

**ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ  
НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

**ЖУРАҚУЛОВ АЛИШЕР РУСТАМОВИЧ**

**УРАН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОГЕН ОБЪЕКТЛАРИНИНГ  
ЭКОЛОГИК МОНИТОРИНГИ**

**01.04.01 – Экспериментал физиканинг асбоблари ва усуллари**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2022**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
автореферати мундарижаси**

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

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

**Журакулов Алишер Рустамович**

Уран ишлаб чиқариш техноген объектларининг экологик  
мониторинги..... 3

**Журакулов Алишер Рустамович**

Экологический мониторинг техногенных объектов уранового  
производства..... 23

**Jurakulov Alisher Rustamovich**

Environmental monitoring of technogenic objects of uranium  
production..... 41

**Эълон қилинган ишлар рўйхати**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 46

**ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**ЯДРО ФИЗИКАСИ ИНСТИТУТИ  
НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ**

**ЖУРАҚУЛОВ АЛИШЕР РУСТАМОВИЧ**

**УРАН ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ТЕХНОГЕН ОБЪЕКТЛАРИНИНГ  
ЭКОЛОГИК МОНИТОРИНГИ**

**01.04.01 – Экспериментал физиканинг асбоблари ва усуллари**

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси  
АВТОРЕФЕРАТИ**

**Тошкент – 2022**

**Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2020.2.PhD/T1500 рақам билан рўйхатга олинган.**

Диссертация иши Ўз ФА Ядро физикаси институти ва Навоий давлат кончилиқ институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида ([www.inp.uz](http://www.inp.uz)) ва “Ziynet” Ахборот таълим порталида ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Курбанов Бахтияр Ибрагимович**

техника фанлари доктори, катта илмий ходим

**Расмий оппонентлар:**

**Раджапов Сали Аширович**

физика-математика фанлари доктори, катта илмий ходим

**Ярматов Баҳром Хайдарович**

техника фанлари бўйича PhD, катта илмий ходим

**Етакчи ташкилот:**

**Самарқанд давлат университети**

Диссертация ҳимояси Ядро физикаси институти ҳузуридаги DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил \_\_\_\_\_ соат \_\_\_\_\_ даги мажлисида бўлиб ўтади (Манзил: 100214, Тошкент ш., Улуғбек қўрғони, Хуросон кўчаси 1-уй, Ядро физикаси институти. Тел.: (+99871) 289-31-41; факс: (+99871)289-36-65; e-mail: [info@inp.uz](mailto:info@inp.uz))

Диссертация билан Ядро физикаси институтининг Ахборат-ресурс марказида танишиш мумкин (№ \_\_\_\_\_ рақами билан рўйхатга олинган. Манзил: 100214, Ташкент ш., Улуғбек қўрғони, ЯФИ. Тел.: +99871 289-31-19).

Диссертация автореферати 2022 йил “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ куни тарқатилди.  
(2022 йил “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ даги \_\_\_\_ рақамли реестр баённомаси)

**М.Ю. Ташметов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш раиси ф.-м.ф.д., профессор

**О. Тожибоев**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш илмий котиби, ф.м.ф. PhD,  
катта илмий ходим

**Э.М. Турсунов**

Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш ҳузуридаги илмий семинар раиси,  
ф.-м.ф.д., профессор

## **КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)**

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати.** Жаҳонда ҳозирги вақтда техноген уран ишлаб чиқариш объектларида ва ушбу объектлар атрофидаги аҳоли яшаш пунктларида экологик вазиятни ўрганиш фан ва техниканинг долзарб ҳамда талаб қилинадиган йўналишларидан бири ҳисобланади. Ўзбекистон Республикаси иқтисодиётининг ривожланиши ва истиқболлари, экспорт қилинадиган асосий маҳсулот – уранни ишлаб чиқариш, ҳар доим экологик хавф билан боғлиқ бўлган. Кон-металлургия саноатида, ишлаб чиқаришда, одатда, атроф-муҳитга энг кам экологик ва техноген зарар етказадиган технологиялар танланади. Ишлаб чиқаришда атроф-муҳит муҳофазаси учун бир қатор тадбирлар кўриб чиқилади. Аммо уран қазиб олиш ва қайта ишлаш, уран, торий ва уларнинг парчаланиш маҳсулотларининг уран рудаларида мавжудлиги сабабли атроф-муҳитга радиацион таъсир кўринишида техноген таъсир кўрсатади.

Дунёда охириги йилларда уранга бўлган талабнинг ошиши сабабли, Ўзбекистонда уранни қазиб олиш ва қайта ишлаш ҳажми сезиларли даражада ошди, бу мантиқан атроф-муҳитга радиациявий таъсирнинг кўпайишига ва техноген объектлар атрофидаги аҳоли яшаш пунктларида радиация фонининг ошишига олиб келиши мумкин. Йилдан йилга уран ишлаб чиқаришни сезиларли даражада ошириш вазифалари ишлаб чиқарувчиларга фойдали металлларни ажратиб олишнинг самарали, иқтисодий ва экологик тоза технологияларини ишлаб чиқиш, саноат зоналари ва техноген объектларда атроф-муҳитни назорат қилишни таъминлаш вазифасини юклайди. Шу муносабат билан, экологик вазиятни мониторинг қилиш учун мавжуд экспресс, тезкор ва ахборотли усулларини такомиллаштириш, хом ашёлардан оқилона фойдаланиш, уран қазиб олувчи корхоналарнинг атроф-муҳитга техноген таъсирини камайтиришни таъминлаш амалий физика, ядро технологияси ва радиацион экологиянинг долзарб вазифасидир.

Республикамизда мустақиллик йилларида мамлакатнинг экологик барқарорлигига муҳим ҳисса қўшиб, кон-металлургия саноатида экологик назорат бўйича экспериментал тадқиқотларни ривожлантиришга катта эътибор берилмоқда. Фойдали қазилмаларни ишлаб чиқариш ҳажмининг кўпайиши, тайёр маҳсулот таннархининг пасайиши ва экспорт қилинадиган маҳсулотнинг йиллик ишлаб чиқариш ҳажмининг ўсиши фонида экологик тоза ишлаб чиқаришни таъминлаш бўйича қатор махсус дастурлар қабул қилинди. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида<sup>1</sup> олтин, уран қазиб олиш жараёнларини ва уларнинг экотизимга техноген ҳиссасини бошқариш усулларини ишлаб чиқиш ҳамда жорий этиш дастурини амалга ошириш вазифалари белгиланган.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги № ПФ-4947 сон Фармони “2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини ривожлантиришнинг бешта устувор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси”.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сон “2011-2015 йилларда Ўзбекистон Республикаси саноатини ривожлантиришнинг устувор йўналишлари тўғрисида”, 2015 йил 4 мартдаги ПФ-4707-сон “2015-2019 йилларда ишлаб чиқаришни таркибий ўзгартириш, модернизация ва диверсификациялашни таъминлаш чора-тадбирлари дастури тўғрисида” ва 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сонли “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги фармонлари ҳамда ушбу соҳадаги бошқа меъёрий-ҳукукий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишда ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги.** Диссертация тадқиқотлари республика фан ва технологияларни ривожлантиришнинг II. “Энергетика, энергия ва ресурс тежамкорлиги ва муқобил энергия манбаалари” ва VII. “Ер тўғрисидаги фанлар (геология, геофизика, сейсмология ва минералларни қайта ишлаш) устувор йўналишларига мувофиқ бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Дунёнинг кўплаб етакчи олимлари, жумладан: европалик (Badawy W.M., Mamikhin S.V., Mccluney W.R., Campos M.J., Penna E., Trindade H., Sachett I.), россиялик (Бахур А.Е., Мануилова Л.И., Бекман И.Н., Шербакова Л.М., Спирин Е.В., Маслов А.А., Пивоваров Ю.П., Соловев Г.С., Сапригин А.В., Рачкова Н.Г., Таскаев А.И., Сахаров Б.К.) ва бошқа мутахассислар томонидан экотизимга уран ишлаб чиқаришнинг техноген таъсирини назорат қилиш учун ядро-физик усулларни ишлаб чиқиш бўйича илмий тадқиқотлар олиб борилган. Шу билан бирга, ушбу ишларнинг барчаси турли хил усулларни ишлаб чиқишга, бошқа саноат маҳсулотларини, бошқа кон-металлургия ва атроф-муҳит объектларини ўрганишга бағишланган бўлиб, улар кимёвий таркиби ва тузилишида биз ўрганаётган объектлардан фарқ қилади.

Ўзбекистонлик олимлар (Кулматов Р.А., Мўминов Т.М., Кист А.А., Арипов Г.А., Мухамедов С.М., Саттаров Г.С., Васидов А., Бакиев С.А., Курбанов Б.И. ва бошқ.) уран қазиб олиш учун саноат корхоналари маҳсулотларининг макро ва микроэлементлар таркибини аналитик назорат қилишнинг ядро-физикавий ҳамда бошқа усуллари ишлаб чиққанлар. Экотизимларни назорат қилиш учун ядро-физикавий техникани қўллашда маълум натижаларга эришилган. Ушбу ишланмаларда  $^{238}\text{U}/^{226}\text{Ra}$  ва  $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$  ўртасидаги радиоактив мувозанатнинг бузилиши, уран оксиди маҳсулотидаги  $^{234}\text{U}$  микдорини ошириш, уран изотоплари орасидаги радиоактив мувозанатнинг бузилиш механизмлари тадқиқ этилган. Аммо Ўзбекистондаги уран ишлаб чиқариш билан банд бўлган техноген ҳудудлардаги радиацион экологик муҳит, жумладан, уран чиқиндиларни сақлаш жойлари, уран отвалларидаги радиация қийматларининг локал тақсимооти, техноген ҳудудлардаги ер ости сувларининг сифатини назорат қилиш, техноген ҳудудларнинг аҳоли яшаш пунктларига кўрсатадиган экологик таъсири бўйича тадқиқотлар ва маълумотлар илмий адабиётларда деярли йўқ.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий тадқиқот муассасасининг илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация тадқиқотлари Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Ядро физикаси институти илмий тадқиқот ишлари режасининг № А-13.113 “Рений ва бошқа қимматбаҳо металлларни олишнинг технологик жараёнини мониторинг қилиш услубини ишлаб чиқиш” (2006-2008) ва Навоий давлат кончилик институтининг ДИТД-7-3.8.3 “Навоий вилоятининг табиий ва техноген шароитларини тадқиқ қилиш ва табиий фанлар талабаларини ўқитишнинг интерфаол усуллари ишлаб чиқиш” (2009-2011) мавзуларидаги илмий лойиҳалар доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** уран қазиб олиш ва қайта ишлаш жараёнидаги радиацион омилларнинг таъсири катталикларини баҳолаш ва салбий таъсирларни камайтириш услубларини ишлаб чиқишдан иборат.

**Тадқиқотнинг вазифаси:**

уран ишлаб чиқариш объектларини радиометрик тадқиқ қилиш, техноген объектлар локал ҳудудларидаги гамма-нурланиш экспозицион доза қуввати (ЭкспДҚ) миқдорларини аниқлаш;

уран ишлаб чиқариш ҳудудлари ер ости сувларида табиий радионуклидлар концентрациясининг тақсимланиши ва уларнинг геохимик ҳаракатланиши қонуниятларини тадқиқ этиш;

уран техноген объектларининг атроф-муҳитга радиацион таъсирини камайтириш бўйича чора-тадбирлар ишлаб чиқиш;

уран ишлаб чиқариш саноат корхонасининг атроф-муҳитга техноген таъсири катталигини нейтрон-активацион таҳлил усули ёрдамида баҳолаш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида уран таркибли намуналар, уран кимёвий концентратлари ва оксидлари, технологик эритмалар, саноат оқова сувлари, саноат қаттиқ чиқиндилари, балансдан ташқари рудалар ва уран ишлаб чиқариш жараёни таъсирида бўлган экотизим намуналари (сув, тупроқ, ҳаво) олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** уран ишлаб чиқарадиган саноат корхоналари ҳудуди ва бу ҳудудларга туташган аҳоли яшаш пунктларининг экологик мониторинги, уран ишлаб чиқариш жараёнидаги радиоэкологик хавфсизлик ва технологик жараёнларнинг радиоэкологик жиҳатлари ташкил этади.

**Тадқиқот усуллари:** нейтрон-активацион таҳлил усули, рентгенофлуоресцент усул, радиометрия усули, альфа- ва гамма-спектрометрия, шунингдек, замонавий компьютер технологияларидан фойдаланган ҳолда математик-статистика натижаларининг корреляцион таҳлил усули.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

Навоий кон-металлургия комбинатининг уран уюмлари, уран чиқиндилари омбори ва уранни ер остида танлаб эритиш майдонлари тупроқлари намуналаридаги  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  табиий радионуклидларнинг локал тарқалиш концентрациялари қийматлари ушбу техноген ҳудудларда  $^{238}\text{U}$  бўйича 59,8-93,2 Бк/кг,  $^{232}\text{Th}$  бўйича 136-264 Бк/кг,

$^{226}\text{Ra}$  бўйича 556-983 Бк/кг,  $^{40}\text{K}$  бўйича 830-1200 Бк/кг оралиқларда аниқланган;

гамма-нурланиш экспозицион доза қуввати қийматларининг маҳаллий сирт тақсимоти параметрларини тезкор баҳолаш учун самарали ҳисоблаш ЭҲМ дастури ишлаб чиқилган ва унинг ёрдамида илк бор техноген ҳудудларнинг кузатув нукталарида – Учқудуқда -0,43 мкЗв/соат, Зафарободда -0,24мкЗв/соат, Навоий шаҳрида (ГМЗ-1) -0,16 мкЗв/соат экспозицион доза қуввати аниқланган;

уран ишлаб чиқариш ҳудудларининг ер ости сувларида ҳосилавий  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди ҳажмий активлиги ва она ядро  $^{226}\text{Ra}$  радионуклиди ҳажмий активлиги орасидаги боғланиш бузилган ҳолатлар кузатиладиган техноген ҳудудлар илк бор аниқланган ҳамда шу ҳудудлардаги ер ости сувларида радионуклидларнинг ҳажмий активликлари тажриба йўли билан топилган: Учқудуқ –  $^{226}\text{Ra}$ -55Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -213Бк/л, Нурбулоқ –  $^{226}\text{Ra}$ -16Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -130Бк/л, Қарнаб –  $^{226}\text{Ra}$ -23Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -115Бк/л, Зафаробод –  $^{226}\text{Ra}$ -11Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -230Бк/л, Шуробод –  $^{226}\text{Ra}$ -282Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -74Бк/л, Нуробод –  $^{226}\text{Ra}$ -381Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -120Бк/л, № 9 Жанубий қудуқ –  $^{226}\text{Ra}$ -124Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -516Бк/л;

илк бор Навоий кон-металлургия комбинатининг уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудларидаги ҳар хил кимёвий таркибли ер ости сувлари учун  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди дегазациясининг рухсат этилган санитар меъёри 60 Бк/л гача тушадиган оптимал вақт қийматлари 8-14 соат оралиғида эканлиги тажрибада аниқланган;

илк бор Навоий кон-металлургия комбинатида ишлаб чиқарилган уран маҳсулотларини сақлаш жойлари атмосфера ҳавосида  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди аралашган аэрозолларнинг экспозицион доза қуввати 3000 мкЗв/соатдан 300 мкЗв/соатгача ва радоннинг мувозанатли ҳажмий активлиги 250 Бк/м<sup>3</sup> дан 15 Бк/м<sup>3</sup> гача камайишини таъминлаш учун контейнерларни улар орасидаги масофани 15 см, ердан баландлигини 1 метргача кўтарилган ҳолатда жойлаштириш кераклиги асослаб берилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

уран ишлаб чиқариш жараёнида атроф-муҳитга таъсир этувчи радиоактив омиллари баҳоланган ва бу жараёнларнинг атроф-муҳитга техноген таъсирини минималлаштириш бўйича амалий тавсиялар берилган;

уран ишлаб чиқарувчи корхоналарда радиацион ифлосланиш катталиклари ва бу катталикларнинг келажақда атроф-муҳитга техноген таъсирини башорат (прогноз) қилиш учун саноат оқова сувлари ва ер ости сувларида радионуклидларнинг тарқалиши аниқланган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги** замонавий давлат стандартидан ўтказилган усуллар ва юқори сезгирликдаги ўлчаш асбобларидан фойдаланиш, ишлаб чиқилган услубиятларни халқаро стандарт намуналари маълумотлари билан қиёсий таҳлил қилиш, параллел таҳлиллار ва турли тадқиқотчилар ҳамда лабораторияларда олинган маълумотлар билан таққослаш йўли билан тасдиқланади.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудларида

зарарли радиоактив моддаларнинг атроф-муҳитга таъсир кўрсатувчи омилларини баҳолашдан, теварак-атрофидаги ҳудудни техноген элементлар билан ифлосланиш механизми ва шакллари аниқлашдан ҳамда уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудларни экологик мониторинг қилиш ва маълумотлар олишдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти тўғридан-тўғри уран қазиб олиш ва қайта ишлашнинг табиий шароитида табиий ҳамда техноген радионуклидлар ва бир қатор элементларнинг таркибини аниқлаш, чиқиндилар ва ер ости сувларида радионуклидларнинг пайдо бўлиш шакли ҳамда кўчиб ўтиш шароитларини аниқлаш ва қўллашдан иборат.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши.** Уран ишлаб чиқариш техноген объектларининг экологик мониторинги бўйича олинган натижалар асосида:

Навоий кон-металлургия комбинатининг уран маъданлари, уран чиқиндихоналари ва уранни ер остида танлаб эритиш майдонлари, тупроқ намуналаридаги уран табиий емирилиш занжиридаги радионуклидлар локал тарқалиш концентрацияларини аниқлаш натижалари кон-металлургия комбинатининг Марказий илмий тадқиқот лабораториясида амалиётга тадбиқ қилинган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2022 йил 28 апрелдаги № 23-01-07/326-сон маълумотномаси). Натижаларни тадбиқ этиш ушбу объектлардаги радионуклидларнинг маълумотлар базасини яратишга имкон берган;

гамма-нурланиш экспозицион доза қуввати қийматларининг маҳаллий сирт тақсимооти параметрларини ҳисоблаш бўйича ишлаб чиқилган дастур Ўзбекистон Республикаси интеллектуал мулк Агентлигида рўйхатдан ўтказилган (Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк Агентлигининг ЭХМ дастурини расмий қайд этиш тўғрисидаги Гувоҳномаси № DGU 09817. 23.12.2020й.). Ишланманинг қўлланилиши уран отваллари, ГМЗ-1 уран чиқиндилари омбори ва уранни ер остида танлаб эритиш майдонларида гамма-нурланиш экспозицион доза қуввати қийматларининг маҳаллий сирт тақсимооти параметрларини аниқлаш имконини берган;

НКМК уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудлари ер ости сувларида ҳосилавий  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди миқдори ва она ядро  $^{226}\text{Ra}$  радионуклиди миқдори орасидаги боғланиш қонуниятлари, радон дегазацияси вақтининг оптимал қийматлари ва сув танқис чўл ҳудудларида юқори радиация кўрсаткичига эга бўлган ер ости сувларидан хавфсиз фойдаланиш бўйича ишлаб чиқилган тавсиялар Навоий КМКнинг Марказий илмий тадқиқот лабораториясида амалиётга тадбиқ этилган (Навоий кон-металлургия комбинатининг 2022 йил 28 апрелдаги № 23-01-07/326-сон маълумотномаси). Натижада Навоий вилоятининг сув танқис чўл ҳудудларида ер ости сувларидан хавфсиз фойдаланиш имконияти асослаб берилган;

омборхона ҳавосида аниқланган  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди йиғилиш даражасини ва омборхона ҳавосида  $^{222}\text{Rn}$  йиғилишини олдини олиш учун уран тайёр маҳсулотлари контейнерларини жойлаштириш бўйича аниқланган самарали геометрияси Навоий КМКда амалиётга тадбиқ этилган (Навоий

кон-металлургия комбинатининг 2022 йил 28 апрелдаги № 23-01-07/326-сон маълумотномаси). Натижада тайёр уран маҳсулотларини сақлаш омборларида радионуклид аэрозолларининг экспозицион доза қувватини камайтириш имконини берган.

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг асосий натижалари 16 та халқаро ва республика анжуманларида маъруза қилинган ҳамда муҳокама этилган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича жами 23 та илмий иш чоп этилган, жумладан, 1та ЎзР Интеллектуал мулк агентлиги томонидан қайд этилган компьютер дастурий маҳсулотлари гувоҳномаси, Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссиясининг докторлик диссертациялари асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий журналларда – 3 та мақола, улардан 1 таси хорижий журналларда.

**Диссертация тузилиши ва ҳажми.** Диссертация таркиби кириш қисми, тўртта боб, хулоса, нашр этилган илмий ишлар рўйхати, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг асосий ҳажми 126 бетни ташкил этади.

## **ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ**

**Кириш қисмида** тадқиқотнинг долзарблиги, зарурати, мақсади ва тадқиқот усуллари, тадқиқот объектлари, тадқиқот предмети, Республикадаги фан ва технологиялар тараққиётининг устувор йўналишларига мослиги, илмий янгилиги ва тадқиқотнинг амалий натижалари, олинган натижаларнинг илмий ва амалий аҳамияти, тадқиқотнинг амалиётга тадбиқи, чоп этилган илмий ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар келтирилган.

Диссертациянинг **“Кон-металлургия корхоналари техноген объектларини экологик мониторинг қилишнинг замонавий усуллари”** деб номланган биринчи бобида радиацион ифлосланган ишлаб чиқариш омиллари ва уларнинг экотизимга техноген таъсирлари катталикларини баҳолашнинг аналитик, радиокимёвий, ядро-кимёвий ва радиоэкологик таҳлил усуллариининг умумий классификацияси ва ҳолати кўриб чиқилган.

Радиометрик таҳлил усулининг назарий асослари,  $\alpha$ ,  $\beta$  ва  $\gamma$  - спектрометрик таҳлилларни олиб бориш босқичлари, ҳар хил кимёвий, физик-кимёвий ва ядро-кимёвий усуллариининг афзалликлари ва камчиликлари батафсил таърифланган ҳамда келтирилган. Адабиётларда берилган маълумотлар асосида ҳар хил кимёвий, радиокимёвий ва ядро-кимёвий таҳлил усулининг қўлланилиши даражаси баҳоланган.

Диссертациянинг **“Уран қазиб олиш техноген объектларига яқин ҳудудларда табиий радионуклидларнинг тарқалишини тадқиқ қилиш”** деб номланган иккинчи бобида НКМК ишлаб чиқариш объектларини радиоэкологик назорат қилишга бағишланган тадқиқот ишларининг натижалари келтирилган. Тадқиқот ишлари НКМКнинг барча бўлинмаларида

атроф-муҳит ҳолатини кузатиш бўйича доимий иш олиб бориладиган “Ўзстандарт” Агентлиги томонидан техник ваколат учун аккредитация қилинган махсус лабораторияларда ўтказилган. Тупроқдан намуна олиш билан уран ишлаб чиқариш майдонидан ер юзидаги табиий ва техноген радионуклидларнинг эквивалент дозаси ер юзасидан 0,5 м гача чуқурликда ўлчанди. Уран қазиб олиш бўйича саноат корхоналари фаолият кўрсатадиган турли шаҳарлар (Навоий, Зафаробод, Учқудук) ҳудудларидан олинган тупроқ намуналаридаги табиий радионуклидларнинг активлигини ўлчаш натижалари 1-жадвалда келтирилган.

#### 1-жадвал

#### Тупроқ намуналарида табиий радионуклидларнинг солиштирма активлигини ва эффектив солиштирма активлигини аниқлаш натижалари

| №<br>Т/р | Тупроқдаги солиштирма активлик, Бк/кг |           |           |                  | Тупроқнинг солиштирма<br>алфа-активлиги, Бк/кг |
|----------|---------------------------------------|-----------|-----------|------------------|------------------------------------------------|
|          | Калий-40                              | Радий-226 | Торий-232 | A <sub>эфф</sub> |                                                |
| 1        | 1223                                  | 321       | 33        | 372              | 1210                                           |
| 3        | 1096                                  | 99        | 15        | 217              | 1100                                           |
| 4        | 861                                   | 245       | 22        | 351              | 987                                            |
| 5        | 761                                   | 339       | 21        | 435              | 918                                            |
| 6        | 864                                   | 473       | 17        | 573              | 899                                            |
| 7        | 872                                   | 369       | 31        | 401              | 987                                            |
| 8        | 902                                   | 215       | 13        | 313              | 972                                            |
| 9        | 1003                                  | 166       | 17        | 279              | 765                                            |
| 10       | 1382                                  | 465       | 39        | 640              | 1400                                           |
| 11       | 1386                                  | 57        | 30        | 221              | 811                                            |
| 12       | 1252                                  | 36        | 29        | 187              | 565                                            |

Тупроқдаги альфа-нурланишнинг умумий радиоактивлигини мунтазам равишда таҳлил қилиш уран қазиб оладиган саноат корхоналарининг атроф-муҳитга антропоген таъсирини аниқлашга имкон беради. Олинган натижалардан (1-жадвал) кўриниб турибдики,  $^{40}\text{K}$  учун радиоактивликнинг қийматлари – 761-1386 Бк/кг оралиғида,  $^{232}\text{Th}$  учун қийматлар – 13-33 Бк/кг оралиғида ва  $^{226}\text{Ra}$  учун қийматлар – 36-476 Бк/кг оралиғида. Ушбу тупроқ намуналарида эффектив активлик – 187-640 Бк/кг оралиғида. Альфа нурланишининг умумий активлиги қиймати – 576-1400 Бк/кг оралиғида.

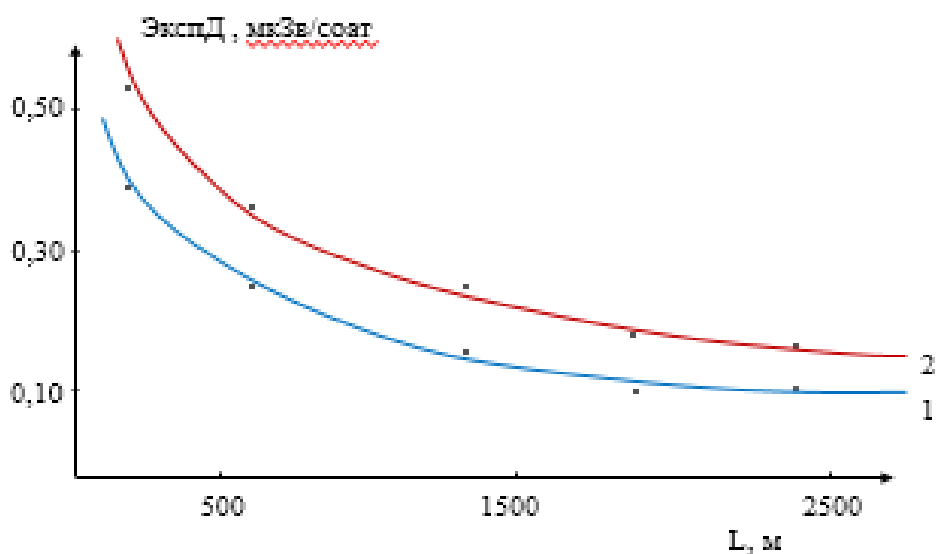
Ичимлик, оқава ва ер ости сувларида U, Ra, Po, Th концентрациялари махсус усул, Rn – эманация усули ва UMF-2000 қурилмасидаги умумий альфа ва бета активлиги билан ўрганилди ҳамда аниқланди. Сув намуналаридаги радионуклидларнинг гамма-нурланиш дозаси қуввати турли масофаларда тўғридан-тўғри “ДКС-96” асбоби ёрдамида ўлчанди, уранли рудаларнинг турли хил чуқурликларидан чиқаётган радон оқими зичлиги қийматлари “Альфарад” асбобида ўлчанди.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  радионуклидларининг активлигини ўлчаш учун қаттиқ майдаланган намуна

“Маринелли” идишига солинади ва уни детектор устига жойлаштирилади. Активлик ўлчаб бўлингач (30дақиқа) дастур активлик қийматини ва ушбу радионуклидлар активлигининг абсолют статистик хатолигини экранга чиқаради.

Бундан ташқари уран ишлаб чиқариш корхоналари фаолият юритадиган ҳудудларнинг 20 дан ортиқ нуқталарда турли хил масофаларда гамма-нурланиш дозаси қуввати ўлчанди ва уларнинг радиацион ҳолатга кўрсатадиган таъсири ўрганилди. 1-расмда гамма-нурланиш экспозицион доза қувватининг (ЭкспДҚ) нурланиш манбаидан узоқлик масофаси бўйлаб тақсимланиш графиги кўрсатилган.

Графиклардан, уран ишлаб чиқариш корхонасидан 2500 м масофада ЭкспДҚ нинг қиймати фон миқдоригача ( $0.12 \text{ мкЗв/соат}$ ) камайишини кўриш мумкин. Радиоактив моддалар чиқиндихоналарида эса 2500 м масофада ЭкспДҚнинг қиймати маълум қийматгача ( $0.16 \text{ мкЗв/соат}$ ) камайишини, лекин фон даражасигача тушмаслигини кузатиш мумкин.

Ушбу факт уран чиқиндихоналарининг радиацион фонга таъсири уран ишлаб чиқариш корхоналариникидан кўпроқ эканлигини тасдиқлайди.

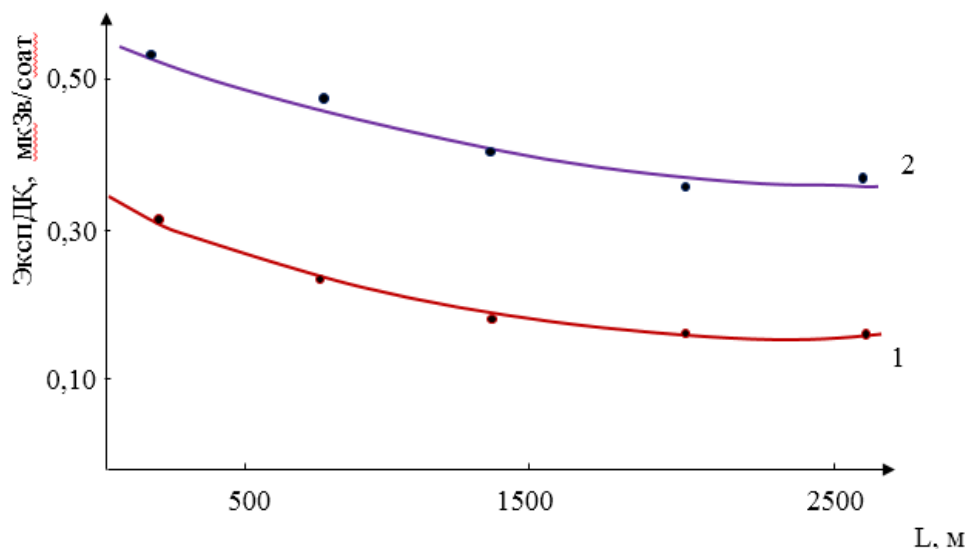


1- ЭкспДҚ нинг урани қайта ишлаш заводидаги натижалар, 2- ЭкспДҚ нинг техноген чиқиндихонадаги натижалар

### 1-расм. Гамма-нурланиш экспозицион доза қуввати қийматининг уран ишлаб чиқариш корхоналари фаолият юритадиган ҳудудларнинг ўлчаш нуқталари бўйича тақсимланиши

Уран ишлаб чиқариш корхоналари ва радиоактив моддалар чиқиндихоналаридан ташқари, ҳудудда балансдан ташқари уран отваллари ва урани ер остида танлаб эритиш участкалари мажуд. Ушбу объектларда аниқланган маълумотлар бўйича радиацион ҳолат янада мураккаброқ кўринади (2-расм). Бу жойларда радиацион фон нафақат гамма-нурланиш ЭкспДҚ қийматига боғлиқ, балки объектларнинг баландлигига ҳамда уларнинг географик жойлашувига ҳам боғлиқ. 2-расмдан кўринадики,

нурланиш ЭкспДҚ қийматлари уран отвалларида ва уранни ер остида танлаб эритиш участкаларида уран ишлаб чиқариш корхоналари ҳамда уран чиқиндихоналаридаги ҳолатдан фарқ қилади. Отвалларнинг баландлиги радиация таъсирини узоқ масофагача етиб боришига сабаб бўлади. Уранни ер остида танлаб эритиш участкаларида 2500 м масофада ЭкспДҚнинг қиймати 0,24мкЗв/соатни ташкил этса (2-расм, 1-чизик), уран отвалларида бу қиймат 0,43мкЗв/соат ни ташкил этади (2-расм, 2-чизик).



1- ЭкспДҚ нинг уранни ер ости танлаб эритиш майдонларидаги натижалар,  
2- ЭкспДҚ нинг уран отвалидаги натижалар

## 2-расм. Гамма-нурланиш экспозицион доза қуввати қийматининг уран ишлаб чиқариш корхоналари фаолият юритадиган ҳудудларнинг ўлчаш нуқталари бўйича тақсимланиши

Ушбу маълумотлар персонал ва аҳоли учун йиллик эффектив доза миқдорини ҳисоблашга ва гамма-нурланишнинг зарарли таъсиридан ҳимояланиш чора-тадбирларини ишлаб чиқишга имкон беради.

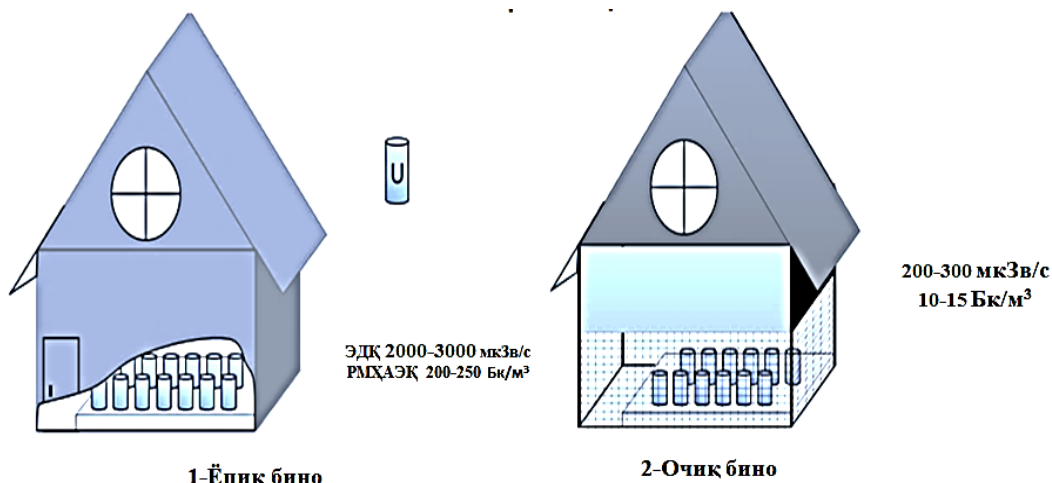
Уран ишлаб чиқариш корхоналари омборлари ҳавосида уран занжиридаги парчаланиш маҳсулотлари, жумладан, радон концентрацияси катта миқдорда йиғилиши аниқланди. Ёпиқ хоналарда  $^{222}\text{Rn}$  аэрозоллар катта концентрацияда бўлиши ўлчаб топилди. Ёпиқ ва ярим очик хоналарда ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, уран маҳсулотлари сақланадиган хоналар ёпилган вақтидан бошлаб очилгунигача ўтган вақт оралиғи қанча катта бўлса, ушбу хонада радоннинг миқдори шунча катта бўлар экан. Ушбу фактни ҳисобга олган ҳолда биз уран маҳсулотларини ярим ёпиладиган хоналарда сақлаш чора-тадбирларини ишлаб чиқдик. Ўтказилган тадқиқотлар натижасида ушбу аэрозолларни камайитиришга имкон берадиган контейнерларни жойлаштириш геометрияси асослаб берилди. 2-жадвалда ва 3-расмда тасвирланган 2 турдаги: ёпиқ ва ярим очик хоналарда уран маҳсулотларини сақлашдаги экспозицион доза қуввати ҳамда радоннинг

ЭМХА қийматларини вақт бўйича ўлчаш маълумотлари келтирилган. Ярим очик хоналар санитар меъёрлар талабига тўлиқ жавоб беради.

## 2-жадвал

### Уран тайёр маҳсулотларини сақлаш омборхоналаридаги ЭкспДҚ ва РЭМХА қийматлари

| № | Ёпиқ бинолардаги кўрсаткич | ЭкспДҚ (мкЗв/соат) | РЭМХА (Бк/м <sup>3</sup> ) | № | Ярим очик бинолардаги кўрсаткич | ЭкспДҚ (мкЗв/соат) | РЭМХА (Бк/м <sup>3</sup> ) |
|---|----------------------------|--------------------|----------------------------|---|---------------------------------|--------------------|----------------------------|
| 1 | 0                          | 2500-3000          | 200-300                    | 1 | 0                               | 200-300            | 10-15                      |
| 2 | 1 соатдан кейин            | 1500-2000          | 50-100                     | 2 | 1 соатдан кейин                 | 200-300            | 10-15                      |
| 3 | 2 соатдан кейин            | 500-1000           | 25-50                      | 3 | 2 соатдан кейин                 | 200-300            | 10-15                      |
| 4 | 3 соатдан кейин            | 200-500            | 10-15                      | 4 | 3 соатдан кейин                 | 200-300            | 10-15                      |



### 3-расм. Уран маҳсулотларини сақлашга мўлжалланган 1-ёпиқ ва 2-ярим очик турдаги хоналар

Олинган натижалар асосида ходимлар ва аҳоли учун йиллик техноген эффектив доза ҳисобланди. Юқоридаги ўлчовлардан ташқари, уран қазиб олувчи корхоналар фаолияти билан боғлиқ ва радиоэкологик барқарорлик ҳамда атроф-муҳит тозалигига сезиларли таъсир кўрсатадиган радиоэкологик омилларнинг миқдорини мунтазам равишда аниқлаш муҳим рол ўйнайди.

Диссертациянинг “Кон-металлургия корхоналари техноген таъсирида бўлган табиий ресурслар ва атроф-муҳит ҳолатининг экологик мониторинги” деб номланган учинчи бобида ҳудуднинг радиацион фони муҳитдаги табиий радионуклидлар миқдорини аниқлаш орқали баҳоланади. Радиация миқдорининг қиймати маълум бир объектнинг ифлосланиш даражасини кўрсатади.

Экологик объектлар ва уран ишлаб чиқариш техноген объектлари намуналарида уран <sup>238</sup>U табиий емирилиш занжири радионуклидлари бўлган,

$^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ва  $^{222}\text{Rn}$ , ҳамда  $^{40}\text{K}$  ва  $^{137}\text{Cs}$  миқдорини гамма-спектрометрик усулда ўлчаш учун шу табиий радионуклидлар чиқарадиган гамма-нурланишни қайд қилишга асосланган услубият қўлланилди. Экологик объектлар ва уран ишлаб чиқариш техноген объектларидан олинган намуналарни гамма-спектрометрик ўлчаш “PROGRESS-GAMMA” асбобида амалга оширилди. Олинган натижалар асосида ҳудудларнинг радиацион ҳолати реал баҳоланди ва уран ишлаб чиқариш корхонасининг ҳудуд радиацион ҳолатига таъсир катталиги экологик мониторинг қилинди. 3-жадвалда экологик объектлар ва уран ишлаб чиқариш техноген объектларидан олинган намуналарда аниқланган уран табиий емирилиш занжири радионуклидларини аниқлаш натижалари келтирилган.

**3-жадвал**

**Экологик объектлар ва уран ишлаб чиқариш техноген объектларидан олинган намуналарда аниқланган уран табиий емирилиш занжири радионуклидлари**

| T/r                                           | $\text{U} (^{238}\text{U}, ^{234}\text{U}),$<br>(Бк/кг) | $^{40}\text{K},$<br>(Бк/кг) | $^{226}\text{Ra},$<br>(Бк/кг) | $^{232}\text{Th},$<br>(Бк/кг) | Табиий<br>радионуклидларнинг<br>солиштира эффектив<br>активлиги қиймати –<br>$A_{\text{эфф}},$<br>(Бк/кг) | $^{137}\text{Cs},$<br>(Бк/кг) |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Экологик кузатув объектлари</b>            |                                                         |                             |                               |                               |                                                                                                           |                               |
| 1                                             | 25,7                                                    | 350                         | 25                            | 32                            | 98                                                                                                        | 10                            |
| 2                                             | 33,8                                                    | 410                         | 28                            | 41                            | 118                                                                                                       | 16                            |
| 3                                             | 42,1                                                    | 425                         | 30                            | 36                            | 115                                                                                                       | 15                            |
| 4                                             | 29,3                                                    | 540                         | 27                            | 28                            | 112                                                                                                       | 13                            |
| 5                                             | 47,9                                                    | 498                         | 35                            | 43                            | 136                                                                                                       | 19                            |
| 6                                             | 37,5                                                    | 395                         | 29                            | 40                            | 117                                                                                                       | 16                            |
| 7                                             | 21,4                                                    | 420                         | 26                            | 37                            | 112                                                                                                       | 12                            |
| 8                                             | 23,2                                                    | 532                         | 24                            | 36                            | 119                                                                                                       | 18                            |
| 9                                             | 52,3                                                    | 598                         | 39                            | 46                            | 153                                                                                                       | 20                            |
| 10                                            | 39,0                                                    | 478                         | 31                            | 38                            | 123                                                                                                       | 19                            |
| <b>Уран ишлаб чиқариш техноген объектлари</b> |                                                         |                             |                               |                               |                                                                                                           |                               |
| 11                                            | 77,5                                                    | 962                         | 647                           | 198                           | 991                                                                                                       | 48                            |
| 12                                            | 82,4                                                    | 1056                        | 852                           | 210                           | 1220                                                                                                      | 52                            |
| 13                                            | 93,2                                                    | 1200                        | 983                           | 264                           | 1434                                                                                                      | 56                            |
| 14                                            | 61,3                                                    | 859                         | 556                           | 136                           | 810                                                                                                       | 36                            |
| 15                                            | 59,8                                                    | 830                         | 602                           | 153                           | 876                                                                                                       | 39                            |

Олинган натижалар асосида уран ишлаб чиқариш корхоналарининг ҳудуд радиоэкологик ҳолатига таъсирининг катталиклари Ўзбекистон Республикасида ўрнатилган СанМ ва Қ № 0193-06 санитар меъёрлари ва қоидаларига мос келиши аниқланди.

4-жадвалда келтирилган маълумотлардан кўриниб турибдики, радиация билан ифлосланган саноат корхоналарида ишлайдиган ходимлар учун олинган

йиллик эффектив дозалар белгиланган меъёр – 20 мЗв/йилдан ошмайди, аҳоли пунктларидаги йиллик эффектив дозалар эса белгиланган меъёр – 1 мЗв/йил дан ошмайди.

#### 4-жадвал

#### Саноат объектлари ва аҳоли пунктларидаги кузатув нукталарида дозиметрик ўлчашлар натижалари

| Худудлар<br>номи | Намуна<br>олиш сони,<br>дона | ЭДҚ,<br>мЗв/йил    |      | УЯАН<br>мБк/мЗ |      | РМҲА<br>Бк/мЗ |      | Йиллик<br>эффектив доза,<br>мЗв/йил |
|------------------|------------------------------|--------------------|------|----------------|------|---------------|------|-------------------------------------|
|                  |                              | Қийматлар чегараси |      |                |      |               |      |                                     |
|                  |                              | мин                | мак  | мин            | мак  | мин           | мак  |                                     |
| Нуробод          | 17*                          | 1,9                | 6,7  | 2,2            | 3,8  | 1,2           | 15   | 1,7-8,5                             |
|                  | 22**                         | 0,15               | 0,19 | 0,18           | 0,53 | 0,14          | 0,28 | 0,16-0,33                           |
| Кетменчи         | 19*                          | 1,8                | 6,4  | 2,1            | 2,8  | 4             | 18   | 2,63-9,07                           |
|                  | 28**                         | 0,13               | 0,18 | 0,15           | 0,4  | 0,2           | 0,5  | 0,16-0,36                           |
| Зафаробод        | 11*                          | 1,6                | 3,6  | 1,2            | 2,4  | 4             | 14   | 1,3-5,36                            |
|                  | 20**                         | 0,12               | 0,17 | 0,14           | 0,4  | 0,3           | 0,7  | 0,24-0,53                           |
| Шеробод          | 12*                          | 1,8                | 6,3  | 3,2            | 4,4  | 4.0           | 23   | 1,43-6,34                           |
|                  | 23**                         | 0,11               | 0,15 | 0,16           | 0,7  | 0,3           | 0,6  | 0,33-0,69                           |
| Учкудук          | 18*                          | 1,6                | 5,6  | 2,2            | 3,7  | 5             | 23   | 1,42-6,31                           |
|                  | 26**                         | 0,12               | 0,19 | 0,17           | 0,6  | 0,3           | 0,6  | 0,21-0,58                           |

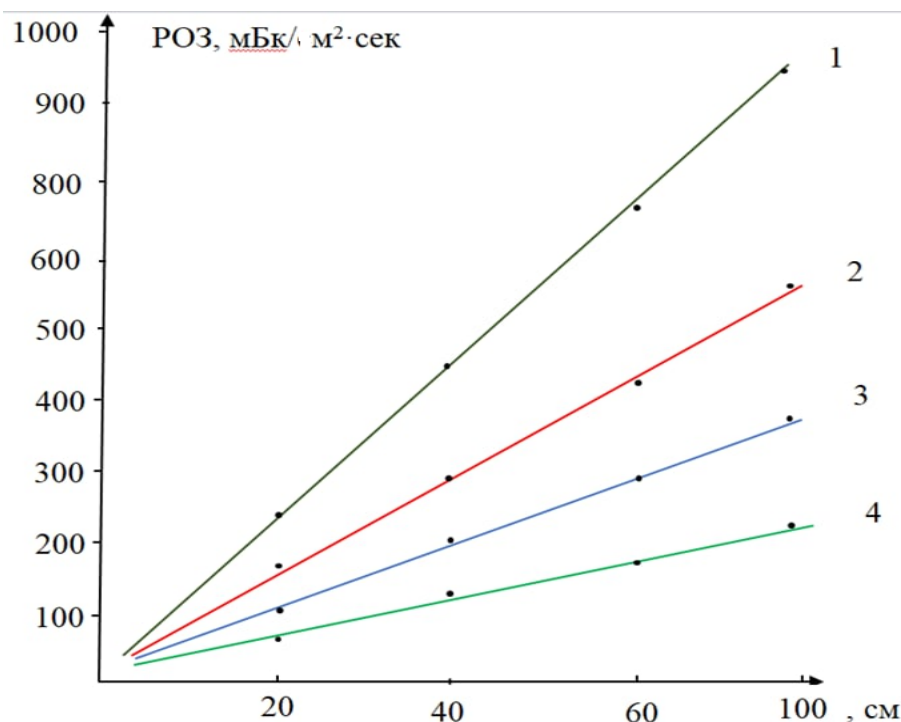
Изоҳ:\* Саноат объектларидаги намуна олиш нукталари, \*\* аҳоли турар-жойларида намуна олиш нукталари.

Диссертациянинг “Ишлаб чиқариш ҳудудлари атрофида радон изотопини тадқиқ қилиш ва радон эксхалацияси хусусиятларини баҳолаш” деб номланган тўртинчи бобида ер ости сувлари Навоий вилоятида сув заҳираларининг сезиларли қисмини ташкил этишини инобатга олиб, уларга техноген объектларнинг таъсир даражасини экологик мониторингини ўтказиш мақсадида ҳудудларнинг турли хил ер ости сувларида радоннинг сақланиш хусусиятларини ўрганиш бўйича тадқиқот натижалари келтирилган. Ўрганиш объекти сифатида радоннинг сувдаги ҳажмий активлиги қийматлари ва радон эксхалацияси кўрсаткичлари танланди. Уран ишлаб чиқариш объектларида – уран чиқиндихоналари ва уранни ер остида танлаб эритиш участкаларида ЭДҚдан ташқари радон оқимининг зичлигини аниқлаш ишлари амалга оширилди.

Ўлчаш натижалари асосида қазилган турли хил табиий ва уранли объектларда радон оқими зичлиги қийматининг чуқурча чуқурлигига боғлиқлик графиги чизилди (4-расм).

Техноген ҳудудлардан олинган намуналарда уран микдори рентгенофлуоресцент усулда ва радий микдори гамма-спектрометрик усулда аниқланди. Уран отвалларидан, чиқиндихоналардан, уранни ер остида танлаб

эритиш участкаларидан ва табиий тупроқдан олинган намуналарда радон оқими зичлиги чуқурча чуқурлигига тўғри пропорционал равишда боғлиқ бўлса, радон оқими зичлигининг ўзгариши намуналардаги уран ва радий миқдorigа боғлиқлиги аниқланди.



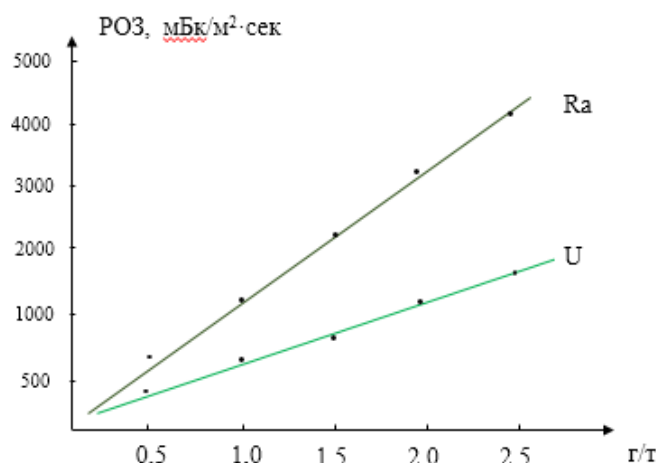
1- уран отвалларида аниқланган; 2- уран чиқиндилари сақланадиган чиқиндихоналарда аниқланган; 3- уранни ер остида танлаб эритиш участкаларида аниқланган; 4- табиий тупроқда аниқланган

#### 4-расм. Радон оқими зичлиги қийматининг чуқурча чуқурлигига боғлиқлиги

Ушбу тўрт хил техноген объектлар намуналаридаги энг кичик боғланиш 4-чизиқ, яъни табиий тупроқ намунасида эканлиги кўринади. Бунинг сабаби ушбу намуналарда уран ва радий миқдори бошқа намуналарга нисбатан камроқ эканлиги билан изоҳланади. Энг кучли боғланиш 1-чизиқ, яъни уран отваллари намуналарида кузатилади, сабаби бу намуналарда уран ва радий миқдори бошқа намуналарга нисбатан кўпроқ.

Олинган натижалар асосида радон оқими зичлигининг қаттиқ намуналардаги уран ва радий миқдорларига боғлиқлиги тадқиқ этилди ҳамда ушбу боғланиш графиги 5-расмда келтирилган.

Уран ишлаб чиқариш техноген объектлари ер ости сувларида уларга техноген объектларнинг таъсир даражасини экологик мониторингини ўтказиш мақсадида ҳудудларнинг турли хил ер ости сувларида радоннинг она ядро радийга боғлиқлик муносабати бўйича бир қанча сув таркибидаги радон ва радийни миқдорлари ўрганиб чиқилди, таҳлил натижалари шуни кўрсатдики, радон  $^{222}\text{Rn}$  изотопининг миқдори она ядро радий  $^{226}\text{Ra}$  изотопи миқдorigа ҳар доим боғлиқ бўлмаслиги аниқланди.



**5-расм. Радон оқими зичлигининг намуналардаги уран ва радий миқдорларига боғлиқлиги**

Ўрганиш объекти сифатида ер ости сувлари намуналаридаги радон  $^{222}\text{Rn}$  изотопининг миқдори ва радий  $^{226}\text{Ra}$  изотопи миқдори, уларнинг сувдаги ҳажмий активлиги қийматларини кўрсаткичлари танланди. 5-жадвалда Навоий КМК уран ишлаб чиқариш ҳудудлари ер ости сувларида ҳосилавий  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди миқдори ва она ядро  $^{226}\text{Ra}$  радионуклиди миқдори ўзаро боғлиқ эмаслигини кўрсатувчи ўлчаш ишлари маълумотлари келтирилган.

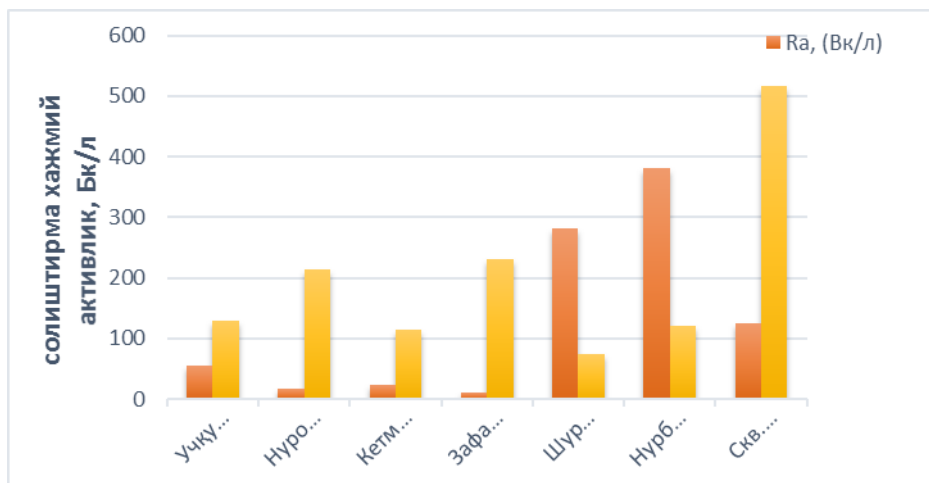
**5-жадвал**

**Уран ишлаб чиқариш ҳудудлари ер ости сувларида ҳосилавий  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди ва она ядро  $^{226}\text{Ra}$  радионуклиди миқдорлари**

| Намуна т/р | Намуна олиш ҳудудлари | $^{226}\text{Ra}$ ,<br>(Бк/л) | $^{222}\text{Rn}$ ,<br>(Бк/л) |
|------------|-----------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1          | Учқудуқ               | 55                            | 130                           |
| 2          | Нуробод               | 16                            | 213                           |
| 3          | Кетменчи              | 23                            | 115                           |
| 4          | Зафаробод             | 11                            | 230                           |
| 5          | Шуробод               | 282                           | 74                            |
| 6          | Нурбулок              | 381                           | 120                           |
| 7          | Скв. №9               | 124                           | 516                           |

Ер ости сувлари ернинг капилляр тирқишлари орқали чиқиб келадиган радон билан тўйинади. Ер ости сувлари ер юзасига чиққач атмосфера ҳавоси билан контактга кириши натижасида сувда эриган радоннинг дегазацияси, яъни ҳавога учиб кетиши содир бўлади. Радон ҳар доим зичлиги катта бўлган муҳитдан зичлиги кичик бўлган муҳитга ўтади. Бу ерда асосий фактор радонли сувнинг атмосфера ҳавоси билан контакт вақти ҳисобланади. Тажрибаларда бу ҳудудларнинг ер ости сувларида радоннинг ҳажмий активлиги она ядро – радий концентрациясига боғлиқ эмаслиги кузатилди.

НКМКнинг уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудларидаги 7 та кузатув нуқталарида ер ости сувларида радоннинг ҳажмий активлиги она ядро – радий концентрациясига боғлиқ эмаслиги кузатилган ҳудудлардан аниқланган натижалари 5-жадвалда ва 6-расмда келтирилган.



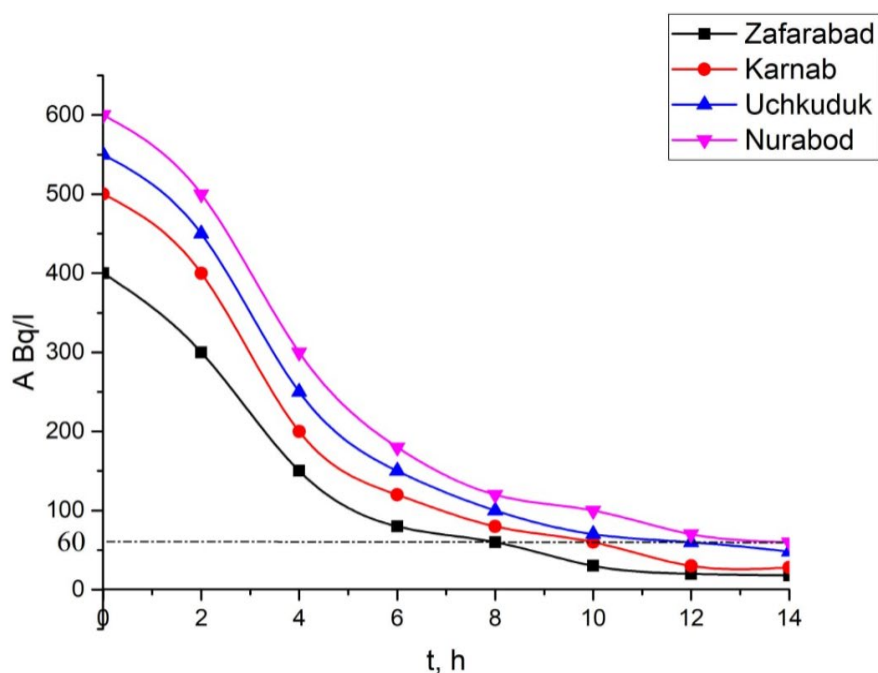
**6-расм. Уран ишлаб чиқариш ҳудудлари ер ости сувларида ҳосилавий  $^{222}\text{Rn}$  ва она ядро  $^{226}\text{Ra}$  радионуклидлари миқдорлари**

НКМКнинг уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудларидаги 4 та кузатув нуқталарида ер ости сувларидаги радон дегазацияси вақтини аниқлаш натижалари 6-жадвалда ва 7-расмда келтирилган.

**6-жадвал**

**Уран ишлаб чиқариш ҳудудлари ер ости сувларидаги  $^{222}\text{Rn}$  газининг дегазация вақтини экспериментал аниқланган натижалари**

| Ўлчаш вақтлари, соат | Ҳудудлар номи |          |         |         |
|----------------------|---------------|----------|---------|---------|
|                      | Зафаробод     | Кетменчи | Учқудук | Нуробод |
| 0                    | 400           | 500      | 550     | 600     |
| 2                    | 300           | 400      | 450     | 500     |
| 4                    | 150           | 200      | 250     | 300     |
| 6                    | 80            | 120      | 150     | 180     |
| 8                    | 50            | 80       | 100     | 120     |
| 10                   | 30            | 50       | 70      | 100     |
| 12                   | 20            | 30       | 50      | 70      |
| 14                   | 18            | 28       | 48      | 65      |



**7-расм. Техноген ҳудудлардаги ер ости сувларидан олинган намуналарда  $^{222}\text{Rn}$  дегазация жараёни**

Олинган натижалардан кўриндики, радоннинг ҳажмий активлиги миқдори бўйича ер ости суви истеъмол қилиш меъёрига келиши учун, яъни белгиланган қиймат 60 Бк/л га келиши учун ўртача 8-14 соат оралиғида вақт кетар экан. Ҳар бир техноген ҳудуднинг уран маъданлари бўйича концентрацияси кўрсаткичига боғлиқ равишда ҳар бир сув дегазациясининг оптимал вақти ҳар хил эканлиги тажрибада аниқланди.

Зафаробод ҳудудидаги ер ости сувларининг меъёргача келишига кетадиган дегазация вақти 8 соатни ташкил этган бўлса, Нуробод ҳудудидаги ер ости сувларида дегазация вақти 14 соатни ташкил этган. Барча ҳудудлар учун оптимал дегазация вақтлари тажрибада аниқланган ва сув танқис чўл ҳудудлари учун ер ости сувларидан хавфсиз фойдаланишга тавсиялар ишлаб чиқилган.

## ХУЛОСА

“Уран ишлаб чиқариш техноген объектларининг экологик мониторинги” мавзусидаги фалсафа доктори (PhD) диссертация ишининг натижалари асосида қуйидаги хулосалар келтирилади:

1. Радиоактив уран чиқиндилар омборхонаси тупроқларидан, уран отвалларидан ва уранни ер остида танлаб эритиш майдонлари тупроқларидан олинган намуналардаги уран парчаланиш занжири радионуклидларининг: ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ) локал тарқалиш концентрациялари аниқланди ва шу объектлардаги идентификацияланган радионуклидларнинг маълумотлар базаси яратилди.

2. Уран маъданли ҳудудларнинг ер ости сувларида  $^{222}\text{Rn}$  радионуклиди миқдорининг она ядро  $^{226}\text{Ra}$  миқдорига боғланиш қонунияти экспериментал тадқиқ этилди ва улар фақат уран ишлаб чиқариш техноген ҳудудларидаги ер ости сувларида ўзаро боғлиқ эмаслиги тажрибада аниқланди.

3. Навоий кон-металлургия комбинатининг уран маъданли ҳудудлари ва уран чиқиндилари омбори атрофидаги кузатув қудуқларидан олинган ҳар хил кимёвий таркибли ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}^-$  бўйича) ер ости сувларидаги  $^{222}\text{Rn}$  радионуклидининг табиий шароитдаги дегазация вақтининг оптимал қийматлари тажриба йўли билан аниқланди ва сув танқис чўл ҳудудларида юқори радиация кўрсаткичига эга бўлган ер ости сувларидан фойдаланиш имконияти асослаб берилди.

4. Навоий кон-металлургия комбинатида ишлаб чиқарилган уран маҳсулотлари (уран оксиди-қўш оксиди, уран химконцентрати, технологик эритмалар)ни сақлаш жойлари атмосфера ҳавосида  $^{222}\text{Rn}$  гази йиғилишининг ишчи-ҳодимларга салбий таъсирини камайтиришга имкон берувчи кўп марталик радиометрик ўлчашлар асосида радиация кўрсаткичлари баҳоланди. Омборхоналар ҳавосида  $^{222}\text{Rn}$  изотопи аралашган аэрозоллар тўпланишини олдини олиш учун самарали ёндашув тавсия этилди ва амалиётга жорий қилинди.

5. Уран ишлаб чиқариш техноген объектларида гамма-нурланишнинг экспозицион дозаси қуввати қийматларининг маҳаллий сирт тақсимооти параметрларини радиометрик усулда аниқланди. Ушбу объектлар учун гамма-нурланиши экспозицион дозаси қуввати қийматларининг маҳаллий сирт тақсимооти параметрларини ҳисоблаш бўйича ЭҲМ дастури ишлаб чиқилди ва ЎзР Интеллектуал мулк агентлиги гувоҳномаси олинди.

6. Радиоактив уран чиқиндилар омборхонаси тупроқларидан, уран отвалларидан ва уранни ер остида танлаб эритиш майдонлари тупроқларидан олинган намуналарда радон оқими зичлиги қийматини  $^{226}\text{Ra}$  ва  $^{238}\text{U}$  изотоплари концентрацияларига боғлиқлиги қонуниятлари экспериментал ўрганилди ва янги маълумотлар олинди.



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

---

**ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ  
НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ЖУРАКУЛОВ АЛИШЕР РУСТАМОВИЧ**

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ  
УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики**

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

**Ташкент - 2022**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за номером B2020.2.PhD/T1500**

Диссертация выполнена в Институте ядерной физики Академии наук Республики Узбекистан и Навоийском государственном горном институте.

Аннотация диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.inp.uz](http://www.inp.uz)) и Информационно-образовательном портале «Ziynet» ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Научный руководитель:**

**Курбанов Бахтияр Ибрагимович**

доктор технических наук, старший научный сотрудник

**Официальные оппоненты:**

**Раджапов Сали Аширович**

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник

**Ярматов Бахром Хайдарович**

PhD по техническим наукам, старший научный сотрудник

**Ведущая организация:**

**Самаркандский государственный университет**

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 года в \_\_\_ часов на заседании Научного совета DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 при Институте ядерной физики (Адрес: 100214, г. Ташкент, пос. Улугбек, ИЯФ. Тел.: (+99871) 289-31-41; факс: (+99871)289-36-65; e-mail: [info@inp.uz](mailto:info@inp.uz)).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Института ядерной физики (регистрирована за № \_\_\_\_\_). Адрес: 100214, г.Ташкент, поселок Улугбек, ИЯФ АН РУз. Тел. (+99871) 289-31-19).

Аннотация диссертации разослана «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 г.  
(протокол рассылки № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 г.).

**М. Ю. Ташметов**

Председатель Научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.ф.-м.н., профессор

**О. Тожибоев**

Ученый секретарь Научного совета по присуждению  
ученых степеней, PhD физ.-мат. наук,  
старший научный сотрудник

**Э.М. Турсунов**

Председатель научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученых степеней,  
д.ф.-м.н., профессор

## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире в настоящее время изучение экологической обстановки на объектах техногенного производства урана и населенных пунктах вокруг этих объектов является одним из актуальных и востребованных направлений науки и техники, так как данные производства всегда связаны с опасностью для окружающей среды. В горно-металлургической промышленности обычно выбираются технологии, наносящие наименьший экологический и техногенный ущерб окружающей среде. Однако добыча и переработка урана оказывают техногенное воздействие на окружающую среду в виде радиации из-за наличия радиоактивных изотопов в рудах урана, тория и продуктах их расщепления.

В мире значительное увеличение добычи золота и урана из года в год ставит перед производителями задачи разработки эффективных, экономичных и экологически чистых технологий добычи полезных металлов, обеспечения экологического контроля в промышленных зонах и на техногенных объектах. В связи с этим усовершенствования существующих экспрессных, оперативных и информационных методов для мониторинга экологической обстановки, снижения затрат на производство, а также повышения уровня добычи, рационального использования сырья уран - золотодобывающих предприятий и снижения техногенного воздействия на окружающую среду является актуальной задачей прикладной физики, ядерных технологий и радиационной экологии.

В Узбекистане в связи с ростом мирового спроса на уран в последние годы объемы добычи и переработки урана значительно увеличились, что логически может привести к увеличению радиационного воздействия на окружающую среду и радиационного фона в населенных пунктах вокруг техногенных объектов. За годы независимости большое внимание было уделено развитию экспериментальных исследований по экологическому контролю в горнодобывающей и металлургической промышленности, что внесло важный вклад в обеспечение экологической устойчивости страны. На фоне увеличения объемов добычи полезных ископаемых, снижения себестоимости готовой продукции и увеличения годового производства экспортируемой продукции принят ряд специальных программ по обеспечению экологически чистого производства. Стратегия<sup>2</sup> действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан ставит задачи по реализации программы развития и внедрения процессов добычи золота и урана и методов управления их техногенным вкладом в экосистему.

Данная научно-исследовательская работа соответствует задачам, утвержденным в государственных нормативных документах, Указах и Постановлениях Правительства Республики Узбекистан, Постановлениях Президента Республики Узбекистан от 15 декабря 2010 года № ПП-1442 «О

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-4947 “О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан” от 07 февраля 2017 г.

приоритетных направлениях развития промышленности Республики Узбекистан в 2011-2015 гг.», № ПП-4707 от 4 марта 2015 года «О программе мероприятий по обеспечению реструктуризации, модернизации и диверсификации производства на 2015-2019 годы» и № ПП-4947 от 7 февраля 2017 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан».

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики.** Диссертационное исследование выполнено в соответствии с приоритетными направлениями развития науки и технологий в республике II. «Энергетика, энерго-ресурсосбережение и возобновляемые источники энергии» и VII. «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка полезных ископаемых)».

**Степень изученности проблемы.** Исследования по разработке ядерно-физических методов контроля влияния техногенного воздействия уранового производства на экосистему проводятся многими ведущими учеными мира, в том числе: европейскими (Badawy W.M., Mamikhin S.V., Mccluney W.R., Campos M.J., Penna E., Trindade H., Sachett I.), российскими (Бахур А.Е., Мануилова Л.И., Бекман И.Н., Щербакова Л.М., Спирин Е.В., Маслов А.А., Пивоваров Ю.П., Соловьев Г.С., Сапригин А.В., Рачкова Н.Г., Таскаев А.И., Сахаров Б.К.) и другими специалистами. Однако все эти работы посвящены разработке различных методов, изучению разнообразных промышленных продуктов, других горно-металлургических и экологических объектов, которые отличаются своим химическим составом и структурой от изучаемых нами объектов.

Узбекистанскими учеными (Кулматов Р.А., Муминов Т.М., Кист А.А., Арипов Г.А., Мухамедов С.М., Саттаров Г.С., Васидов А., Бакиев С.А., Курбанов Б.И. и др.) разработаны ядерно-физические и другие методы аналитического контроля макро- и микроэлементов в продукции горно-металлургической отрасли, в частности при добыче золота и урана. Определенные результаты были достигнуты по применению методов ядерной физики для управления экосистемами. В этих разработках были изучены механизмы радиоактивного дисбаланса между  $^{238}\text{U}/^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}/^{234}\text{U}$ , увеличения количества  $^{234}\text{U}$  в оксидном продукте урана, нарушения радиоактивного баланса между изотопами урана.

Несмотря на это, исследования и данные о радиационной обстановке в техногенных районах Узбекистана, включая урановые хвостохранилища, урановые отвалы, а также локальное распределение значений радиации на территориях этих объектов, по контролю качества подземных вод в техногенных районах, экологическому воздействию техногенных территорий на окружающую среду и населенные пункты в научной литературе практически отсутствуют.

**Связь темы диссертации с планами научно-исследовательских работ научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках научно-исследовательских проектов Института ядерной физики АН РУз по теме: №

А-13.113 «Разработка методов мониторинга процессов получения рения, золота и других драгоценных металлов» (2006-2008) и Навоийского государственного горного института ГНТИ-7 - №3.8.3 «Исследование природных и техногенных условий Навоийской области, и разработка интерактивных методов преподавания студентов естественных специальностей» (2009-2011).

**Целью исследования** является оценка масштабов воздействия радиационных факторов при добыче и переработке урана, и разработка способов снижения их негативного воздействия.

**Задачи исследования:**

радиометрические исследования объектов уранового производства, определение значений мощности экспозиционной дозы (МЭкспД) гамма-излучения в локальных зонах техногенных объектов;

исследование закономерности распределения концентрации природных радионуклидов и геохимического перемещения в подземных водах урановых месторождений;

разработка мероприятий по снижению радиационного воздействия техногенных урановых объектов на окружающую среду;

оценка масштабов техногенного воздействия уранодобывающей промышленности на окружающую среду методом нейтронно-активационного анализа.

**Объектом исследования** являются урансодержащие образцы, химические концентраты и оксиды урана, технологические растворы, промышленные сточные воды, промышленные твердые отходы, забалансовые руды и образцы экосистемы, которые были под воздействием процессов производства урана (вода, почва, воздух).

**Предметом исследования** являются экологический мониторинг территории уранодобывающих предприятий и населенных пунктов, прилегающих к этим территориям, радиоэкологическая безопасность при производстве урана и радиоэкологические аспекты технологических процессов.

**Методы исследования:** инструментальный метод нейтронно-активационного анализа, метод рентгенофлуоресценции, метод радиометрии, альфа - и гамма-спектрометрия, а также метод корреляционного анализа математической статистики с использованием современных компьютерных технологий.

**Научная новизна исследования** заключается в следующем:

определены локальные концентрации распространения природных радионуклидов  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  в образцах урановых руд, почвах урановых хвостохранилищ и участков подземного выщелачивания урана Навоийского горно-металлургического комбината и для данных техногенных территорий установлены удельные активности по  $^{238}\text{U}$  от 59,8 до 93,2 Бк/кг, по  $^{232}\text{Th}$  от 136 до 264 Бк/кг, по  $^{226}\text{Ra}$  от 556 до 983 Бк/кг, по  $^{40}\text{K}$  от 830 до 1200 Бк/кг;

разработана программа для оперативного расчета параметров локально-поверхностного распределения значений мощности экспозиционной дозы гамма-излучений и впервые с её помощью определены значения экспозиционной дозы в наблюдательных пунктах техногенных территорий: в Учкудуке -0.43 мкЗв/час, Зафарабаде-0.24мкЗв/час, г.Навои (ГМЗ-1) – 0.16 мкЗв/час;

впервые найдены техногенные территории, где нарушается линейная зависимость объемной активности дочернего радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  и материнского ядра  $^{226}\text{Ra}$  в подземных водах на территориях уранового производства, и экспериментально найдены числовые значения объемной активности этих радионуклидов: Учкудук-  $^{226}\text{Ra}$ -55 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -213 Бк/л, Нурбулок-  $^{226}\text{Ra}$ -16 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -130 Бк/л, Карнаб-  $^{226}\text{Ra}$ -23 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -115 Бк/л, Зафаробод-  $^{226}\text{Ra}$ -11 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -230 Бк/л, Шуробод-  $^{226}\text{Ra}$ -282 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -74 Бк/л, Нуробод-  $^{226}\text{Ra}$ -381 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -120 Бк/л, №9- Жанубий кудук-  $^{226}\text{Ra}$ -124 Бк/л,  $^{222}\text{Rn}$ -516 Бк/л;

впервые экспериментально определены оптимальные значения времени дегазации  $^{222}\text{Rn}$  для подземных вод со сложным химическим составом до допустимой санитарной нормы 60 Бк/л на техногенных территориях уранового производства НГМК, в пределах от 8 часов до 14 часов;

впервые обоснована необходимость размещения контейнеров готовых продуктов урана, производимых в НГМК, на складах таким образом, чтобы мощность экспозиционной дозы от накопления аэрозолей радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе складских помещений уменьшалась от 3000 мкЗв/час до 300 мкЗв/час и удельная равновесная активность радона уменьшалась от 250 Бк/м<sup>3</sup> до 15 Бк/м<sup>3</sup>, для чего расстояние между контейнерами должно быть не менее 15 см и высота размещения от пола - не менее 1 метра.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

оценены радиоактивные факторы, влияющие на окружающую среду при добыче урана и даны практические рекомендации по минимизации техногенного воздействия этих процессов на окружающую среду;

определены масштабы радиационного загрязнения на предприятиях по добыче урана и распределение радионуклидов в промышленных сточных водах и грунтовых водах для прогнозирования будущего антропогенного воздействия этих количеств на окружающую среду.

**Достоверность результатов научных исследований.** Достоверность результатов исследования подтверждена использованием современных методов и высокочувствительных измерительных приборов, прошедших госповерку, сравнительным анализом разработанных методик с данными международных стандартных образцов, параллельным анализом и сравнением с данными, полученными от разных исследователей и лабораторий.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования заключается в оценке радиационных факторов влияния на окружающую среду вредных

радиоактивных веществ техногенных районов добычи урана, выявлении механизмов и форм загрязнения окружающей территории техногенными элементами, а также получении новых данных на основе проведения экологического мониторинга территорий уранового производства. Практическая значимость результатов исследований заключается в определении состава природных и техногенных радионуклидов и ряда элементов в естественных условиях непосредственной добычи и переработки урана, в определении формы и условий миграции радионуклидов в сточных и грунтовых водах их использование.

**Внедрение результатов исследований.** На основе полученных результатов по экологическому мониторингу техногенных объектов уранового производства:

определенные локальные концентрации распространения природных радионуклидов в пробах урановых руд, почвах урановых хвостохранилищ и участков подземного выщелачивания урана Навоийского горно-металлургического комбината использованы в Центральной научно-исследовательской лаборатории НГМК (Письмо Навоийского ГМК № 23-01-01-07/326 от 24 апреля 2022 года). Использование результатов позволило создать базу данных идентифицированных радионуклидов на этих объектах;

разработанная программа для расчета значений параметров локально-поверхностного распределения значений мощности экспозиционной дозы гамма-излучений зарегистрирована в Агентстве по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан (Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан № DGU 09817 от 23.12.2020г.). Использование данной разработки позволило определить параметры локального распределения значений мощности экспозиционной дозы гамма-излучения в урановых отвалах, хвостохранилище ГМЗ-1 и на участках подземного выщелачивания урана;

закономерности связи радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  и материнского ядра  $^{226}\text{Ra}$ , оптимальные значения времени дегазации радона в подземных водах на техногенных территориях уранового производства НГМК и разработанные рекомендации по безопасному использованию подземных вод с высокими радиационными показателями в вододефицитных пустынных зонах использованы в Центральной научно-исследовательской лаборатории НГМК (Письмо Навоийского ГМК № 23-01-01-07/326 от 24 апреля 2022 года). Использование результатов позволило обосновать безопасное использование подземных вод в вододефицитных пустынных зонах Навоийской области;

оцененный уровень накопления радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе складских помещений и определенная эффективная геометрия размещения контейнеров готовой урановой продукции для предотвращения накопления  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе помещений складов использованы на Навоийском ГМК (Письмо Навоийского ГМК № 23-01-01-07/326 от 24 апреля 2022 года). Использование результатов уменьшить мощность экспозиционной дозы радионуклидных аэрозолей в складах готовой урановой продукции.

**Апробация результатов исследования.** Основные результаты диссертации обсуждены на 16 международных и республиканских конференциях.

**Публикация результатов исследования.** По теме диссертации опубликованы 23 научные работы, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов докторских диссертаций, из них 1 статья в зарубежном научном журнале, получено 1 свидетельство на программный продукт Агентства интеллектуальной собственности РУз.

**Структура и объем диссертации:** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, список публикаций, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации 126 страниц.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ**

**Во введении** обоснованы актуальность и востребованность темы диссертации, отражены цели и задачи, указаны объект, предмет и методы исследования, соответствие исследований приоритетным направлениям развития науки и технологий в Республике Узбекистан, раскрыта научная новизна и практическая значимость результатов работы, обоснована достоверность полученных результатов, приведены сведения об апробации работы и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современные методы экологического мониторинга техногенных объектов горно-металлургических предприятий**» рассмотрены общая классификация и состояние методов аналитического, радиохимического, ядерно-химического и радиоэкологического анализа факторов радиационного загрязнения и величины их техногенного воздействия на экосистему.

Подробно описаны теоретические основы метода радиометрического анализа, этапы проведения  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$  - спектрометрического анализа, преимущества и недостатки различных химических, физико-химических и ядерно-физических методов. На основании данных, представленных в литературе, оценена степень применения различных методов химического, радиохимического и ядерно-физического анализа.

Во второй главе диссертации «**Исследование распределения естественных радионуклидов в окрестностях техногенных объектов уранового производства**» приводятся результаты исследования по радиоэкологическому контролю производственных объектов Навоийского горно-металлургического комбината. Лабораторные исследования проведены в специальных лабораториях, аккредитованных Агентством «Узстандарт» на техническую компетентность. При отборе проб почвы эквивалентная доза естественных и техногенных радионуклидов в почве из района добычи урана была измерена на глубине 0,5 м. Результаты измерения активности естественных радионуклидов в пробах почв, отобранных с территории

различных городов (Навои, Зафарабад, Учкудук), где работают уранодобывающие предприятия, представлены в таблице 1.

**Таблица 1**

**Результаты определения удельной активности и эффективной удельной активности природных радионуклидов в пробах почвы**

| №<br>п/п | Удельная активность в почве, Бк/кг |           |           |                  | Удельная альфа-активность<br>в почве, Бк/кг |
|----------|------------------------------------|-----------|-----------|------------------|---------------------------------------------|
|          | Калий-40                           | Радий-226 | Торий-232 | A <sub>эфф</sub> |                                             |
| 1        | 1223                               | 321       | 33        | 372              | 1210                                        |
| 3        | 1096                               | 99        | 15        | 217              | 1100                                        |
| 4        | 861                                | 245       | 22        | 351              | 987                                         |
| 5        | 761                                | 339       | 21        | 435              | 918                                         |
| 6        | 864                                | 473       | 17        | 573              | 899                                         |
| 7        | 872                                | 369       | 31        | 401              | 987                                         |
| 8        | 902                                | 215       | 13        | 313              | 972                                         |
| 9        | 1003                               | 166       | 17        | 279              | 765                                         |
| 10       | 1382                               | 465       | 39        | 640              | 1400                                        |
| 11       | 1386                               | 57        | 30        | 221              | 811                                         |
| 12       | 1252                               | 36        | 29        | 187              | 565                                         |

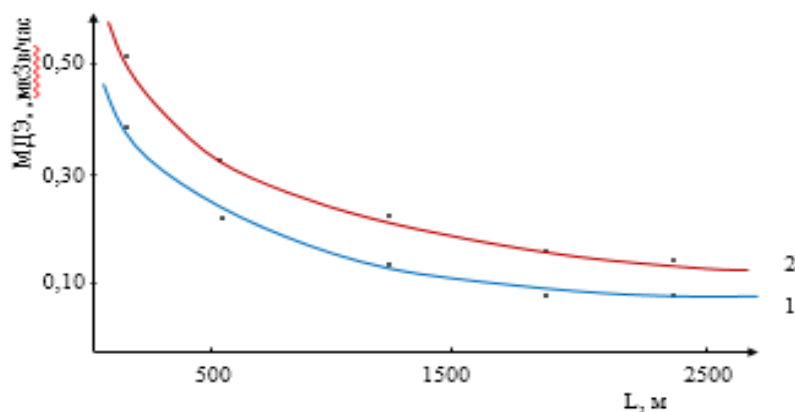
Регулярный анализ общей радиоактивности альфа-излучения почвы позволяет определить антропогенное воздействие уранодобывающих производств на окружающую среду. Из полученных результатов (см.табл.1) видно, что значения радиоактивности для  $^{40}\text{K}$  находятся в диапазоне 761-1386 Бк/кг, значения для  $^{232}\text{Th}$  - в диапазоне 13-33 Бк/кг, и значения для  $^{226}\text{Ra}$  - 36-476 Бк/кг. Эффективная активность в этих образцах почвы находится в диапазоне 187–640 Бк/кг. Суммарное значение активности альфа-излучения 576 - 1400 Бк/кг.

Концентрации U, Ra, Po, Th в питьевых, сточных и подземных водах изучали и определяли специальным методом Rn-эманации и общей альфа- и бета-активности с помощью прибора UMF-2000. Мощность дозы гамма-излучения радионуклидов в пробах воды измеряли непосредственно на разных расстояниях прибором ДКС-96, а значения плотности потока радона на разных глубинах урановых руд измеряли прибором «Альфарад». Для измерения активности радионуклидов  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  твердый измельченный образец помещали в сосуд Маринелли и уставляли на детектор. После измерения активности (30 минут) программа выводит на экран значение активности этих радионуклидов.

Кроме того, были измерены мощности дозы гамма-излучения на разных расстояниях более чем в 20 точках в районах, где расположены уранодобывающие предприятия, и изучено их влияние на радиационную обстановку. На рисунке 1 показан график распределения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения (МЭД) по расстоянию от источника излучения.

Из графики можно увидеть, что значение МЭД на расстояние 2500 м от предприятия уранового производства уменьшается до фонового значения (0,12 мкЗв/час). А на хвостохранилище радиоактивных веществ можно увидеть, что на расстояние 2500 м МЭД снижается до определенного значения (0,16 мкЗв/час), но не доходит до фонового значения.

Этот факт подтверждает, что влияние урановых хвостохранилищ на радиационный фон больше, чем самих уранодобывающих предприятий.



*1- мощность экспозиционной дозы на ураноперерабатывающих заводах, 2- мощность экспозиционной дозы на хвостохранилищах техногенных отходов*

**Рис.1. Распределение значений мощности экспозиционной дозы гамма излучения по замеренным точкам действующих уранодобывающих производств**

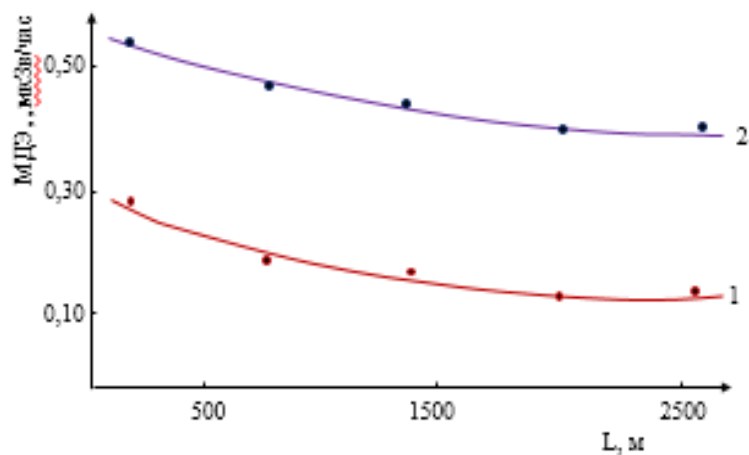
Помимо уранодобывающих предприятий и хвостохранилищ радиоактивных отходов в регионе есть забалансовые запасы урана и участки подземного выщелачивания урана. По данным, обнаруженным в этих объектах, радиационная ситуация кажется более сложной (рис. 2). Радиационный фон в этих районах зависит не только от величины МЭД гамма-излучения, но и от высоты отвалов забалансовых руд и участков подземного выщелачивания урана, а также от их географического расположения.

Из рис. 2 видно, что значения МЭД излучения отличаются от ситуации на урановых рудниках, урановых полигонах и на участках подземного выщелачивания урана. Высота отвалов является причиной распространения радиационного воздействия на большие расстояния. На расстоянии 2500 м в Участках подземного выщелачивания урана МЭД составляет 0,24 мкЗв/ч (рис.2, кривая 1), в урановых отвалах это значение МЭД составляет 0,43 мкЗв/ч (рис.2, кривая 2). Эти данные позволяют рассчитать годовую эффективную дозу и разработать меры защиты от вредного воздействия гамма-излучения для персонала и населения.

Выявлено, что в воздухе складских помещений уранового производства накапливается в большом количестве концентрация продуктов распада

урана, в частности, радона. В закрытых помещениях путём измерения найдено, что имеется высокая концентрация аэрозолей  $^{222}\text{Rn}$ .

Исследования радиационного фона в помещениях и на открытом воздухе показали, что чем больше времени проходит с момента закрытия хранилища урановой продукции до момента его открытия, тем больше в этом помещении накапливается объём радона.



*1- мощность экспозиционной дозы на территориях подземного выщелачивания урана, 2- мощность экспозиционной дозы на урановых отвалах*

**Рис.2. Распределение значений мощности экспозиционной дозы гамма излучения по замеренным точкам действующих уранодобывающих производств**

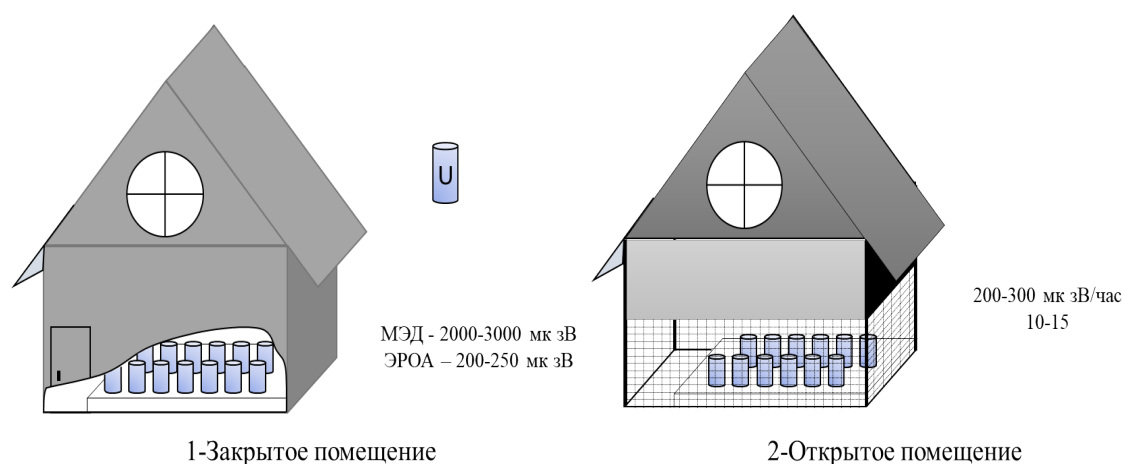
С учетом этого разработаны меры и предложен вариант по хранению урановой продукции в полужакрытых помещениях. Расчетным путём и экспериментально определяли оптимальные условия и геометрию складирования готовой продукции урана. В таблице 2 приводятся значения МЭД и эквивалентная равновесная объемная активность (ЭРОА) радона при хранении урана в закрытых и полуоткрытых помещениях. Полуоткрытые помещения типа 2 (см. рис. 3), полностью удовлетворяют требованиям к хранению урановой продукции.

По полученным результатам рассчитана годовая техногенная эффективная доза для персонала и населения. Помимо вышеуказанных измерений, важную роль играет регулярное определение радиационного фона, связанного с деятельностью уранодобывающих предприятий и оказывающего значительное влияние на радиоэкологическую стабильность и чистоту окружающей среды.

**Таблица 2**

**Значения МЭД и ЭРОА радона при хранении готовой продукции  
урана в складских помещениях**

| № | Показатели в закрытых помещениях | МЭД (мкЗв/час) | ЭРОА радона (Бк/м <sup>3</sup> ) | № | Показатели в полуоткрытых помещениях | МЭД (мкЗв/час) | ЭРОА радона (Бк/м <sup>3</sup> ) |
|---|----------------------------------|----------------|----------------------------------|---|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|
| 1 | 0                                | 2500-3000      | 200-300                          | 1 | 0                                    | 200-300        | 10-15                            |
| 2 | Через 1 час                      | 1500-2000      | 50-100                           | 2 | Через 1 час                          | 200-300        | 10-15                            |
| 3 | Через 2 часа                     | 500-1000       | 25-50                            | 3 | Через 2 часа                         | 200-300        | 10-15                            |
| 4 | Через 3 часа                     | 200-500        | 10-15                            | 4 | Через 3 часа                         | 200-300        | 10-15                            |



**Рис.3. Помещения закрытого и полуоткрытого типа для хранения урановой продукции**

В третьей главе диссертации «**Экологический мониторинг природных ресурсов и состояния окружающей среды, находящихся под влиянием техногенных воздействия горно-металлургических предприятий**» приводятся результаты оценки радиационного фона территории путем определения количества естественных радионуклидов в окружающей среде. Величина параметров радиации указывает на степень загрязнения конкретного объекта.

Гамма-спектрометрическим методом было измерено содержание  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{222}\text{Rn}$ , т.е. радионуклидов из цепочки естественного распада урана, а также  $^{40}\text{K}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в пробах почвы и в объектах производства урана. Гамма-спектрометрические измерения проб, отобранных с объектов природоохранного назначения и техногенных объектов добычи урана, выполнены на приборе «PROGRESS-GAMMA». На основании полученных результатов проведена реалистичная оценка радиационной обстановки в регионах и экологический мониторинг масштабов воздействия уранодобывающего предприятия на радиационную обстановку в регионе. В

таблице 3 представлены результаты обнаруженных радионуклидов из цепочки естественного распада урана в пробах, взятых с техногенных объектов по производству урана и близлежащих территорий.

**Таблица 3**

**Радионуклиды цепочки распада природного урана, обнаруженные в пробах, отобранных с экологических объектов и техногенных объектов уранового производства**

| №<br>пп                                           | U( <sup>238</sup> U, <sup>234</sup> U),<br>(Бк/кг) | <sup>40</sup> K,<br>(Бк/кг) | <sup>226</sup> Ra,<br>(Бк/кг) | <sup>232</sup> Th,<br>(Бк/кг) | Значения удельной<br>эффективной<br>активности<br>естественных<br>радионуклидов– <i>A<sub>эфф</sub></i> ,<br>(Бк/кг) | <sup>137</sup> Cs,<br>(Бк/кг) |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>Экологические объекты</b>                      |                                                    |                             |                               |                               |                                                                                                                      |                               |
| 1                                                 | 25,7                                               | 350                         | 25                            | 32                            | 98                                                                                                                   | 10                            |
| 2                                                 | 33,8                                               | 410                         | 28                            | 41                            | 118                                                                                                                  | 16                            |
| 3                                                 | 42,1                                               | 425                         | 30                            | 36                            | 115                                                                                                                  | 15                            |
| 4                                                 | 29,3                                               | 540                         | 27                            | 28                            | 112                                                                                                                  | 13                            |
| 5                                                 | 47,9                                               | 498                         | 35                            | 43                            | 136                                                                                                                  | 19                            |
| 6                                                 | 37,5                                               | 395                         | 29                            | 40                            | 117                                                                                                                  | 16                            |
| 7                                                 | 21,4                                               | 420                         | 26                            | 37                            | 112                                                                                                                  | 12                            |
| 8                                                 | 23,2                                               | 532                         | 24                            | 36                            | 119                                                                                                                  | 18                            |
| 9                                                 | 52,3                                               | 598                         | 39                            | 46                            | 153                                                                                                                  | 20                            |
| 10                                                | 39,0                                               | 478                         | 31                            | 38                            | 123                                                                                                                  | 19                            |
| <b>Техногенные объекты уранового производства</b> |                                                    |                             |                               |                               |                                                                                                                      |                               |
| 11                                                | 77,5                                               | 962                         | 647                           | 198                           | 991                                                                                                                  | 48                            |
| 12                                                | 82,4                                               | 1056                        | 852                           | 210                           | 1220                                                                                                                 | 52                            |
| 13                                                | 93,2                                               | 1200                        | 983                           | 264                           | 1434                                                                                                                 | 56                            |
| 14                                                | 61,3                                               | 859                         | 556                           | 136                           | 810                                                                                                                  | 36                            |
| 15                                                | 59,8                                               | 830                         | 602                           | 153                           | 876                                                                                                                  | 39                            |

На основании полученных результатов определено, что величина воздействия предприятий по добыче урана на радиоэкологическое состояние региона соответствует санитарным нормам и правилам СанПиН № 0193-06, установленным в Республике Узбекистан.

В таблице 4 приводятся годовые эффективные дозы для персонала, работающего на радиационно-загрязненных промышленных предприятиях, которые не превышают установленную норму - 20 мЗв/год, а годовые эффективные дозы в населенных пунктах не превышают установленную норму - 1 мЗв/год.

Таблица 4

**Результаты дозиметрических измерений в пунктах наблюдения на  
промышленных объектах и населенных пунктах**

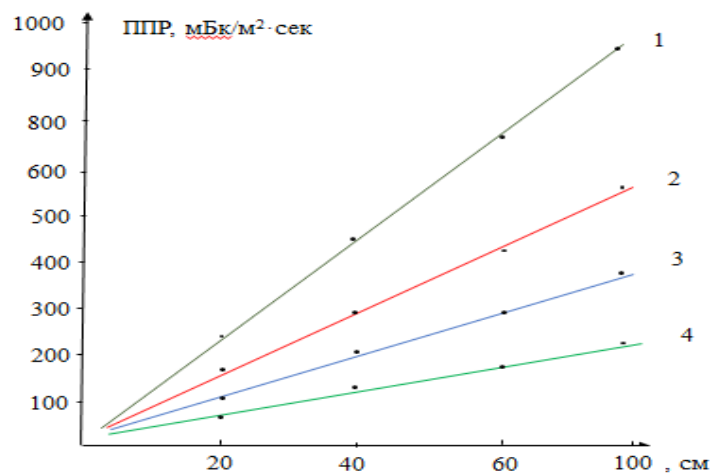
| Место рождения | Кол-во точек отбора проб, шт. | МЭД, мЗв/год           |      | ДАН, мБк/м <sup>3</sup> |      | ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup> |      | Годовая эффективная доза, мЗв/год |
|----------------|-------------------------------|------------------------|------|-------------------------|------|-------------------------|------|-----------------------------------|
|                |                               | Значения установленные |      |                         |      |                         |      |                                   |
|                |                               | мин                    | мак  | мин                     | мак  | мин                     | мак  |                                   |
| Нуробод        | 17*                           | 1,9                    | 6,7  | 2,2                     | 3,8  | 1,2                     | 15   | 1,7-8,5                           |
|                | 22**                          | 0,15                   | 0,19 | 0,18                    | 0,53 | 0,14                    | 0,28 | 0,16-0,33                         |
| Кетменчи       | 19*                           | 1,8                    | 6,4  | 2,1                     | 2,8  | 4                       | 18   | 2,63-9,07                         |
|                | 28**                          | 0,13                   | 0,18 | 0,15                    | 0,4  | 0,2                     | 0,5  | 0,16-0,36                         |
| Зафаробод      | 11*                           | 1,6                    | 3,6  | 1,2                     | 2,4  | 4                       | 14   | 1,3-5,36                          |
|                | 20**                          | 0,12                   | 0,17 | 0,14                    | 0,4  | 0,3                     | 0,7  | 0,24-0,53                         |
| Шеробод        | 12*                           | 1,8                    | 6,3  | 3,2                     | 4,4  | 4,0                     | 23   | 1,43-6,34                         |
|                | 23**                          | 0,11                   | 0,15 | 0,16                    | 0,7  | 0,3                     | 0,6  | 0,33-0,69                         |
| Учкудук        | 18*                           | 1,6                    | 5,6  | 2,2                     | 3,7  | 5                       | 23   | 1,42-6,31                         |
|                | 26**                          | 0,12                   | 0,19 | 0,17                    | 0,6  | 0,3                     | 0,6  | 0,21-0,58                         |

Примечание: \* - точки отбора проб на промышленных объектах, \*\* - точки отбора проб в жилых районах.

В четвертой главе диссертации «Изучение изотопов радона вокруг производственных площадей и оценка свойств эксхалации радона» приводятся результаты по изучению закономерности распространения радона в подземных водах для мониторинга степени воздействия на них техногенных объектов. В качестве объекта исследования выбраны значения объемной активности радона в воде и показатели эксхалации радона.

Наряду с определением МЭД гамма-излучения на объектах уранового производства и площадках подземного выщелачивания, определены плотности потока радона. По результатам измерений построена зависимость величины плотности потока радона от глубины ямы на различных выкопанных природных и урановых объектах (рис. 4).

В образцах, взятых с техногенных территорий, количество урана определяли с помощью рентгено-флуоресцентного анализа, а количество радия - с помощью гамма-спектрометрии. В образцах, взятых с урановых отвалов, хвостохранилища, участка подземного выщелачивания урана и естественных грунтов, плотность потока радона оказалась прямо пропорциональна глубине ямы, в то время как изменение плотности потока радона зависело от количества урана и радия в образцах.



1 - в урановых отвалах; 2 – на урановых хвостохранилищах; 3 - на площадках подземного выщелачивания урана; 4 - в естественном грунте.

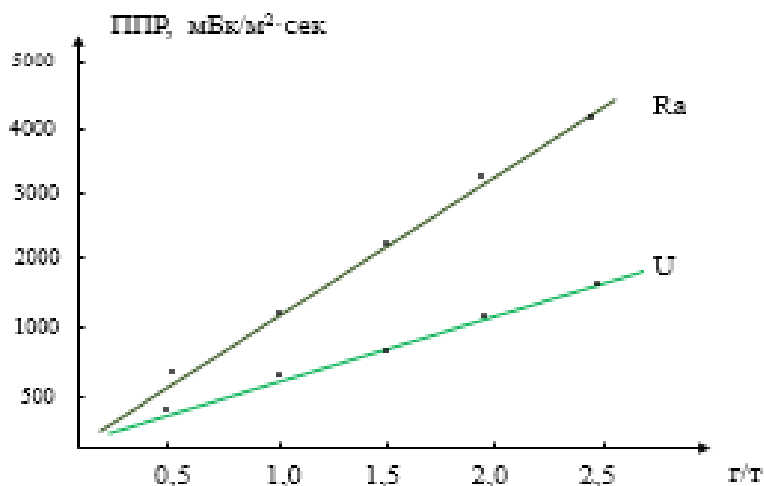
**Рис.4. Зависимость величины плотности потока радона от глубины ямы**

Наименьшая зависимость плотности потока радона наблюдается в образцах естественного грунта. Это связано с тем, что количество урана и радия в этих образцах меньше, чем в других.

Наиболее сильная зависимость наблюдается в образцах урановых руд (прямая -1), поскольку количество урана и радия в этих образцах больше.

На основании полученных результатов была исследована зависимость плотности потока радона от содержания урана и радия в образцах, и этот график зависимости показан на рисунке 5.

В целях проведения экологического мониторинга степени воздействия техногенных объектов уранового производства на подземные воды, исследовали содержания радона и радия в подземных водах, взятых на разных техногенных территориях. Результаты показали, что содержания радионуклидов  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{226}\text{Ra}$  не всегда линейно зависят друг от друга.



**Рис. 5. Зависимость плотности потока радона от количества урана и радия в образцах**

В качестве объектов исследования выбраны содержания радионуклидов  $^{222}\text{Rn}$  и  $^{226}\text{Ra}$  в образцах подземных вод, значения объемной активности этих радионуклидов в этих образцах вод. В таблице 5 приводятся результаты измерения, показывающие независимость содержания радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  от содержания материнского радионуклида  $^{226}\text{Ra}$  в подземных водах на территориях уранового производства Навоийского ГМК.

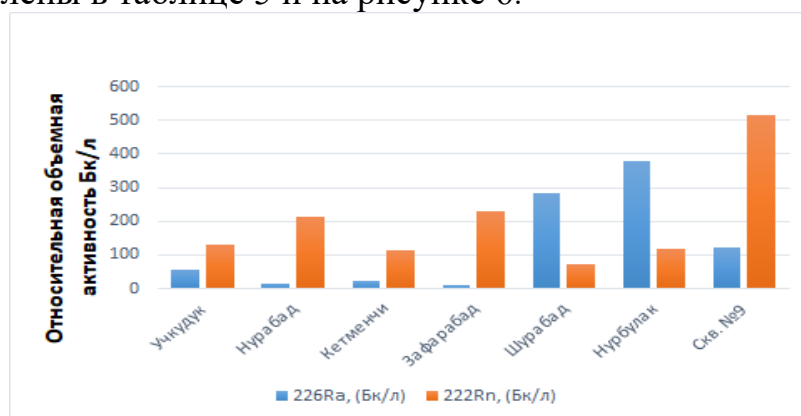
**Таблица 5**

**Значения содержания дочернего радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  и материнского радионуклида  $^{226}\text{Ra}$  в подземных водах на территориях уранового производства**

| № образца | Территория отбора проб | $^{226}\text{Ra}$ ,<br>(Бк/л) | $^{222}\text{Rn}$ ,<br>(Бк/л) |
|-----------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 1         | Учкудук                | 55                            | 130                           |
| 2         | Нуробод                | 16                            | 213                           |
| 3         | Кетменчи               | 23                            | 115                           |
| 4         | Зафаробод              | 11                            | 230                           |
| 5         | Шуробод                | 282                           | 74                            |
| 6         | Нурбулок               | 381                           | 120                           |
| 7         | Скв. №9                | 124                           | 516                           |

Механизм образования радона в подземных водах объясняется тем, что подземные воды насыщаются радоном, регулярно выходящим из капиллярных пор земли. В результате контакта с атмосферным воздухом растворенный в воде радон переходит в атмосферный воздух, т.е. процесс дегазации радона. Основным фактором при этом является время контакта радоновой воды с атмосферным воздухом, и на практике наблюдаются независимые значения объемной активности радона и радия.

Результаты из регионов НГМК, где было отмечено, что объемная активность радона в подземных водах в 7 точках наблюдения в техногенных зонах производства урана не связана с концентрацией материнского ядра радия, представлены в таблице 5 и на рисунке 6.



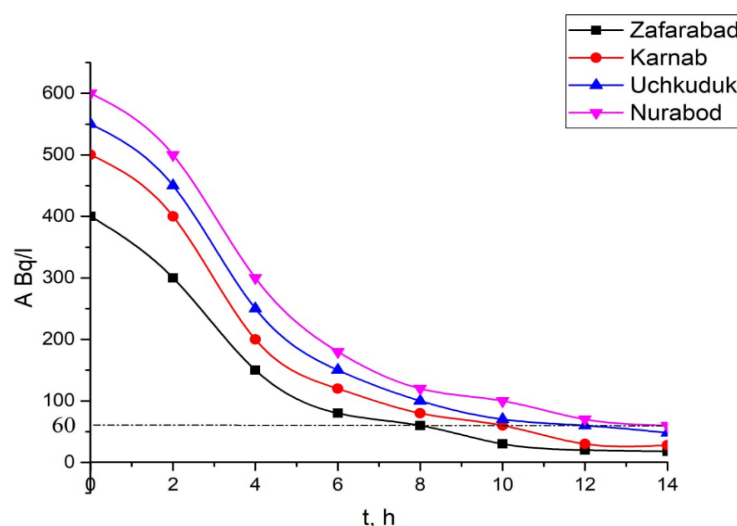
**Рис 6. Объемная активность радионуклидов дочерних ядер  $^{222}\text{Rn}$  и материнского ядра  $^{226}\text{Ra}$  в подземных водах**

Результаты определения оптимального времени дегазации радона в подземных водах на 4-х наблюдательных точках на техногенных территориях уранового производства НГМК приводятся в таблице 6 и на рисунке 7.

**Таблица 6**

**Результаты экспериментального определения оптимального времени дегазации  $^{222}\text{Rn}$  в подземных водах на территориях уранового производства**

| Время измерения, час. | Название регионов |          |         |         |
|-----------------------|-------------------|----------|---------|---------|
|                       | Зафаробод         | Кетменчи | Учкудук | Нуробод |
| 0                     | 400               | 500      | 550     | 600     |
| 2                     | 300               | 400      | 450     | 500     |
| 4                     | 150               | 200      | 250     | 300     |
| 6                     | 80                | 120      | 150     | 180     |
| 8                     | 50                | 80       | 100     | 120     |
| 10                    | 30                | 50       | 70      | 100     |
| 12                    | 20                | 30       | 50      | 70      |
| 14                    | 18                | 28       | 48      | 65      |



**Рис.8. Процесс дегазации  $^{222}\text{Rn}$  в образцах подземных вод техногенных территории**

Из полученных результатов видно, что по значениям объемной активности радона подземные воды изученных территорий для понижения до нормативных значений 60 Бк/л требуется 8-14 часов. В зависимости от концентрации урана в рудах в экспериментах получено разное оптимальное время дегазации для разных подземных вод. Для подземных вод на территориях Зафаробада оптимальное время дегазации до нормы, 8 часов, а для подземных вод на территориях Нурабада -14 часов. Для всех территорий, где расположены урановые производства НГМК, экспериментальным путём определены оптимальные значения времени дегазации и разработаны рекомендации по безопасному использованию подземных вод с высокими радиационными показателями в вододефицитных пустынных зонах.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD) по техническим наукам на тему: «Экологический мониторинг техногенных объектов уранового производства» можно сделать следующие выводы:

1. Определены локальные зоны распространения концентрации радионуклидов из цепочки распада урана: ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ) в пробах, отобранных из почв радиоактивных урановых хвостохранилищ, урановых отвалов и площадок подземного выщелачивания урана и создана база данных идентифицированных радионуклидов на этих объектах.

2. Экспериментально исследованы закономерности связи радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  и количества материнского ядра  $^{226}\text{Ra}$  в подземных водах и установлено, что только в подземных водах техногенных территорий уранового производства концентрация радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  не зависит от концентрации материнского ядра  $^{226}\text{Ra}$ ;

3. Экспериментально определено оптимальное время дегазации в природных условиях радиоактивного газа  $^{222}\text{Rn}$  в подземных водах различного химического состава (по  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mn}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}^-$ ), полученных из наблюдательных скважин вокруг месторождений урановой руды и урановых хвостохранилищ Навоийского горно-металлургического комбината и обоснованы возможности безопасного использования подземных вод с высокими радиационными показателями в вододефицитных пустынных зонах.

4. На основе многократных радиометрических измерений и экологических исследований оценены радиационные показатели, отрицательно влияющие на персонал - уровень накопления аэрозолей, содержащие радионуклида  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе складских помещений, где хранится готовая урановая продукция урана, производимая на Навоийском горно-металлургическом комбинате. Предложен эффективный подход к предотвращению накопления аэрозолей, содержащие радионуклид  $^{222}\text{Rn}$  в воздухе складов и данное предложение реализовано на практике.

5. Радиометрическим методом определены параметры локального поверхностного распределения значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения на техногенных объектах производства урана. Разработана компьютерная программа для расчета параметров локального поверхностного распределения значения мощности экспозиционной дозы гамма-излучения для этих объектов и получено Свидетельство Агентства по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан на программный продукт на ЭВМ.

6. Экспериментально исследованы и получены новые данные по изучению зависимостей величины плотности потока радона от концентраций изотопов  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{238}\text{U}$  в пробах, взятых из почв радиоактивных урановых хвостохранилищ, урановых месторождений и почв участков подземного выщелачивания урана.

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

---

**INSTITUTE OF NUCLEAR PHYSICS  
NAVOI STATE MINING INSTITUTE**

**JURAKULOV ALISHER RUSTAMOVICH**

**ENVIRONMENTAL MONITORING OF TECHNOGENIC OBJECTS OF  
URANIUM PRODUCTION**

**01.04.01. – Instruments and methods of experimental physics**

**DISSERTATION ABSTRACT  
of the Doctor of Philosophy (PhD) on Technical Sciences**

**Tashkent – 2022**

**The theme of the dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered by the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2020.2.PhD/T1500.**

The doctoral (PhD) dissertation was carried out at the Institute of Nuclear Physics of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan and Navoi State Mining Institute.

The abstract of the dissertation was posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of the Scientific Council at [www.inp.uz](http://www.inp.uz) and on the website of “Ziyonet” information and educational portal at [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz).

**Scientific supervisor:**

**Kurbanov Bakhtiyar Ibragimovich**

Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher

**Official opponents:**

**Radjapov Sali Ashirovich**

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Senior Researcher

**Yarmatov Bahrom Haydarovich**

PhD of Technical Sciences, Senior Researcher

**Leading organization:**

**Samarkand State University**

The defense of the dissertation will be held on “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022 at \_\_\_\_\_ at the meeting of Scientific Council No. DSc.02/30.12.2019.FM/T.33.01 at the Institute of Nuclear Physics (Address: INP, Ulugbek settlement, 100124 Tashkent city, tel. (+99871)289-31-41; fax: (+99871)289-36-65; e-mail: [info@inp.uz](mailto:info@inp.uz)).

The doctoral (PhD) dissertation can be looked through in the Information Resource Center of Institute of Nuclear Physics (registered under No. \_\_\_\_\_) Address: INP, Ulugbek settlement, 100124 Tashkent city. tel. (+99871)289-31-19).

The abstract of dissertation was distributed on «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2022  
(Registry record No. \_\_\_\_\_ dated “\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2022)

**M.Yu. Tashmetov**

Chairman of Scientific Council  
on award of scientific degree  
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** is to assess the extent of the impact of radiation factors in the mining and processing of uranium, and to develop ways to reduce their negative impact.

**The following tasks:**

radiometric studies of uranium production facilities, determination of the equivalent dose rate (EDR) of gamma radiation in local areas of man-made facilities;

study of the regularity of the distribution of the concentration of natural radionuclides and geochemical movement in underground waters of uranium deposits;

development of measures to reduce the radiation impact of man-made uranium objects on the environment;

assessment of the scale of the technogenic impact of the uranium mining industry on the environment by neutron activation analysis.

**The objects of the research** are uranium-containing samples, chemical concentrates and uranium oxides, process solutions, industrial wastewater, industrial solid waste, off-balance ores and ecosystem samples that have been affected by uranium production processes (water, soil, air).

**The subjects of the research:** environmental monitoring of the territory of uranium mining enterprises and settlements adjacent to these territories, radioecological safety in the production of uranium and radioecological aspects of technological processes.

**The scientific novelty of the study** is as follows:

local concentrations of distribution of natural radionuclides  $^{238}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{40}\text{K}$  in samples of uranium ores, soils of uranium tailings and areas of underground uranium leaching of the Navoi Mining and Metallurgical Combine (NMMC) were determined and specific activities for  $^{238}\text{U}$  from 59.8 to 93.2 Bq/kg,  $^{232}\text{Th}$  from 136 to 264 Bq/kg,  $^{226}\text{Ra}$  from 556 to 983 Bq/kg,  $^{40}\text{K}$  from 830 to 1200 Bq/kg;

a program was developed for the operational calculation of the parameters of the local-surface distribution of the values of the exposure dose rate of gamma radiation and for the first time with its help the values of the exposure dose were determined at the observation points of technogenic territories: in Uchkuduk -0.43  $\mu\text{Sv/hour}$ , Zafarabad -0.24  $\mu\text{Sv/hour}$ , the city of Zafarabad. Navoiy (GMZ-1) - 0.16  $\mu\text{Sv/h}$ ;

for the first time, technogenic territories were found where the linear dependence between the specific activity of the daughter radionuclide  $^{222}\text{Rn}$  and the parent nucleus  $^{226}\text{Ra}$  in groundwater in the territories of uranium production was violated, and numerical values of the volumetric activity of these radionuclides were experimentally found: Uchkuduk-  $^{226}\text{Ra}$ -55 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ - 213 Bq/l, Nurbuloq-  $^{226}\text{Ra}$ -16 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ -130 Bq/l, Karnab-  $^{226}\text{Ra}$ -23 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ -115 Bq/l, Zafarobod-  $^{226}\text{Ra}$ -11 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ -230 Bq /l, Shurobod-  $^{226}\text{Ra}$ -282 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ -74 Bq/l, Nurobod-  $^{226}\text{Ra}$ -381 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ -120 Bq/l, No. 9- Janubiy kuduk-  $^{226}\text{Ra}$ -124 Bq/l,  $^{222}\text{Rn}$ - 516 Bq/l;

for the first time, the optimal values of the  $^{222}\text{Rn}$  degassing time for groundwater with a complex chemical composition up to the permissible sanitary standard of 60 Bq/l in the man-made areas of uranium production at the NMMC were experimentally determined, ranging from 8 hours to 14 hours;

for the first time, the need to place containers of finished uranium products produced at NMMC in warehouses was justified in such a way that the exposure dose rate from the accumulation of aerosols of  $^{222}\text{Rn}$  radionuclide in the air of warehouses decreased from 3000  $\mu\text{Sv/h}$  to 300  $\mu\text{Sv/h}$  and the specific equilibrium activity of radon decreased from 250 Bq/m<sup>3</sup> up to 15 Bq/m<sup>3</sup>, for which the distance between containers must be at least 15 cm and the placement height from the floor must be at least 1 meter.

**Implementation of the research results.** Based on the results obtained on environmental monitoring of man-made objects of uranium production:

certain local concentrations of the spread of natural radionuclides in samples of uranium ores, soils of uranium tailings and underground uranium leaching sites of the Navoi Mining and Metallurgical Plant were used in the Central Research Laboratory of the NMMC (Letter of the Navoi MMC No. 23.01-01-07/326 dated April 28, 2022). The use of the results made it possible to create a database of identified radionuclides at these sites;

the developed program for calculating the values of the parameters of the local-surface distribution of the values of the exposure dose rate of gamma radiation is registered with the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan (Certificate of official registration of the computer program of the Agency for Intellectual Property of the Republic of Uzbekistan No. DGU 09817 dated 12/23/2020). The use of this development made it possible to determine the parameters of the local distribution of the values of the exposure dose rate of gamma radiation in uranium dumps, the GMZ-1 tailing dump and in the areas of underground uranium leaching;

the regularities of the relationship between the  $^{222}\text{Rn}$  radionuclide and the  $^{226}\text{Ra}$  parent nucleus, the optimal values of the radon degassing time in groundwater in the technogenic territories of the NMMC uranium production and the developed recommendations for the safe use of groundwater with high radiation indicators in water-deficient desert zones were used in the Central Research Laboratory of the NMMC (Letter of the Navoi MMC No. 23.01-01-07/326 dated April 28, 2022). The use of the results made it possible to substantiate the safe use of groundwater in the water-deficient desert zones of the Navoi region;

the estimated level of accumulation of the  $^{222}\text{Rn}$  radionuclide in the air of warehouses and a certain effective geometry for placing containers of finished uranium products to prevent the accumulation of  $^{222}\text{Rn}$  in the air of warehouses were used at the Navoi MMC (Letter of the Navoi MMC No. 23.01-01-07/326 dated April 28, 2022). Using the results to reduce the exposure dose rate of radionuclide aerosols in warehouses of finished uranium products.

**Structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of publications, a list of references and applications. The volume of the dissertation is 126 pages.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; Part I)**

1. Музафаров А.М., Урунов И.А., Аллаберганова Г.М., Журакулов А.Р. Особенности поведения радона в различных подземных водах // Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2018. – № 4 (75). – С. 125-126 (05.00.00. № 7).
2. Jurakulov A.R., Muzafarov A.M., Kurbanov B.I., Urinov Sh.R., Nurxonov H.A. Radiation Factors of Uranium Productions and their Impact on the Environment // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. – Romania, 2021. - Vol. 25. No 4. – P. 490-499 (№ 3. Scopus; IF=0,38).
3. Журакулов А.Р., Музафаров А.М., Курбонов Б.И. Оценка состояний распределение естественных радионуклидов в почвах к близлежащим техногенным объектам // Фан ва жамият. – Нукус: Нукус давлат педагогика институти, 2020. – № 1. – Б. 16-17 (05.00.00. № 37).
4. Журакулов А.Р., Музафаров А.М., Курбанов Б.И., Урунов Ш. Гамма-нурланишнинг экспозицион куввати дозаси кийматлари маҳаллий- сирт таксимотининг параметрларини ҳисоблаш. Ўзбекистон Республикаси Адлия Вазирлиги ҳузуридаги Интеллектуал мулк Агентлиги. Гувоҳномаси № DGU 09817. 23.12.2020.

**II бўлим (II часть; Part II )**

5. Juraqulov A.R., Muzafarov A.M., Urunov I.A., Allaberganova G.M., Turobjonov S.M., Husanov Z.J., Abdiraxmonov U.Sh. Method of Determining and Assessment of Radon Exhalation Characteristics in technogenic objects // International Journal of Mining Science. – India, 2019. - Vol. 5, N 4. – pp. 35-38.
6. Allaberganova G.M., Turobjonov S.M., Muzafarov A.M., Juraqulov A.R., Urunov I.A., Abdiraxmonov U.Sh. Method for Conducting of Uranium Isotopic Analysis in Various Natural Waters of Uranium – Bearing Regions of Uzbekistan // International Journal of Academic Multidisciplinary Research. – Washington (USA), 2019. - Vol. 3, Issue 10. – pp. 52-55.
7. Журакулов А.Р., Музафаров А.М., Курбонов Б.И., Урунов И.А. Оценка значений радиационных факторов в зонах действий и прилегающих объектах уранового производства // Научно-практический электронный журнал “ТесНика”. – Андижан: Изд. “Re-Health”, 2020. – № 2. – С. 24-27.
8. Журакулов А.Р., Курбонов Б.И., Абдурахманов У.Ш., Урунов И.О. Сезонное распределение радона ( $^{222}\text{Ra}$ ) в многоквартирных домах в Навои и Самарканде // Journal of Advances in Engineering Technology. – Навои: ООО Science Algorithm, 2020. - Vol. 1 (1). – pp. 86-89.
9. Музафаров А.М., Сатторов Г.С., Кист А.А., Журакулов А.Р. Радиометрическая оценка радиационной обстановки в промышленной и близлежащей зоне уранодобывающих предприятий // “Ядерная и радиационная физика”: Сборник тезисов докладов межд. конф. 24-27 сентября 2013. – Алматы (Казахстан), 2013. – С. 222-223.

10. Курбанов Б.И., Данилова Е.А., Музафаров А.М., Журакулов А.Р., Ахмедов Я.А. Ядерно-физический способ экологического мониторинга объектов горно-металлургической промышленности // “Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса”: тезисы докладов Международной научно-технической конференции 22-23 ноября 2018. – Навои, 2018. – С. 458.

11. Журакулов А.Р., Музафаров А.М., Урунов И.А., Аллаберганова Г.М., Мизомов Л.С. Инструментальное определение радона в различных природных водах // “Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса”: тезисы докладов Международной научно-технической конференции, 22-23 ноября 2018. – Навои, 2018. – С. 476-477.

12. Курбанов Б.И., Музафаров А.М., Иванов В.Н., Ахмедов Я.А., Журакулов А.Р. Нейтронно-активационное определение некоторых редких и редкоземельных элементов в образцах золота и урансодержащих руд // “Перспективы инновационного развития горно-металлургического комплекса”: тезисы докладов Международной научно-технической конференции, 22-23 ноября 2018. – Навои, 2018. – С. 478.

13. Музафаров А.М., Журакулов А.Р., Аллаберганова Г.М., Ходжаева Н.Т., Камолова Д.Ш. Исследование поведения радона в различных техногенных объектах // “Современные проблемы и перспективы химии и химико-металлургического производства”: тезисы докладов республиканской научно-технической конференции, 22-23 ноября 2018. – Навои, 2018. – С. 124-125.

14. Журакулов А.Р., Музафаров А.М. Особенности поведения радона в различных природных и техногенных объектах // “Современные проблемы и перспективы химии и химико-металлургического производства”: тезисы докладов республиканской научно-технической конференции, 22-23 ноября 2018. – Навои, 2018. – С. 144-145.

15. Аллаберганова Г.М., Урунов И.А., Журакулов А.Р., Музафаров А.М. Оценка состояний природных ресурсов и методы их рационального использования под техногенным влиянием горно-металлургических производств // “Современные проблемы и инновационные технологии решения вопросов переработки техногенных месторождений Алмалыкского ГМК”: материалы Международной научно-практической конференции, 18-19 апреля 2019. – Алмалык (Узбекистан), 2019. – С. 85-86.

16. Kurbanov B.I., Muzafarov A.M., Turdiyev S.Yu., Ahmedov Ya.A., Juraqulov A.R. Nuclear-Physical Methods of Investigations of Some Rare Earth Elements in Samples of Ore Deposits of Uzbekistan // “Modern Problems of Nuclear physics and Nuclear Technologies”: Book of Abstracts of the Ninth International Conference, 24-27 September 2019. – Tashkent: Institute of Nuclear Physics, 2019. – P. 143-144.

17. Kurbanov B.I., Kurbanova N.B., Juraqulov A.R. Neutron Methods of Investigation of the Elemental Composition of Substances and Materials / “Modern Problems of Nuclear physics and Nuclear Technologies”: Book of Abstracts of the

Ninth International Conference, 24-27 September 2019. – Tashkent: Institute of Nuclear Physics, 2019. – P. 169-171.

18. Kurbanov B.I., Muzafarov A.M., Juraqulov A.R., Ahmedov Ya.A., Turdiyev S.Yu. Effective Deceleration of Fast Neutrons Radionuclide Sources for Spectrometry of Gamma-Radiation Neutron Capture / “Modern Problems of Nuclear physics and Nuclear Technologies”: Book of Abstracts of the Ninth International Conference, 24-27 September 2019. – Tashkent: Institute of Nuclear Physics, 2019. – P. 167-169.

19. Juraqulov A.R., Kurbanov B.I., Muzafarov A.M., Allaberganova G.M. Assessment of the Features of the Behavior of Radon in Man-Made Objects / “Modern Problems of Nuclear physics and Nuclear Technologies”: Book of Abstracts of the Ninth International Conference, 24-27 September 2019. – Tashkent: Institute of Nuclear Physics, 2019.– P. 317-318.

20. Абдирахмонов У.Ш., Журакулов А.Р., Урунов И.О., Кувватова М.А. Оценка эманации радона ( $^{222}\text{Ra}$ ) и индекса активности строительных материалов / “Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari”: Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari, 27-28 noyabr 2019. – Navoi: NTMK, 2019. – B. 769-774.

21. Курбанов Б.И., Мельников Л.Н., Ермаков К.С., Иванов В.Н., Мингбаев Х.С., Музафаров А.М., Ахмедов Я.А., Журакулов А.Р. Ядерно-физические методы исследования по определению содержания некоторых редких и редкоземельных элементов в образцах руд / “Zarafshon vohasini kompleks innovatsion rivojlantirish yutuqlari, muammolari va istiqbollari”: Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman materiallari, 27-28 noyabr 2019. – Navoi: NTMK, 2019. – p. 228-231.

22. Журакулов А.Р., Курбанов Б.И., Музафаров А.М. Методы и приборы оценки величин техногенного влияния горно-металлургического производства на окружающую среду / “Инновацион техника ва технологияларнинг атроф-мухит муҳофазаси соҳасидаги муаммо ва истиқболлари”: Халқаро илмий-техник on-line анжуман илмий ишлар тўплами. – Тошкент: ТошДТУ, 2020. – Б. 110-111.

23. Журакулов А.Р., Музафаров А.М., Курбанов Б.И. Изучение радиоэкологической обстановки в техногенных объектах уранового производства с использованием дозиметрических методов / “Ядерная физика и ядерные технологии”: Сборник докладов VI Республиканской конференции молодых физиков Узбекистана 1-2 декабря 2020. – Ташкент: ИЯФ АН РУз, 2020. – С. 224-230.

Автореферат «ЎЗМУ хабарлари» илмий журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек ва рус тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди (05.04.2022 йил)

Бичими 60x84 1/16. Ризограф босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табағи: 3,25. Адади 60. Буюртма № 67.

Баҳоси келишилган нархда.

«ADAD PLUS» босмахонасида чоп этилган.

Босмахона манзили: 100104, Тошкент ш., Бунёдкор шоҳ кўчаси, 24-уй.