проведенных исследований по диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Мониторинг радиационных показателей в предгорных территориях и техногенных объектах Кызылкума» сделаны следующие выводы:

1. Активности естественных радионуклидов в почвах исследуемых участков варьируются от $f=1,9$ для ^{40}K до $f=2,6$ для ^{226}Ra . Различия в их средних значениях на разных участках достигают фактора $f=2$, при этом значения на подножьях склонов несколько выше, чем на самих склонах.
2. Установлено, что выпадение космогенного радионуклида ^7Be из атмосферы в виде сухих и мокрых осадков фиксируется в небольших количествах.
3. Показано наличие корреляции между радиационными показателями питьевой воды и концентрацией радиоактивных элементов (U , ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{40}K) в почвах исследуемых регионов. Это подтверждает зависимость активности питьевой воды и уровня внутреннего облучения населения и работников от среднегодовой эффективной дозы.
4. Экспериментально установлено, что уровень среднегодовой эффективной дозы, получаемой населением и работниками техногенных объектов в исследуемых предгорных районах, напрямую связан с радиационными факторами в этих зонах.
5. На основе сравнительного анализа экспериментальных данных разработаны и внедрены практические рекомендации, направленные на снижение годовой эффективной дозы, получаемой населением и работниками техногенных объектов. Эти меры включают улучшение мониторинга, внедрение технологий очистки воды и разработку локальных мер по уменьшению воздействия радиации в предгорных районах и на техногенных объектах.
6. Повышение достоверности ядерно-физических методов мониторинга и оценки радиационных параметров (МЭД, ЭРОА, ДЖР) в предгорных районах и на техногенных объектах позволило доказать практическую применимость комплекса экспериментального оборудования. Это позволило достичь высокой точности измерений и надежности полученных научных данных, обеспечив их использование в управлении радиационной безопасностью.

**SCIENTIFIC COUNCIL DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 ON AWARD OF
SCIENTIFIC DEGREES AT THE INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS**

**SAMARKAND STATE UNIVERSITY
NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES**

NURMURODOV LOCHIN TIRKASHOVICH

**MONITORING OF RADIATION INDICATORS OF NATURAL AND
TECHNOGENIC OBJECTS IN THE FOOTHILLS OF KYZYLKUM**

01.04.01 – Instruments and methods of experimental physics

ABSTRACT

of the dissertation of the doctor of philosophy (PhD) in technical sciences

Tashkent – 2025

The topic of the dissertation of the Doctor of Philosophy (PhD) in technical sciences is registered in the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under the number B2024.3.PhD/T4810.

The dissertation was performed at the Samarkand State University named after Sh.Rashidov and Navoi State University Of Mining And Technologies

Abstract of the dissertation in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) posted on the website of the Scientific Council (www.inp.uz) and the information-educational portal "Ziyonet" (www.ziyonet.uz).

Scientific supervisor: **Muzafarov Amrullo Mustafaeovich**
Doctor of Chemical Sciences, dotsent

Official opponents: **Khujaev Saydakhmad**
Doctor of Technical Sciences, Professor

Khudayberdiev Eliboy
Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
associate professor

The leading organization: **National University of Uzbekistan named after M.Ulug‘bek**

The dissertation defense will take place “_____” _____ 2025 year at _____ hours at the meeting of the Scientific Council DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 at the Institute of Nuclear Physics (Address: 100214, Tashkent, Ulugbek vill., Institute of Nuclear Physics. Tel.: (+99871) 289-31-41; e-mail: info@inp.uz).

The dissertation is available at the Information Resource Center of the Institute of Nuclear Physics (registered as no. _____). Address: 100214, Tashkent, Ulugbek vill., Institute of Nuclear Physics. Tel. (+99871) 289-31-19.

The abstract of dissertation was distributed on “_____” _____ 2025.
(Registry record No. _____ dated “_____” _____ 2025).

M.Yu. Tashmetov
Chairman of the Scientific Council
on Award of Scientific Degrees,
D.Ph.-M.S., Professor

O.R. Tojiboev
Scientific Secretary of the Scientific Council
on Award of Scientific Degrees, PhD Ph.-M.S.,
Senior Researcher

E.M. Tursunov
Chairman of scientific seminar of the Scientific Council on
Award of Scientific Degrees,
D.Ph.-M.S., Professor

INTRODUCTION (annotation of PhD dissertation)

The aim of the research work is to estimate the radiation status of natural and technogenic objects in the foothill of Kyzylkum, as well as to determine the average annual effective doses of radiation received by the population and workers of this region.

The tasks of the research:

define and select research locations with minimal anthropogenic impact to study the influence of radiation on the environment in conditions as close as possible to natural ones;

conduct soil sampling and their analysis to study the distribution of natural and technogenic radionuclides in vertical soil layers;

measure and analyze the specific volumetric activity of the radionuclide Rn-222 in groundwater;

determine the radon flux density in the study areas;

evaluate and compare the values of annual effective doses received by residents of mountainous areas and workers at technogenic objects;

conduct interpretation of the collected data and prepare final reports with conclusions and recommendations.

The objects of the research work: foothill regions, technogenic objects, ecosystem samples such as soil, water, air, plants, and radioactive elements ^{232}Th , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{40}K , ^7Be .

The subject of the research work: radiation indicators, radiometric analysis methods, metrological characteristics of radiometric devices, average annual effective dose, and radioecological radiation conditions.

The scientific novelty of the research includes the following:

for the first time, taking into account the surface densities of the samples, a method for determining the specific activities of radionuclides in soil using a scintillation gamma spectrometer and the ASW software has been developed;

it has been established that the volumetric activity values of long-lived radionuclides in the atmospheric air of foothill and technogenic areas of the Kyzylkum region differ significantly due to variations in aerosol concentrations in the air;

it has been experimentally determined that the radiation index values of drinking water in the studied areas are proportional to the concentration of radioactive elements in the investigated regions;

for the first time, annual effective doses for personnel at technogenic objects and the population in the studied territory have been calculated, considering the combined radiation exposure from external gamma radiation and the intake of radionuclides through air and water.

Implementation of research results. Based on the results obtained from monitoring radiation parameters in the foothill regions and man-made objects of the Kyzylkum region using nuclear-physical methods:

the developed method for determining the relative activity of radionuclides in soil using the ASW program in a scintillation gamma spectrometer and the

obtained volumetric activity values of long-lived radionuclides in the atmospheric air have been implemented at JSC “NGMK” (Certification of the Central Scientific Research Laboratory of “Navoi Mining and Metallurgical Combine” JSC No. 758 dated April 9, 2024). As a result, it is now possible to conduct a comprehensive analysis of radioactive elements and radionuclides in soil;

the experimentally determined radiation index values of drinking water in the studied areas and the calculated annual effective doses for personnel at technogenic facilities and the population in the studied territory have been applied in practice at JSC “NGMK” (Certification of the Central Scientific Research Laboratory of “Navoi Mining and Metallurgical Combine” JSC No. 758 dated April 9, 2024). Based on the results, the dependence of specific volumetric activity in drinking water on the annual effective dose for workers has been assessed, enabling the rotation of personnel.

The structure and volume of the research work. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, and a list of references. The total length of the dissertation is 109 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (Часть I; Part I)

1. Базарбаев Н.Н., Иванов А.К., Мавланов Т.Т., Муминов И.Т., Муминов Т.М., Маматкулов О.Б., Нурмуродов Л.Т., Сафаров А.А., Синдаров Б.А., Худайбердиев А.Т., Чиндалиев М.Х. Первичные, техногенные и космогенные радионуклиды в почвах Нуратинского и отрогах Заравшанского хребтов // Научный вестник Самаркандского государственного университета. – Самарканд, 2019. – № 3 (115). – С.40-44 (01.00.00. №2)

2. Базарбаев Н.Н., Муминов И.Т., Муминов Т.М., Мавланов Т.Т., Маматкулов О.Б., Муратов Р.Р., Нурмуродов Л.Т., Синдаров Б.А., Умаров.К.И., Худайбердиев А.Т. Плотности потоков радоне в почвах Нуратинского и отгорах Зарафшанского хребтов // Научный вестник Самаркандского государственного университета. – Самарканд, 2019. – №5. – С.157-159 (01.00.00. №2)

3. Базарбаев Н.Н., Нурмуродов Л.Т., Сафаев У.К., Химматов И.Ф. Радионуклид ^7Be в сухих летне-осенних атмосферных выпадениях 2019 года в г.Самарканде // Научный вестник Самаркандского государственного университета. – Самарканд, 2020. – № 3 (121). – С. 127-131 (01.00.00. №2)

4. Bazarbayev N.N., Ivanov A.K., Inoyatov A.H., Mamatkulov O.B., Muminov I.T., Muminov T.M., Nurmuradov L.T., Safarov A.A., Khudaiberdiev A.T. Radionuclides in Soils, Waters, and Surface Air in Certain Mountainous Areas of Uzbekistan // Radiatsionnaya Biologiya. Radioekologiya. – Russian Academy of Sciences: Nauka, 2022. – Vol. 62. No. 2. – pp. 206-219; Biology Bulletin. – 2022. – Vol. 49. No. 12. – pp. 2410–2422 (№3. Scopus; IF=0.7)

5. Нурмуродов Л.Т., Аллаберганова Г. М., Холов Д.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Сопоставление величин радиационных факторов населенных пунктов, расположенных в ураноносных регионах // Universum: технические науки. – Москва, 2024. – № 5(122). – С. 32-33. (02.00.00. № 1)

II bo'lim (Часть II; Part II)

6. Bazarbayev N.N., Muminov T.M.1., Mavlonov T.T., Nurmuradov L.T., Tukhtaev U.U., Khasanov Sh.Kh. Correlations between ^7Be activities in the lower atmosphere and wet fallout in 2019 in Samarkand // “Modern problems of nuclear energetics and nuclear technologies”: International Conference, November 23-25, 2021. Book of Abstracts. – Tashkent: INP, 2021. – pp. 296-297

7. Inoyatov A.Kh., Makhmudov S.K., Muminov I.T., Muminov T.M., Nurmurodov L.T., Safarov A.A., Tukhtaev U.U., Khudoyberdiev A.T., Khasanov Sh.Kh. Radioactivity of Dry Atmospheric Fallout in the Cities of Uzbekistan // “Modern problems of nuclear energetics and nuclear technologies”: International

Conference, November 23-25, 2021. Book of Abstracts. – Tashkent: INP, 2021. – pp. 294-295

8. Нурмуродов Л.Т., Кулматов Р.А., Музафаров А.М. Ядерно-физические методы мониторинга радиационных показателей в природных и техногенных объектах Кызылкумского региона // “Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari”: IV-xalqaro ilmiy-amaliy anjumani materiallari. November 16-17, 2023. – Navoi, Uzbekistan, 2023. - С. 291