

**MILLIY TEXNOLOGIK TADQIQOTLAR UNIVERSITETI**  
**«MISIS»NING OLMALIQ SHAHRIDAGI FILIALI HUZURIDAGI ILMIY**  
**DARAJALAR BERUVCHI DSc. 22/30.12.2019.T.98.01 RAQAMLI ILMIY**  
**KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

---

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR**  
**UNIVERSITETI**

**NAZAROV JAMOLIDDIN TOSHKULOVICH**

**IKKILAMCHI TEXNOGEN RUDALARDAN URAN**  
**OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**04.00.10 – Geotexnologiya (ochiq, yer osti va qurilish);**  
**11.00.05 - Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish**

**Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi**  
**AVTOREFERATI**

**Olmaliq – 2024**

**Doktorlik dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**  
**Оглавление автореферата докторской диссертации**  
**Content of abstract of doctoral dissertation**

<b>Nazarov Jamoliddin Toshkulovich</b> Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasini ishlab chiqish.....	3
<b>Назаров Жамолиддин Тошкуллович</b> Разработка технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд.....	29
<b>Nazarov Zhamoliddin Toshkulovich</b> Development of technology for uranium extraction from secondary technogenic ores.....	57
<b>E’lon qilangan ishlar ro‘yxati</b> Список опубликованных работ List of published works.....	61

**MILLIY TEXNOLOGIK TADQIQOTLAR UNIVERSITETI**  
**«MISIS»NING OLMALIQ SHAHRIDAGI FILIALI HUZURIDAGI ILMIY**  
**DARAJALAR BERUVCHI DSc. 22/30.12.2019.T.98.01 RAQAMLI ILMIY**  
**KENGASH ASOSIDAGI BIR MARTALIK ILMIY KENGASH**

---

**NAVOIY DAVLAT KONCHILIK VA TEXNOLOGIYALAR**  
**UNIVERSITETI**

**NAZAROV JAMOLIDDIN TOSHKULOVICH**

**IKKILAMCHI TEXNOGEN RUDALARDAN URAN**  
**OLISH TEXNOLOGIYASINI ISHLAB CHIQISH**

**04.00.10 – Geotexnologiya (ochiq, yer osti va qurilish);**  
**11.00.05 - Atrof-muhitni muhofaza qilish va tabiiy resurslardan oqilona foydalanish**

**Texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi**  
**AVTOREFERATI**

**Olmaliq – 2024**

**Fan doktori (DSc) dissertatsiyasi mavzusi O‘zbekiston Respublikasi Oliy ta’lim, fan va innovatsiyalar vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida № B2024.3.DSc/T821 raqam bilan ro‘yxatga olingan.**

Doktorlik dissertatsiyasi Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universitetida bajarilgan.  
Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o‘zbek, rus, ingliz (rezyume) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.misis.uz) va «ZiyoNET» Axborot-ta’lim portalida (www.ziynet.uz) joylashtirilgan.

**Ilmiy maslahatchilar:**

**Umarov Farxodbek Yarkulovich**  
texnika fanlari doktori, professor

**Muzafarov Amrullo Mustafoyevich**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Rasmiy opponentlar:**

**Duysebaev Baurjan Orazovich**  
texnika fanlari doktori, akademik

**Kucharov Baxrom Xayriyevich**  
texnika fanlari doktori, katta ilmiy xodim

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**  
kimyo fanlari doktori, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**«Mineral resurslar instituti» Davlat muassasasi**

Dissertatsiya himoyasi Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filialida huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.22/30.12.2019.T.98.01 raqamli Ilmiy kengash asosidagi bir martalik ilmiy kengashning 2024 yil 24 dekabr soat 9<sup>00</sup> dagi majlisida bo‘lib o‘tadi (Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (70) 614-22-57, e-mail: info@misis.uz).

Dissertatsiya bilan Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS»ning Olmaliq shahridagi filialida Axborot resurs markazida tanishish mumkin ( 24-32-D raqami bilan ro‘yxatga olingan). Manzil: 110101, Olmaliq shahri, Amir Temur ko‘chasi, 56-uy. Tel.: (70) 614-22-57).

Dissertatsiya avtoreferati 2024-yil 11-dekabr kuni tarqatilgan.

(2024-yil 11-dekabrda №23 raqamli reyestr bayonnomasi).



**B.R. Raimjanov**

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash asosida tuzilgan bir martalik  
ilmiy kengash raisi, t.f.d., professor

**G.S. Nutfulloyev**

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash asosida tuzilgan bir martalik  
ilmiy kengash kotibi, t.f.d., dosent

**Sh.Sh. Zairov**

Ilmiy darajalar beruvchi

Ilmiy kengash asosida tuzilgan bir martalik  
Ilmiy seminar raisi, t.f.d., professor

## KIRISH (fan doktori (DSc) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

**Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati.** Jahonda uran 20-asrning ikkinchi yarmidan boshlab qazib olinib, uning hajmi yildan-yilga ortib bormoqda. Dunyoning ko'pgina davlatlarida u elektr energiyasini ishlab chiqarish uchun asosiy energiya manbalaridan biridir. Uran qazib olish jarayonida juda ko'p miqdorda ikkilamchi texnogen rudalar hosil bo'ladi. Bugungi kunga qadar hosil bo'lgan uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning hajmi va ulardagi uran miqdori hisoblab chiqilgan. WISE (Uranium Project)ning 2012-yilgi hisobotida dunyoning turli konlarida 24 mlrd tonnaga yaqin uranli chiqindilar mavjudligi keltirilgan. Jahon yadro assotsiatsiyasining «Yadro yoqilg'isi uchun 2023-2040-yillarda talab va taklifning mavjudligi senariysi»da yaqin kelajakda dunyo aholisini elektr energiyasiga bo'lgan talabini qondirishda yadro energiyasi katta rol o'ynashi aytib o'tilgan. Hozirgi kunda uranga bo'lgan talab 65 650 tonna atrofida bo'lsa, 2040-yilga borib bu ko'rsatkich, 130 000 tonnaga yetadi, 2050-yilda esa yana 4-11% ga ortadi. Shu munosabat bilan uran tarkibli ikkilamchi rudalardan samarali foydalanish, uzoq yillar davomida to'planib qolgan bu turdagi rudalarni texnologik jarayonlarga qaytarish va ulardan qo'shimcha uran mahsulotini maksimal darajada ajratib olish imkonini beruvchi yangi texnologiyalarni ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratish muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda dunyoda uran tarkibli ikkilamchi rudalardan samarali foydalanish, uzoq yillar davomida to'planib qolgan bu turdagi rudalarni texnologik jarayonlarga qaytarish, texnogen chiqindilarni qayta ishlashning yangi usullarini yaratish, ikkilamchi texnogen rudalarni fizik-kimyoviy xossalarini tadqiq qilish, texnogen chiqindilarni mineralogik tarkibini, fraktsion va granulometrik tahlil qilish, ikkilamchi texnogen rudalar tarkibidan uran olish orqali radiatsion ko'rsatkichlar qiymatini kamaytirish bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalarni kompleks qayta ishlash hamda geotexnologik parametrlarini baholash orqali arzon narxda qo'shimcha uran olishning ilmiy asoslarini ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

Respublikamizda uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalardan uran ajratib olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish va asoslash, uran tarkibli ikkilamchi rudalar joylashgan maydonlarning ekologik holatini yaxshilash orqali muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan fundamental natijalarga erishilmoqda. Bu borada «Navoiyuran» DK va «Navoiy kon metallurgiya kombinati» AJ texnogen chiqindilardan qimmatbaho metallar ajratib olishning yangi texnologiyalarini yaratish va takomillashtirishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqotlar muhim ahamiyatga ega. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmonida<sup>1</sup> «Yuqori daromadli mahsulot olish uchun zarur bo'lgan uran ishlab chiqarish hajmini 3 barobarga oshirish» kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalardan kelib chiqqan holda, tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi rudalardan uran olishning samarali fizik-kimyoviy geotexnologik usulini ishlab chiqish va asoslashga qaratilgan tadqiqotlar katta ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi.

---

<sup>1</sup>O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi "O'zbekiston – 2030" strategiyasi to'g'risida"gi PF-158-son Farmoni.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2023-yil 11-sentabrdagi «O‘zbekiston-2030» strategiyasi to‘g‘risida»gi PF-158-son, 2022 yil 28 yanvardagi «2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida»gi PF-60-son Farmonlari va 2022-yil 14-iyuldagi «2022-2030 yillarda «Navoiyuran» davlat korxonasi uranni qazib olish, qayta ishlash hajmlarini oshirish hamda uni transformatsiya qilish chora-tadbirlari to‘g‘risida»gi PQ-319-son, 2019-yil 4-oktabrdagi «2019-2030-yillar davrida O‘zbekiston Respublikasining «Yashil» iqtisodiyotga o‘tish strategiyasini tasdiqlash to‘g‘risida»gi PQ-4477-son qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning Respublika ilm-fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga muvofiqligi.** Mazkur tadqiqot Respublika fan va texnologiyalarni rivojlantirishning VII. «Yer to‘g‘risidagi fanlar (geologiya, geofizika, seysmologiya va mineral xom ashyolarni qayta ishlash)» ustuvor yo‘nalishiga muvofiq amalga oshirilgan.

**Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi<sup>2</sup>.** Ikkilamchi texnogen rudalardan uran ajratib olish texnologiyasini ishlab chiqishga qaratilgan ilmiy izlanishlar dunyoning yetakchi ilmiy markazlari va oliy ta‘lim muassasalari, jumladan: School of Environmental Protection and Safety Engineering, University of South (Xitoy), Key Laboratory of Radioactive Waste Treatment and Disposal, University of Regina (Kanada), University of Nevada (AQSh), University of Utah (AQSh), Institute of Condensed Matter Chemistry (Fransiya), Universitete Antverpena RUCA (Belgiya), Seoul Nation University of Science and Technology (Janubiy Koreya), Nuclear Physics Institute (KXDR), University of Cape Town (JAR), University of the Witwatersrand (JAR), Rossiya Davlat geologiya-qidiruv universiteti (Rossiya Federatsiyasi), Baykal orti davlat universiteti (Rossiya Federatsiyasi), Qozog‘iston milliy texnika universiteti (Qozog‘iston), Milliy texnologik tadqiqotlar universiteti «MISIS» (Rossiya Federatsiyasi) va boshqa ilmiy-tadqiqot muassasalari tomonidan keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda.

Uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalardan samarali foydalanish, uzoq yillar davomida to‘planib qolgan bu turdagi rudalarni texnologik jarayonlarga qaytarish va ulardan qo‘shimcha uran ajratib olish orqali hududning radiatsion ko‘rsatkichlar qiymatini pasaytirish bo‘yicha amalga oshirilgan tadqiqotlar natijasida qator ilmiy natijalar olingan, shu jumladan: radioaktiv uranli loyni qayta ishlash usuli ishlab chiqilgan (Ural federal universiteti); elektr maydoni bilan integratsiyalashgan uranni suyultirilgan kislotali eritmaga o‘tkazishga asoslangan elektrokimyoviy eritmaga o‘tkazish usuli ishlab chiqilgan (University of South China); uranni faollashtirish usuliga qarab ajratib olish usuli ishlab chiqilgan (Shimoliy Kavkaz kon-metallurgiya instituti); texnogen chiqindi tarkibidagi komponentlarni konsentratga o‘tishi

---

<sup>2</sup>Dissertatsiyaning mavzusi bo‘yicha xorijiy ilmiy-tadqiqotlar sharhi [www.atlasrockbit.com](http://www.atlasrockbit.com), <http://www.vareintl.com>, [www.dissercat.com](http://www.dissercat.com), <http://vbm.ru>, <https://www.amazon.com>, <http://www.mirknigi.ru> va boshqa manbalar asosida bajarilgan.

aniqlangan va boyitish jarayonini takomillashtirishning matematik modeli ishlab chiqilgan (University of Toronto, Ukraina metallurgiya akademiyasi); sanoat ion almashtirgichlari, kation almashtirgichlari va tabiiy bifunksional sorbent yordamida uran sanoati chiqindilarining kon va drenaj suvlaridan uran olish texnologiyasi ishlab chiqilgan (Tojikiston milliy fanlar akademiyasi).

Jahonda uran qazib olish natijasida hosil bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalardan uran ajratib olish va radiatsiya ko'rsatkichlari qiymatini kamaytirish texnologiyasini ishlab chiqishga oid quyidagi ustuvor yo'nalishlar bo'yicha qator tadqiqot ishlari amalga oshirilmoqda: uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning granulometrik tarkibini o'rganish; minerallarning fizik-kimyoviy va texnologik xossalarini aniqlash; moddiy tarkibini tahlil qilish va ishchi eritma tayyorlashning tejamkor texnologiyasini ishlab chiqish; reaktivning ruda bilan aloqasi optimal vaqtini tanlash; eritish jarayoni uchun maqbul kislotani tanlash; sulfat kislota konsentratsiyasini tanlash texnologiyasini ishlab chiqish; Q:S nisbatlarni tanlash; rudalarning granulometrik tarkibi va uranni eritmaga o'tkazishning geotexnologik ko'rsatkichlari.

**Muammoning o'rganilganlik darajasi.** Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasi va usullari bir qancha xorijiy va mahalliy olimlar tomonidan o'rganilgan. Jumladan: Jing Huang, Mi Li, Fang-ying Gao, Xiaowen Zhang, Shaoyan Lv, Chunmei Huang, Xiaoyan Wu, Qi Fang, Amr Henni, Shahid Azam, Stephanie Young, Hussameldin Ibrahim, Ayepbax C.U., Bleylok G.V., Shvarts S.S., Anderson J.M., Riklefs R., Alfoldi L., Sparrow A.H., Kundler A.P., Odum Yu., Morozov A.A., Vorobyov A.Ye., Chekushina Ye.V., Mirsaidov U.M., Derbasova N.M., Gavrish M.V., Smirnov S.B., Gavrish V.M., Golik V.I., Razorenov Yu.I., Burdzieva O.G., Arens V.J., Baxurov V.G., Vecherkin S.G., Lusenko P.K., Zefirov A.P., Rudneva I.K., Jerin I.I., Desyatnikova D.T., Laskorin B.N., Lobanov D.P., Markelov S.V., Nebera V.N., Nesterov Yu.V., Tolstov Ye.A., Sanaqulov K.S., Sattarov G.S. va boshqa bir qancha olimlar bu borada ma'lum tadqiqotlarni amalga oshirishgan.

Biroq, adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, shu paytgacha fizikaviy va kimyoviy geotexnologiyaning rekultivatsiya usullaridan foydalangan holda ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish, bu rudalardan uran olishning samarali texnologiyasini ishlab chiqish va bu rudalarning fizikaviy xossalarini o'zgartirish masalalari kam o'rganilgan yoki o'rganilmagan.

Shu munosabat bilan ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasini ishlab chiqish, rudaga reagentlarning ta'sirini o'rganish, qo'llaniladigan kislota samaradorligini baholash, eritmaga o'tkazish koeffitsiyentining sulfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligini o'rganish, Q:S (qattiq:suyuq) nisbatning optimal qiymatini tanlash, ushbu rudalarning granulometrik tarkibi va geotexnologik ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganish, rekultivatsiya usullaridan foydalangan holda ushbu rudalarning fizik xususiyatlarini baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ushbu yo'nalishda tadqiqotlarni davom ettirish lozim.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya bajarilgan oliy ta'lim muassasasining ilmiy-tadqiqot ishlari rejaları bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya

tadqiqoti O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Navoiy bo‘limi ilmiy-tadqiqot ishlari rejasining  $\Phi A-A_{\text{Tex}}$  -2018-233 – «Radonning hajmiy faolligi va muhitdagi radiy miqdorini o‘lchash uchun katta diametrlilik kremniy sirt-to‘siq detektorli radiometrni ishlab chiqarish va asoslash» va Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti ilmiy-tadqiqotlari rejasi doirasida – BA-A-13-015 – «Mahalliy reagentlardan foydalangan holda uranni yer ostida tanlab eritishning texnologik rejimini ishlab chiqish» mavzularidagi amaliy loyihalar doirasida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** Qizilqum uran qazib olish sanoat hududlaridagi ikkilamchi texnogen ma’danlarning geologik, mineralogik va texnologik xususiyatlarini hisobga olgan holda mineral xomashyoni qayta ishlash samaradorligini oshirish va ekologik yuklamani kamaytirish uchun uranni ajratib olishning ilmiy asoslangan texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasini ishlab chiqish bo‘yicha adabiyotlarni tahlil qilish;

texnologik jarayon parametrlarini tanlash uchun ikkilamchi texnogen rudalarning fizik-mexanik (g‘ovaklik, zichlik, qattiqlik, donadorlik, fraktal o‘lcham) va radiatsion (radionuklidlar tarkibi, radionuklidlarning o‘ziga xos faolligi, solishtirma effektiv faollik  $-A_{\text{eff}}$ , ekvivalent doza quvvati) xususiyatlarini tadqiq qilish;

ikkilamchi texnogen rudalardan uranni eritmaga o‘tkazish jarayoniga turli reagentlarning ta’sirini tadqiq qilish;

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish koeffitsiyentining sulfat kislota konsentratsiyasiga bog‘liqligini tadqiq qilish;

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish uchun Q:S nisbatning optimal qiymatini tadqiq qilish;

ikkilamchi texnogen rudalar granulometrik tarkibining geotexnologik ko‘rsatkichlar bilan bog‘liqligini tadqiq qilish;

qo‘shimcha uran olish imkoniyatini ta’minlash maqsadida ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasi samaradorligini tahlil qilish;

rekultivatsiya usullari yordamida ikkilamchi texnogen rudalarning fizik xossalari tahlil qilish;

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasining iqtisodiy samaradorligini aniqlash.

**Tadqiqotning obyekti** sifatida ikkilamchi texnogen rudalar, uran olishning texnologik usullari, geotexnologik ko‘rsatkichlar va uranni eritmaga o‘tkazish jarayoni olingan.

**Tadqiqotning predmetini** ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasini ishlab chiqish va radioaktiv ko‘rsatkichlar qiymatini kamaytirish tashkil etadi.

**Tadqiqotning usullari.** Dissertatsiya ishini bajarishda zamonaviy fizik-kimyoviy geotexnologik usullardan, ikkilamchi texnogen rudalardan uranni eritmaga o‘tkazish nazariyasi va amaliyoti, o‘rganilayotgan namunalarni tahlil qilishning yadro fizikaviy usullaridan, granulometrik tahlil, tajriba natijalarni

matematik qayta ishlash usullari, laboratoriya va sanoat tajriba sinov usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ikkilamchi texnogen rudalardan uranga boy sinflarni granulometrik usulda ajratish asosida ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasining prinsiplial texnologik sxemasi ishlab chiqilgan;

uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarda 87,5 % uran qumli-gil tuproq tarkibidan uranni yaxshi eritmaga o'tkazish uchun ijobiy hal qiluvchi omil hisoblangan yaxshi g'ovaklik va o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan kichik o'lchamli granula-zarrachalar tarkibida mujassamlashgan bo'lishi va bu o'lchamdagi rudalarning massasi umumiy massaning 69 % ni tashkil etishi aniqlangan;

qayta ishlashga jalb qilingan uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalar umumiy massasining 31 % ni katta o'lchamli granula-zarrachalar tarkibli uran miqdori kam bo'lgan rudalar tashkil etishi va ularni groxot yordamida mexanik ajratish yo'li bilan jarayondan olib tashlash mumkinligi eksperimental aniqlangan;

ikkilamchi texnogen rudalar qatlamlarida uranning vertikal taqsimlanishi ularning saqlanish muddatiga chiziqli bog'liqligi, ya'ni eski uran otvallari quyi qismlarida uran ko'proq va yangi uran otvallarining butun hajmi bo'ylab uranning bir xil taqsimlanishi aniqlangan;

ikkilamchi texnogen rudalardan uranni maksimal ajratib olish jarayonida qattiq va suyuqlikning (Q : S) optimal nisbatini tanlashda bu nisbat - 1:2 ga teng ekanligi eksperimental aniqlangan;

uranni uyumda eritmaga o'tkazishdagi asosiy geotexnologik parametr - uranga boy sinflardan tarkibida kislotalarni yaxshi yutuvchi minerallarga ega tarkibli uran miqdori kam bo'lgan tog' jinslarini ajratib tashlash hisobiga rudalarni kislotalash jarayoni vaqtini kamaytirish imkoniyatlari topilgan.

**Tadqiqotning amaliy natijalari** quyidagilardan iborat:

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologik prinsiplial sxemasida groxot foydalanish asosida katta o'lchamli rudalarni kichik o'lchamli rudalardan ajratish yo'li topilgan;

ikkilamchi texnogen rudalar tarkibidagi kambag'al uran tarkibli qum - gilli qismini tadqiq qilishning granulometrik usuli topilgan;

ikkilamchi texnogen rudalardagi uranning hajmiy taqsimlanishini o'rganish asosida uran chiqindilarining yuqori qatlamlaridan foydalanmaslik va ularning yarmidan pastki qismlaridan foydalanish tavsiyasi ishlab chiqilgan;

ikkilamchi texnogen rudalar uyumining kislotalanish vaqtini kamaytirish yo'li topilgan;

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologik sxemasini qo'llash natijasida bu rudalarni rekultivatsiya qilish imkoniyati topilgan;

uran chiqindilari joylashgan hududning radiatsion holatini baholash usullari ishlab chiqilgan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** Tadqiqot natijalarining ishonchliligi aniq qo'yilgan vazifa asosida laboratoriya va tajriba-sanoat sinovlarining yetarli va statistik jihatdan asoslangan hajmi; ishlab chiqilgan uran olish texnologiyasini tajriba sharoitida sinovdan o'tkazishda olingan ijobiy natijalar; olingan natijalarning

yaqinlashishi va miqdoriy tasdiqlanishi; ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasi «NKMK» AJ obyektlarida ishlab chiqilgan texnologiyani tajriba-laboratoriya sinovidan o'tkazish va joriy etish bo'yicha olingan ijobiy dalolatnoma bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.** Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish jarayoniga ta'sir ko'rsatuvchi fizik-kimyoviy va radiatsiyaviy xususiyatlarini o'rganish bilan belgilanadi. Ushbu natijalar ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish geotexnologik usullarining fizik-kimyoviy asoslari nazariyasiga qo'shilgan hissa bo'lib, ushbu rudalarni qazib olishning ilmiy asoslarini nazariy umumlashtirish va ishlab chiqish asosida olingan.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati bo'sh tog' jinslaridan mahsuldor boy sinfni granulometrik ajratish asosida ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olishning prinsipl texnologik sxemasini tuzish bilan tavsiflanadi va uyumda eritmaga o'tkazishning asosiy geotexnologik parametriga bog'liq holda ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olishda, bo'sh tog' jinslari tarkibida mavjud bo'lgan kislota yutuvchi minerallarni kamaytirish hisobiga rudalarni kislotalash jarayoniga sarflangan vaqtni kamaytirishga asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** Ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olish texnologiyasi bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologik prinsipl sxemasida asosiy ishchi qism sifatida groxotdan foydalanish Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasining uran geotexnologiyasi laboratoriyasida joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ 2024-yil 2-iyuldagi № 23/01-01-07/339-sonli ma'lumotnomasi). Natijada, ikkilamchi texnogen rudalarning katta o'lchamli granulalar sinfini kichik o'lchamli granulalar sinfidan ajratish imkonini bergan;

ikkilamchi texnogen rudalar tarkibidagi uranni o'zida kam saqlagan qum - gilli qismni tadqiq qilishning granulometrik usuli «NKMK» AJ uran geotexnologiyasi laboratoriyasida joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ 2024-yil 2-iyuldagi № 23/01-01-07/339-son ma'lumotnomasi). Natijada, uran umumiy miqdorining 12,5 % dan kam qismini o'zida saqlovchi ikkilamchi texnogen rudalarni qayta ishlash jarayoniga jalb qilmaslik imkonini bergan;

ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish jarayonida umumiy massaning 2/3 qismini qayta ishlashga jalb qilish tavsiyasi «NKMK» AJ uran geotexnologiyasi laboratoriyasida joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ 2024-yil 2-iyuldagi № 23/01-01-07/339-son ma'lumotnomasi). Natijada, ikkilamchi texnogen rudalardan 85 % dan ortiq uran olish imkonini bergan;

ikkilamchi texnogen rudalardagi uranning hajmiy taqsimlanishini o'rganish asosida uran chiqindilarining yuqori qatlamlaridan foydalanmaslik tavsiyasi «NKMK» AJ uran geotexnologiyasi laboratoriyasida joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ 2024-yil 2-iyuldagi № 23/01-01-07/339-son ma'lumotnomasi). Natijada, uran chiqindilaridan uranni eritmaga o'tkazish jarayoniga ularning yarmidan pastki qismini jalb qilish imkonini bergan;

ikkilamchi texnogen rudalar uyumining kislotalanish vaqtini kamaytirish imkoniyati 2018-2020 yillarda «NKMK» AJ uran geotexnologiyasi laboratoriyasi

tomonidan Uchquduq geotexnologik konida uranni uyumda eritmaga o'tkazish jarayonida joriy etilgan («Navoiy kon-metallurgiya kombinati» AJ 2024-yil 2-iyuldagi № 23/01-01-07/339-son ma'lumotnomasi). Natijada, ikkilamchi texnogen rudalar uyumining kislotalanish vaqtini 12 % gacha kamaytirish imkonini bergan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Ushbu tadqiqot natijalari 13 ta xalqaro va 10 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarda aprobatsiyadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinganligi.** Dissertatsiya mavzusi bo'yicha 43 ta ilmiy ishlar chop etilgan, shulardan 1 ta monografiya, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan ilmiy nashrlarida 16 ta maqola, shu jumladan: 8 ta respublika va 8 ta xorijiy jurnallarda chop etilgan, 3 ta elektron hisoblash mashinalari uchun yaratilgan dasturga guvohnoma olingan.

**Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi.** Dissertatsiyaning tarkibi kirish, olti bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 200 betni tashkil etgan.

## **DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI**

**Kirish qismida** tadqiqotning dolzarbligi va unga bo'lgan talab, tadqiqotning maqsad va vazifalari asoslab berilgan, tadqiqot obyekti va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon etilgan, olingan natijalarning ilmiy-amaliy ahamiyati ochib berilgan, natijalarni amaliyotga tatbiq etish bo'yicha tavsiyalar, nashr etilgan ilmiy ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan.

**«Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishning fizik-kimyoviy geotexnologiyasi rivojining hozirgi holati»** deb nomlangan birinchi bobda butun dunyo bo'ylab mavjud geotexnologik usullarning hozirgi holati, uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishda foydalaniladigan texnologik sxemalar va murakkab qurilmalar har tomonlama o'rganildi. Tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi rudalardan uranni eritmaga o'tkazish usullari, uran chiqindilarining fizik-kimyoviy va radiatsion tarkibini o'rganish usullari va tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalarning radiatsiyaviy ko'rsatkichlarini pasaytirish bo'yicha tadqiqotlar natijalari tahlil qilindi. Dissertatsiya ishi doirasida hal qilinishi kerak bo'lgan geotexnologik muammolar asoslab berildi.

**«Ikkilamchi texnogen rudalarning fizik-mexanik va radiatsiyaviy xossalari tadqiq qilish»** deb nomlangan ikkinchi bobda fizik-kimyoviy va radiatsiyaviy xossalari bilan farq qiluvchi ikkilamchi texnogen rudalarning tarkibi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Ikkilamchi texnogen rudalarning tarkibi ko'p komponentli tuzilma bo'lib, ular tarkibiy qismlarining xususiyatlari va bog'lanish usullari bilan farqlanadi. Ikkilamchi texnogen rudalar turli kon va gidrogeologik sharoitlarga ega. Shuning uchun ishning birinchi bosqichida ularning tarkibiy tuzilishi, fizik-kimyoviy, kimyoviy-texnologik va fizik-mexanik xususiyatlarini batafsil o'rganilishi talab etiladi.

Ikkilamchi texnogen rudalarning tarkibi va xususiyatlari ishchi reagentlardan foydalanish samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi sababli, ularni o'rganishga alohida e'tibor berish kerak.

Ikkilamchi texnogen rudalar texnologik rejim parametrlarini tanlash uchun fizik-mexanik (g'ovaklik, zichlik, donadorlik, qattiqlik) va radiatsiyaviy (har bir radionuklidning solishtirma faolligi, solishtirma effektiv faollik, ekvivalent faollik quvvati) xususiyatlarini bilish zarur.

Qizilqum mintaqasining ikkilamchi texnogen rudalari asosan cho'kindi tog' jinslardan iborat bo'lib, ular o'zining yumshoqligi (qum, shag'al, shag'al toshlar), plastik (gil, gilli tuzilma) va magmatik (ohaktosh, dolomit, qumtosh, alevrolit, konglomerat va boshqalar) xususiyatlari bilan ajralib turadi.

Qizilqum mintaqasining ikkilamchi texnogen rudalari qumtosh-gilli bo'lib, ular yaxshi g'ovaklik va o'tkazuvchanlikka ega, bu esa uranni eritmaga o'tkazishda ijobiy hal qiluvchi omil hisoblanadi. Qoidaga ko'ra, g'ovaklik va o'tkazuvchanlik qancha yuqori bo'lsa, uranni eritmaga o'tkazish jarayoni shuncha tezroq bo'ladi. 1-jadvalda o'rganilayotgan tog' jinslarning g'ovakligi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

1-jadval

Ba'zi o'rganilayotgan tog' jinslarning g'ovakligi va o'tkazuvchanligi haqidagi ma'lumotlar

No	Tog' jinslari	G'ovaklik, %	Filtrlash koeffitsiyenti, m/kun
1	Granitlar	1,2	0,006-2,0
2	Kvarsitlar	1,0	0,013-0,051
3	Ohaktoshlar	0,53-13,4	0,5 dan kam
4	Qumtoshlar	4,8-29,0	0,0005-3,0
5	Gillar	6,9-50,0	0,005 dan kam
6	Qumlar	6,0-52,0	0,1-100
7	Qumloq	0,5-0,7	0,1-0,7
8	Nam qum (Suglinok)	52,0-55,0	0,005-0,4

1-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, barcha tog' jinslari u yoki bu darajada g'ovakdir. Gillar, qumlar va qumtoshlar ayniqsa yuqori g'ovaklikka ega. Ammo gilda asosan yopiq g'ovaklar bo'ladi, ya'ni ular bir-biri bilan bog'lanmagan bo'ladi. Qoplovchi tog' jinslari juda g'ovakdir. Chuqurlik oshgani sayin qoplovchi tog' jinslarining g'ovakligi kamayadi. G'ovaklik donalarning shakli va hajmiga, ularning yumaloqlik darajasiga, bo'laklar va donalarning siqilishiga va sementlanishiga bog'liq.

Tog' jinslarining radioaktivligi ulardagi U, Th, Ra, K kabi radioaktiv elementlarning miqdori bilan belgilanadi. Ushbu radioaktiv elementlarning tog' jinslari tarkibidagi miqdori ularning solishtirma faollik, solishtirma effektiv faollik, natijaviy solishtirma alfa-faollik va gamma-nurlanishning ekvivalent miqdori quvvati kabi radiatsiya ko'rsatkichlarini belgilaydi. Bundan tashqari, tog' jinslari radioaktiv elementlarning parchalanish mahsulotlarini, radionuklidlarni o'z ichiga oladi. Ular tog' jinslarida bir qancha radioaktiv gazlarni hosil qiladi. Uranning

parchalanish zanjiridagi bu radioaktiv gazlardan asosiysi radon - Rn. U radiogen bo‘lib, radioaktiv konlarning halolarida to‘planadi. 2-jadvalda ikkilamchi texnogen rudalarning radiatsiya ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma’lumotlar keltirilgan.

2-jadval

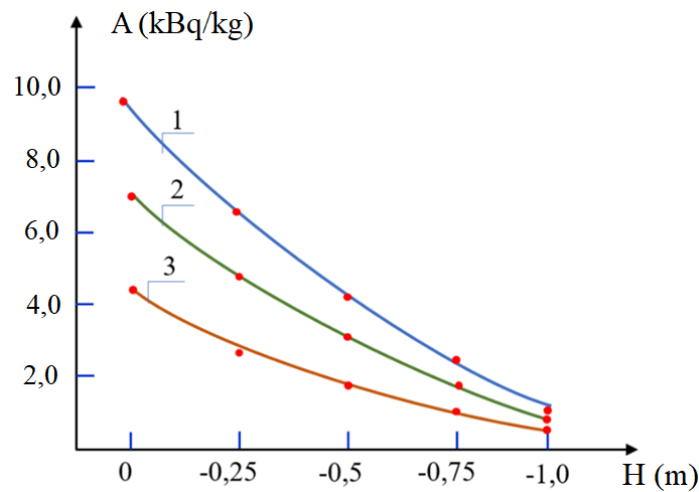
Ikkilamchi texnogen rudalarning radiatsiya ko‘rsatkichlari bo‘yicha ma’lumotlar

Namunalar	Ikkilamchi texnogen rudalar radionuklidlarining solishtirma faolligi, Bq/kg			$A_{\text{eff}}$ , Bq/kg	Tuproqning natijaviy solishtirma alfa faolligi, Bq/kg	gamma-nurlanish EMQ, $\mu\text{Zv}/\text{soat}$
	$^{40}\text{K}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$			
1(16)	1253	2423	70	2627	24282	4,12
2(15)	841	1494	32	1612	13266	3,84
3(14)	837	1014	33	1133	14184	2,82
4(17)	961	395	36	528	3948	1,39
5(7)	737	3847	26	3948	21665	3,92
6(9)	933	2625	34	2754	15712	3,44
7(6)	786	2097	38	2217	19642	3,26
8(10)	1200	1480	65	1673	18118	2,40
9(12)	990	3402	56	3564	20880	2,12
10(11)	1239	2237	62	2430	16180	1,60
11(11a)	1710	2589	79	2846	16228	2,82
12(11b)	979	2416	46	2564	21557	3,58
13 (15PU)	946	922	47	1069	28319	5,20

2-jadvalda keltirilgan natijalardan ko‘rinib turibdiki, ikkilamchi texnogen rudalarning o‘rganilgan 13 ta namunalarida radiatsiya ko‘rsatkichlari ya‘ni: solishtirma faollik, solishtirma effektiv faollik-  $A_{\text{eff}}$ , natijaviy solishtirma alfa-faollik va gamma-nurlanishning ekvivalent miqdori quvvati turli qiymatlarga ega. Ya‘ni, 1-namuna uchun solishtirma faollik -  $^{40}\text{K}$  uchun 1253 Bq/kg,  $^{226}\text{Ra}$  uchun 2423 Bq/kg,  $^{232}\text{Th}$  uchun 70 Bq/kg, solishtirma effektiv faollik- $A_{\text{eff}}$  2627 Bq/kg, natijaviy solishtirma alfa-faollik 24282 Bq/kg va gamma-nurlanishning ekvivalent miqdori quvvati 4,12  $\mu\text{Zv}/\text{soat}$ ga teng.

Bundan tashqari, uranning chuqurlikdagi taqsimoti o‘rganildi. Tanlangan namunalaridagi uran konsentratsiyasining qiymatlarini aniqlash uchun solishtirma effektiv faollik -  $A_{\text{eff}}$  qiymatlari aniqlandi. Ikkilamchi texnogen rudalarning har bir nuqtasidan namuna olishda turli chuqurliklardan (0,25 m; 0,5 m; 0,75 m va 1,0 m) olinishiga e‘tibor qaritildi va ulardagi solishtirma effektiv faollik -  $A_{\text{eff}}$  qiymatlari aniqlandi. Namunalardan olingan natijalar asosida solishtirma effektiv faollik- $A_{\text{eff}}$  qiymatining chuqurlikka bog‘liqlik grafigi chizildi (1-rasm).

1-rasmdan ko‘rinib turibdiki turli chuqurliklardan olingan namunalar uchun solishtirma effektiv faollik-  $A_{\text{eff}}$  qiymati: 1- namuna uchun 9,8 dan 1,9 kBq/kg gacha, 2- namuna uchun 7,5 dan 1,5 kBq/kg gacha va 3-namuna uchun 4,2 dan 1,0 kBq/kg gacha oraliqda kamayadi. Bu fakt barcha namunalar uranni qazib olish geotexnologik jarayonida texnogen hosil bo‘lgan uran rudalari hududidan olinganligini tasdiqlaydi.



**1-rasm. Namuna solishtirma effektiv faollik- $A_{\text{eff}}$  qiymatining chuqurlikka bog‘liqligi grafigi**

Shunday qilib, ikkilamchi texnogen rudalar fizik-mexanik va radiatsiyaviy xossalari tadqiq qilish asosida bu texnogen rudalardan qo‘shimcha holda uran olish imkoniyati mavjudligi tasdiqlandi.

Ikkilamchi texnogen rudalarning o‘rganilgan fizik-mexanik va radiatsion xossalari, Q:S nisbat, ishchi eritmaning konsentratsiyasi, uranni tanlab ertish vaqti va texnologik rejimning radiatsiya parametrlarini tanlash uchun asos bo‘ladi.

**«Fizik-kimyoviy geotexnologik usul bilan ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish jarayoniga tahliliy namuna tanlash va jarayonga tayyorlash usullari»** deb nomlangan uchunchi bobda tarkibida uran miqdori kam bo‘lgan rudalarni uranga boy rudalardan mexanik, elektromagnit, sentrafuga va boshqa usullar bilan ajratish uslublari bilan bir qatorda analitik usullar hamda uranni aniqlashda foydalaniladigan instrumental laboratoriya qurilmalari ham tadqiq qilindi.

Uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalardan tanlab olingan 120 ta namunada uran konsentratsiyasi ARF-7 rentgenofluoressensiya spektrometri (Rossiya) yordamida aniqlandi. Ushbu spektrometr 40 dan ortiq elementlarning konsentratsiyasini aniqlaydi (Be dan U gacha). Bundan tashqari, uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning ushbu 120 ta namunalarida GAMMA-PROGRESS markali gamma-spektrometr yordamida gamma-spektrometrik tahlil usuli bilan tabiiy radionuklidlarning solishtirma faolligi aniqlandi.

Ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olishning fizik-kimyoviy geotexnologik usuli turli kislotalarning suvli eritmaları yordamida uranni qattiq holatdan suyuqlikka aylantirishga asoslangan. Uranni ajratib olish koeffitsiyenti dastlabki namunalardagi uran tarkibiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri proporsionaldir. Ushbu faktdan kelib chiqib, tadqiqot doirasida fizik-kimyoviy geotexnologiya usulidan foydalangan holda qayta ishlashga jalb qilingan rudalarning mahsuldor navlarining massa miqdorini oshirishga maksimal darajada e‘tibor qaratilgan.

Mahsuldor ruda navlarining massa ulishini ortishi va kon massasini saralangan ruda bo‘lagi o‘lchamlaridan saralashda mahsuldor navlarning hosildorligiga ta‘sirini aniqlash uchun tadqiqotlar o‘tkazildi. Tadqiqot natijasida, +25 va -25 mm sinfli ruda

o'lchamlarini har biri taxminan 50 % bo'lgan ikki bo'lakka bo'linganligi aniqlandi, bunda o'lchami -25 mm bo'lgan ruda bo'laklaridagi uran miqdori o'lchami +25 mm bo'lgan ruda bo'laklaridagi uran miqdoridan 50 % ko'pdir. O'lchami -25 mm bo'lgan fraksiyada taxminan 70 % ga yaqin uran olinadi. Tadqiqot jarayonida ikkilamchi texnogen rudalarda uranning fraksiyalar bo'yicha taqsimlanishini o'rganish jarayonida uran olishning fizik-kimyoviy geotexnologik usuli samaradorligiga salbiy ta'sir qiluvchi asosiy omil – rudalar va tog' jinslari tarkibida kremniy oksidi ( $\text{SiO}_2$ ) ning mavjud bo'lishi ekanligi aniqlandi. Tog' jinslari va rudalar tarkibidagi kremniy oksidi ( $\text{SiO}_2$ ) miqdorini aniqlashning analitik formulasi quyidagicha:

$$\gamma = \frac{\alpha}{0,38+0,002\alpha+0,0001\alpha^2} \quad (1)$$

bu yerda,  $\alpha$  -  $\text{SiO}_2$  miqdori, %.

Laboratoriya tadqiqotlari jarayonida tarkibida 0,032 % uran bo'lgan 300,0 kg ikkilamchi texnogen ruda qayta ishlanadi va fraksiyalarni ajratish texnologiyasi asosida undagi uran miqdori 1,67 barobarga oshirilib, 0,053 % ga yetkazildi.

Ushbu ma'lumotlar asosida 10 g/l sulfat kislota konsentratsiyali eritmada faol eritmaga o'tkazish rejimida uranni eritmaga o'tkazish dinamikasi o'rganildi. Ushbu jarayonning analitik formulasi quyidagicha

$$\gamma_U = \frac{t}{0,84 + 0,01t} \quad (2)$$

bu yerda  $t$ -uranni eritmaga o'tkazish vaqti, soat.

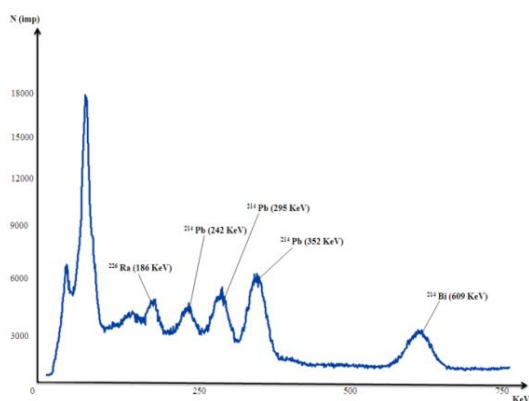
Tadqiqotlar davomida tarkibida 0,030-0,050 % uran bo'lgan rudani eritmaga o'tkazish orqali 80-82 % uran ajratib olinganda 1 kg ajratib olingan uran uchun sulfat kislota sarfi 25-30 kg ekanligi aniqlandi.

Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishda samarali fizik-kimyoviy geotexnologik usulni ishlab chiqish davomida uran tarkibli namunalarda uranning taqsimlanishi o'rganildi. Tabiiy radionuklidlarning solishtirma faolligini aniqlashning gamma-spektrometrik usuli instrumental usul hisoblanib, murakkab namuna tayyorlash jarayonlarini talab qilmaydi.

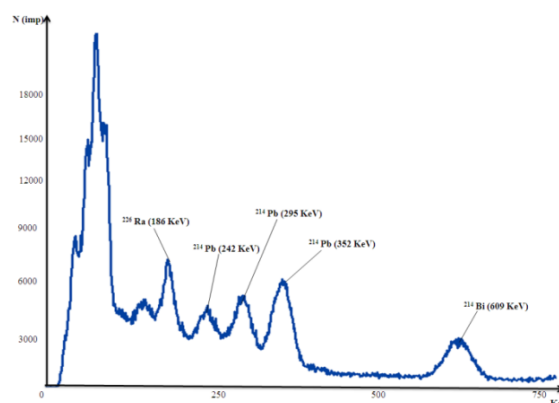
Gamma-spektrometrik tahlil usuli asosida, tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalardagi ba'zi tabiiy radionuklidlarning solishtirma faolligi aniqlandi (2 a,b-rasmlar).

2 a va 2 b-rasmlardan ko'rinib turibdiki gamma-spektrometrik tahlil usuli yordamida ikkilamchi texnogen ruda namunalardagi barcha tabiiy radionuklidlarning solishtirma faolligini aniqlash mumkin.

Uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning rentgenofluoretsent tahlilini amalga oshirish orqali, qiymatlari 3-jadvalda keltirilgan 10 ta namuna tarkibidagi uran miqdori aniqlandi. Aniqlangan uran miqdorining to'g'riligini tasdiqlash uchun har bir o'lcham uchun 4 tadan parallel namuna olindi va ulardagi uran miqdori aniqlandi.



**2a-rasm. Faolligi past bo‘lgan uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning gamma-spektrometrik tahlil spektri**



**2b-rasm. Faolligi yuqori bo‘lgan uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning gamma-spektrometrik tahlil spektri**

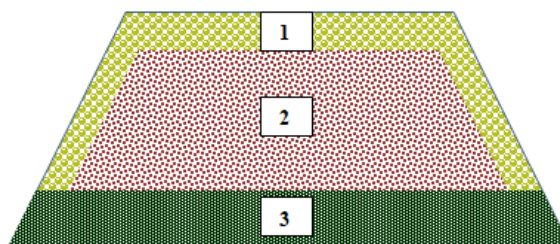
3-jadvalda keltirilgan natijalardan ko‘rinib turibdiki uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarda uran miqdori 123 g/t dan 229 g/t gacha oraliqda o‘zgaradi. Uran miqdorini aniqlashdagi usul xatoligi  $\pm 3,5\%$  dan oshmaydi. Uranni aniqlashning ushbu usuli ikkilamchi texnogen rudalarga mos keladi va metrologik o‘lchov talablariga to‘liq javob beradi.

3-jadval

Ikkilamchi texnogen rudalar 10 ta namunalarining rentgenofluoretsent tahlili

Namuna №	Parallel namunalardagi uran miqdori, (g/t)				U <sub>o‘r</sub> , g/t
	1	2	3	4	
1	138	133	134	137	136
2	135	130	134	131	132
3	124	129	131	132	129
4	161	159	167	160	162
5	119	121	127	123	123
6	138	141	139	137	139
7	153	149	147	156	151
8	143	139	142	145	142
9	213	216	214	219	215
10	224	229	231	232	229

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, otvaldagi rudalarning parchalanishi jarayonida ikkilamchi texnogen rudalardagi uranning vertikal taqsimlanishi sezilarli darajada o‘zgaradi. Turli xil tabiiy jarayonlar ta’sirida otvalning yuqori qatlamlarida mavjud bo‘lgan uran eriydi va yong‘ir suvlari ta’sirida chiqindixonaning pastki gorizontlariga o‘tadi. Ushbu ta’sirlar natijasida otvallarda uran bilan boyigan texnogen cho‘kindilar zonasi hosil bo‘ladi. Otvallardagi uran migratsiyasi jarayoni sababli yuqori gorizontlardagi uran miqdori kamayadi. Otvalning pastki qismida esa uran miqdori ortib boradi. Ushbu tushuntirishlarni 3-rasmdagi sxematik shaklda aks ettirish mumkin.



1 – otvalning tabiiy parchalanish natijasida hosil bo‘lgan qatlami;  
 2 – otvalning kimyoviy parchalanish qatlami; 3 – texnogen cho‘kindilar qatlami  
**3-rasm. Turli tabiiy jarayonlar ta‘sirida uran tarkibli otvalning shakllanishining sxematik ko‘rinishi**

3 - rasmdan ko‘rinadiki 1 - uran tarkibli otvalning yuqori qatlami tabiiy ob-havo ta‘sirida hosil bo‘ladi va uning taxminiy qalinligi 5 - 6 metrdan kamroq. Bu qatlamda uran miqdori quyi qatlamlarga qaraganda 30 - 40 % kamroq. Birinchi qatlam ostida 2 - qatlam hosil bo‘ladi va u kimyoviy parchalanish qatlami deb ataladi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, bu qatlamdagi uran miqdori 0,015 dan 0,032 % gacha bo‘lib, fizik-kimyoviy geotexnologik usuldan foydalanib, mahsuldor sinfni ajratib olish bilan qayta ishlashga mos keladi. Texnogen cho‘kindili 3 - qatlamda tarkibi 0,12 % dan ortiqroq uran bilan boyigan ruda mavjud. Ushbu rudani dastlabki tayyorgarlik ishlarisiz gidrometallurgik texnologiya (GMT) yordamida qayta ishlash mumkin.

Uran tarkibli ikkilamchi texnogen uchta obyektidagi: yer ostida eritmaga o‘tkazish maydonlari, chiqindi saqlash omborlari va uran tarkibli otvallardagi uran miqdori aniqlandi (4-jadval).

4-jadval

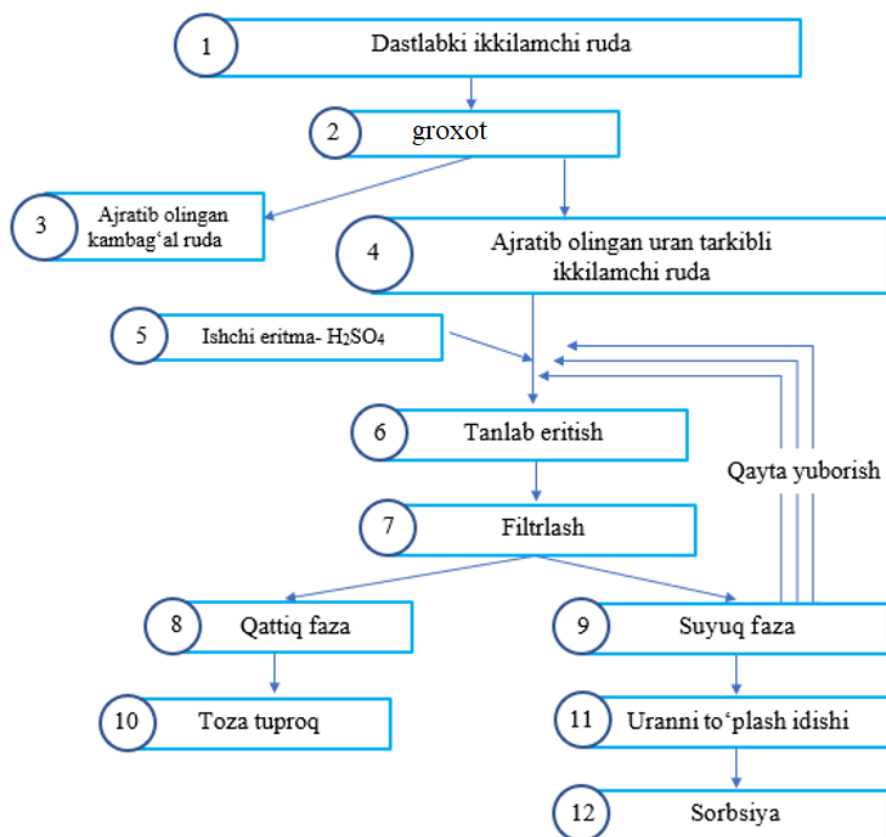
Yer ostida eritmaga o‘tkazish maydonlari, chiqindi saqlash omborlari va uran tarkibli otvallarda uranning fraksiyalar bo‘yicha taqsimlanishi

№	Ruda o'lchamu, mm	Yer ostida eritmaga o‘tkazish maydoni			Chiqindi saqlash omborlari			Uran tarkibli otval		
		Massasi, kg	Ulishi, %	U <sub>um</sub> , g/t	Massasi, kg	Ulishi, %	U <sub>um</sub> , g/t	Massasi, kg	Ulishi, %	U <sub>um</sub> , g/t
1	-200+100	8,6	4,5	8,16	5,5	4,1	8,9	12,6	2,2	7
2	-100+50	9,2	3,8	6,84	3,9	4,2	9,2	4,9	4,1	13,1
3	- 50+25	10,3	5,3	9,6	5,3	6,3	13,6	13,5	6,2	19,9
4	-25+10	15,5	7,6	13,7	8,4	8,8	19,1	22,1	8,5	27,2
5	-10+5	9,3	9,4	17	4,9	9,7	21,1	10,7	9,6	30,8
6	-5+3	4,9	10,5	19	2,5	9,8	21,3	5,6	10,2	32,7
7	-3+2	4,6	12,3	22,2	1,6	12,7	27,6	4,3	10,7	34,3
8	-2+1	3,9	23,2	41,9	2,7	20,2	43,8	5,4	23,2	74,3
9	-1+0	15,3	23,4	42,3	6,3	24,3	52,7	20,9	25,3	81,1
Umumiy		81,6	100,0	180,7	41,1	100	217,3	100	100,0	320,4

«Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishda tavsiya etilgan fizik-kimyoviy geotexnologik sxema» deb nomli to‘rtinchi bobda tarkibida uran bo‘lgan ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishning taklif etilayotgan fizik-kimyoviy

geotexnologik sxemasi, uning ishlash prinsipi, tarkibiy qismlari va ushbu sxemaning samaradorligini baholash imkoniyatlari ko'rsatilgan.

5-rasmda tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olishning taklif etilayotgan asosiy fizik-kimyoviy geotexnologik sxemasi, uning tarkibiy qismlari va ishlash usuli keltirilgan.



**5-rasm. Tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishning asosiy fizik-kimyoviy geotexnologik sxemasi**

Tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalardan uran olishning tavsiya etilgan fizik-kimyoviy geotexnologik prinsipal sxemasi va uning ishlash prinsipi quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi. Uranning parchalanish zanjiri bo'lgan  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  radionuklidlardan iborat texnogen uran rudalari – (1) bunkerga joylanadi, so'ngra groxot (2) yordamida ikkilamchi rudaning katta o'lchamli sinfi kichik o'lchamli sinfidan ajratiladi, ikkilamchi texnogen rudaning tarkibida uran miqdori kam bo'lgan katta o'lchamli sinflari konveyer tasmasi (3) yordamida chiqindixonaga chiqariladi, uranga boy tarkibli kichik o'lchamli sinf rudalari idishda (4) yig'iladi, ( $\text{H}_2\text{O}+\text{H}_2\text{SO}_4$ ) aralashmali ishchi eritmasi (5) va ikkilamchi texnogen uran rudasi eritish uchun pachukga (6) yuklanadi, pachukdagi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  sulfat kislota konsentratsiyasi –10 g/l ga teng, Q:S nisbati 1:2. Pachuk (6)ga yuklangan ushbu aralashma 1 soat davomida aralashtiriladi, aralashtirish natijasida olingan bo'tana filtrlash uchun yuboriladi (7). Filtrlash jarayonida ajratib olingan qattiq faza (8) tarkibidagi kislotasini kamaytirish uchun suv bilan yuviladi va radionuklidlardan (10) tozalangan ushbu faza karerga tashlanadi. Qattiq fazani suv bilan yuvish natijasida hosil bo'lgan suyuq faza (9) uranli eritmani yig'ish uchun

idishga (11) yig'iladi. 3 marta qayta foydalanishdan so'ng uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarni qayta ishlash jarayonida hosil bo'lgan ishchi eritma mahsuldor eritmani yig'ish uchun mo'ljallangan idishga (11) yig'iladi va so'ngra sorbsiyalash jarayoniga (12) yuboriladi. Uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalarning ikkinchi partiyasi va undan keyingi partiyalar shu ketma-ketlikda qayta ishlanadi.

Ikkilamchi texnogen rudalardan kambag'al uran tarkibli rudalarni texnologik jarayondan chetlashtirish masalalari har tomonlama o'rganildi. Bizga ma'lumki, ikkilamchi texnogen rudalarda uran bir tekis taqsimlanmagan. Ikkilamchi texnogen rudalarni qayta ishlashda bu rudalar tarkibidagi uran bo'lmagan qismlarni chiqindi tog' jinsi sifatida chiqarib tashlash mumkin. Ushbu qismni olib tashlash uchun uran rudasining zarrachalar o'lchami bo'yicha taqsimlanishi to'g'risidagi aniq ma'lumotlar talab qilinadi. Granulometrik tahlil bizga namunadagi zarrachalar o'lchami bo'yicha uranning taqsimlanishi haqida ma'lumot olish imkonini beradi. Zarrachalar o'lchami taqsimoti bo'yicha o'lchov natijalari odatda differensial va integral bog'liqlik shaklida taqdim etiladi. Bu usul namunadan lazer nuri o'tganda tarqalgan yorug'lik intensivligini o'lchashga asoslangan. Zarrachalar o'lchamini tahlil qilish uchun elak usuli, lazer diffraksiya usuli va boshqa usullar mavjud.

Texnogen ikkilamchi uran rudalarida zarrachalar o'lchamining granulometrik taqsimlanishini aniqlash uchun Mastersizer 3000 markali lazerli difraksion analizatoridan foydalanildi. Ushbu analizator zarrachalar o'lchamini 0,01 mikrondan 3500 mikrongacha oraliqda aniqlay oladi.

Ikkilamchi texnogen uran otvallaridan olingan namunalarda uranning taqsimlanishi o'rganildi (5-jadval). Olingan natijalardan ma'lum bo'ldiki, zarrachalar o'lchamlarining (-200+100) mm, (-100+50) mm, (-50+25) mm, (-25+10) mm, (-10+5) mm, (-5+3) mm, (-3+2) mm, (-2+1) mm, (-1+0) mm kamayishi bilan ulardagi uran miqdori 7 g/t dan 81,1 g/t gacha ortadi. Bundan tashqari, (-25+10) mm, (-10+5) mm, (-5+3) mm, (-3+2) mm, (-2+1) mm, (-1+0) mm kichik sinfli uranli rudalar tarkibida jami uranning 87,5 % mavjud. Bu sinflarning umumiy massasi namuna umumiy massasining 69 % ni tashkil qiladi. Ushbu tadqiqotdan ma'lum bo'ldiki, fizik-kimyoviy geotexnologik usul yordamida qayta ishlanadigan uranli rudalar tarkibidan 12,5 % uran bo'lgan 31 kg og'irlikdagi kambag'al rudani chiqarib tashlash mumkin. Qayta ishlash uchun tarkibida 280,4 g/t bo'lgan uran rudalaridan foydalanish mumkin.

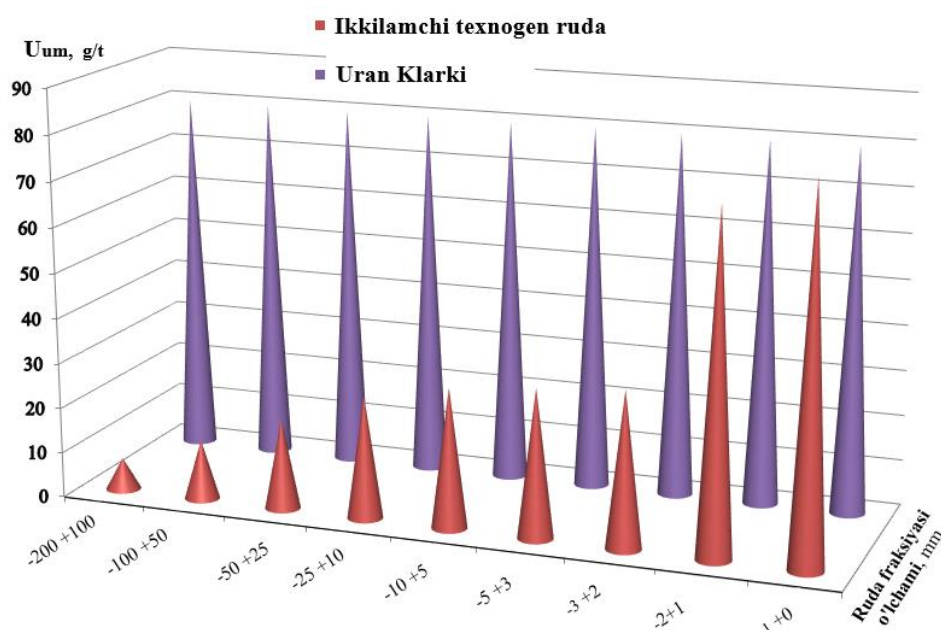
5-jadval

Uran chiqindilaridan olingan o'rtacha namunalarni granulometrik tahlil natijalari

№	Zarrachalar o'lchami, mm	Massasi, kg	Ulushi, %	U <sub>jami</sub> , g/t
1	-200+100	12,6	2,2	7,0
2	-100+50	4,9	4,1	13,1
3	- 50+25	13,5	6,2	19,9
4	-25+10	22,1	8,5	27,2
5	-10+5	10,7	9,6	30,8

6	-5+3	5,6	10,2	32,7
7	-3+2	4,3	10,7	34,3
8	-2+1	5,4	23,2	74,3
9	-1+0	20,9	25,3	81,1
	Jami	100	100,00	320,4

Olingan natijalarning aniqligi uchun o'tkazilgan tadqiqotlar asosida uranning mahsuldor navlarining o'lcham sinflari bo'yicha taqsimlanishining grafik bog'liqligi chizildi (6-rasm). Mahsuldor navlardagi uran miqdorining qiymati uranning Klark qiymati bilan taqqoslandi. Ma'lumki, Klark qiymati bo'yicha Yer qobig'idagi uran 80,0 g/t ni tashkil qiladi. Namunalardagi granula fraksiyalarda uran miqdori 7 g/t dan 81,1 g/t gacha o'zgardi.



### 6-rasm. Uran mahsuldor navlarining fraksiyalar bo'yicha taqsimlanishi

Ikkilamchi texnogen uran rudalarida uranning granulometrik taqsimlanishini o'rganish asosida kichik sinflar, ya'ni -25 dan -1 mm gacha o'lchamli rudalarda uranning miqdori maksimal degan xulosaga kelishimiz mumkin.

Olingan ma'lumotlardan xulosa qilishimiz mumkinki, ikkilamchi texnogen uran rudalaridan uran olishning taklif etilayotgan fizik-kimyoviy geotexnologik sxemasi qo'shimcha uran ishlab chiqarish uchun istiqbolli va nazariy jihatdan asoslangan samarali usul hisoblanadi.

Ushbu texnologik sxemaning maqbulligini o'rganish uchun ikkilamchi texnogen rudalarda tajriba o'tkazildi. Dastlab namunalar taklif etilgan sxema bo'yicha eritmaga o'tkazish jarayonidan o'tdi.

Shundan so'ng quritish shkafida quritilgan namuna tarkibidagi uran miqdori aniqlandi. 6-jadvalda dastlabki va qayta ishlangandan keyingi namunalardagi uran miqdori qiymatlari keltirilgan.

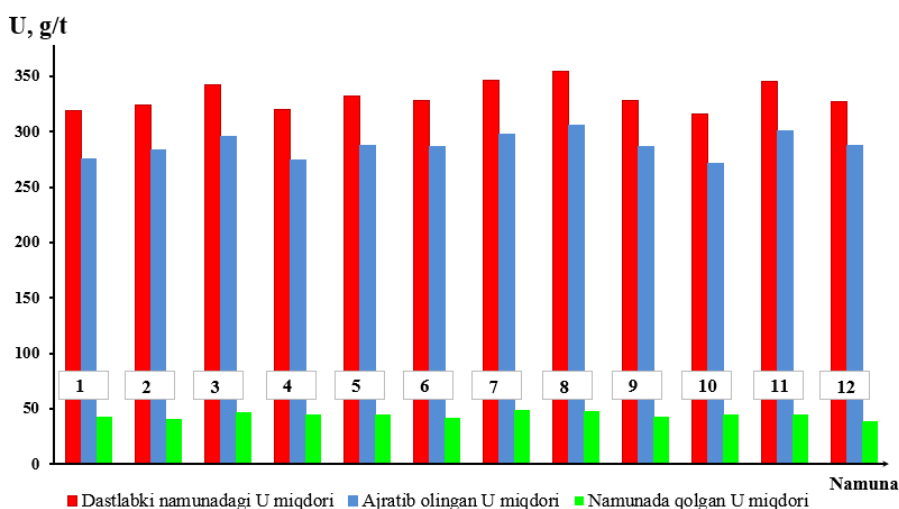
Ikkilamchi texnogen ruda namunalaridagi dastlabki hamda qayta ishlagandan keyingi uran miqdori

No	Dastlabki namunalardagi uran miqdori, g/t	Qayta ishlashdan keyin namunalardagi uran miqdori, g/t	Ajratib olingan uran, g/t	Uran olinish ulushi, %
1	318,6	43,0	275,6	86,5
2	324,3	40,5	283,8	87,5
3	342,7	47,3	295,4	86,2
4	319,8	45,1	274,7	85,9
5	332,0	44,8	287,2	86,5
6	328,6	42,1	286,5	87,2
7	346,2	48,8	297,4	85,9
8	354,4	48,2	306,2	86,4
9	328,5	42,4	286,1	87,1
10	315,7	44,8	270,9	85,8
11	345,6	44,6	301	87,1
12	326,7	38,9	287,8	88,1

7-rasmdan ko‘rinib turibdiki dastlabki namunalardagi 315,7 dan 354,4 g/t gacha bo‘lgan uran miqdorining o‘zgarishi qizil rang bilan, qayta ishlangandan keyin namunalarda uran miqdori 38,9 dan 48,8 g/t gacha kamayishi esa yashil rang bilan ko‘rsatilgan. Ushbu qiymat Klark soni qiymatidan kichikdir. Ko‘k ustun bilan ajratib olingan uran miqdori ko‘rsatilgan.

Taklif etilgan texnologik sxema asosida dastlabki namuna tarkidagi uranni 70 % gacha kamaytirish imkoni mavjud ekan.

Bundan tashqari ishchi eritma tarkibi ham tadqiq qilindi. 7-jadvalda ikkilamchi texnogen uran rudalarini eritmaga o‘tkazish jarayonidagi ishchi eritma tarkibining o‘zgarish natijalari keltirilgan.



**7-rasm. Ikkilamchi texnogen rudalardagi dastlabki hamda taklig etilgan texnologiya asosida qayta ishlangandan keyingi uran miqdorining o‘zgarishi**

7-jadvaldagi natijalardan ko‘rinadiki taklif etilgan texnologik sxema qo‘llanilganda 75 % uran ishchi eritma tarkibiga o‘tadi. Yuqoridagi tajribalardan tashqari taklif etilgan texnologik sxemani qo‘llash jarayoni uchun ishchi eritmada 3 martagacha qayta foydalanish imkoniyatlari o‘rganildi.

7-jadval

Ikkilamchi texnogen uran rudalarini eritmaga o‘tkazish jarayonidagi ishchi eritma tarkibining o‘zgarishi

Namuna №	Dastlabki namunalardagi uran miqdori, g/t	Ishchi eritma tarkibidagi uran miqdori, g/l	Qattiq namunadan ajralgan uran miqdori, g/t
1	318,6	153,1	275,6
2	324,3	157,7	283,8
3	342,7	164,1	295,4
4	319,8	152,6	274,7
5	332,0	159,6	287,2
6	328,6	159,2	286,5
7	346,2	165,2	297,4
8	354,4	170,1	306,2
9	328,5	158,9	286,1
10	315,7	150,5	270,9
11	345,6	167,2	301,0
12	326,7	159,9	287,8

**«Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish uchun taklif etilgan uyumda eritmaga o‘tkazish texnologiyasini qo‘llash imkoniyatlarini o‘rganish»** deb nomlangan beshinchi bobda tarkibida uran bo‘lgan ikkilamchi rudalarning fizik-texnik parametrlari va uran qazib olishning geotexnologik jarayonlari masalalari har tomonlama o‘rganildi.

Tarkibida uran bo‘lgan rudalarni qayta ishlash jarayonida ma’lum miqdorda ikkilamchi chiqindilar hosil bo‘ladi. Bu chiqindi kambag‘al texnogen uran chiqindilari hisoblanib, kam miqdordagi uranni o‘z ichiga oladi. Mavjud texnogen chiqindilar otvillar, chiqindi saqlash omborxonalari va chiqindilarni vaqtincha saqlash joylarida mavjud bo‘lib, ular istiqbolli ikkilamchi texnogen rudalardir. Uranni geotexnologik va konchilik usullari bilan qazib olish jarayonida hosil bo‘lgan bu ikkilamchi texnogen rudalar tarkibida 250 g/t gacha miqdorda uran bo‘lib, texnologik rudalarda bo‘lishi kerak bo‘lgan 300 g/t qiymatdan kam bo‘lgan uranni o‘z ichiga oladi.

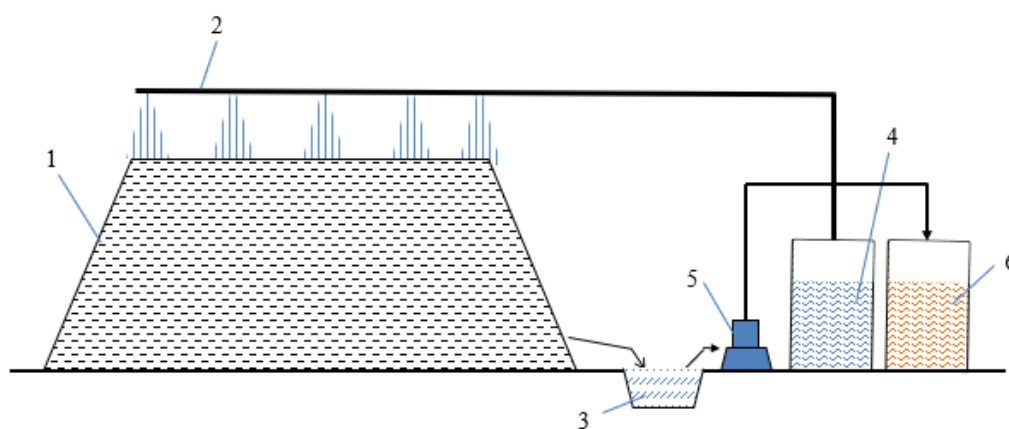
Ikkilamchi texnogen rudalar tarkibida uran miqdori 300 g/t dan kam bo‘lganligi sababli, uran olishda qo‘llaniladigan an’anaviy usulni qo‘llash samarasizdir. Chunki uran ajratib olish texnologiyasining klassik usuli ko‘p bosqichli va ancha qimmatdir. Bundan tashqari, iqtisodiy nuqtai nazardan qaraganda, uran qazib olish texnologiyasining klassik usuli tarkibida uran miqdori kamida 300 g/t bo‘lgan rudani qayta ishlashni talab qiladi. Tarkibida uran miqdori

300 g/t dan kam bo'lgan rudadan klassik usulda uran olinsa, u hatto hosil bo'lgan tayyor mahsulot tannaxxini ham qoplay olmaydi.

Ikkilamchi texnogen rudalardan uran ajratib olishning samarali geotexnologik sxemasini ishlab chiqish uchun ona radionuklid -  $^{238}\text{U}$ , va har bir qiz radionuklidlar -  $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Pa}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  konsentratsiyasini analitik aniqlash va yangi geotexnologik sxemaning parametrlarini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar o'tkazish zarur.

Taklif etilayotgan fizik-kimyoviy geotexnologik usulning yangiligi tarkibida uran miqdori kam bo'lgan rudalardan uran ajratib olishning ko'chma imkoniyati, arzonligi va alohida infratuzilma yaratishning talab etilmasligidir.

8-rasmda uran tarkibli ikkilamchi rudalardan uranni ajratib olishning fizik-kimyoviy geotexnologik uyumda eritmaga o'tkazish usulining asosiy texnologik sxemasi ko'rsatilgan.



**8-rasm. Uran tarkibli ikkilamchi rudalardan uranni ajratib olishning uyumda eritmaga o'tkazish fizik-kimyoviy geotexnologik usulining prinsipial sxemasi**

8-rasmdan ko'rinib turibdiki, tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi rudalardan uranni ajratib olishning uyumda eritmaga o'tkazish fizik-kimyoviy geotexnologik usulining prinsipial sxemasi quyidagi qismlardan iborat: 1- tarkibida uran bo'lgan ikkilamchi rudalardan iborat uyum; 2 - sug'orish tizimi; 3 - mahsuldor eritma uchun ariqcha; 4- ishchi eritma uchun idish; 5 – mahsuldor eritmalarni qayta quyish uchun nasos; 6- mahsuldor eritma uchun idish.

Uran tarkibli ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olishning uyumda eritmaga o'tkazish fizik-kimyoviy geotexnologik usulining ishlash prinsipi quyidagi ketma-ketlikda sodir bo'ladi: 1- 2,7 m<sup>3</sup>/t bo'lgan ikkilamchi texnogen rudalardan iborat uyumning o'lchami 20 m×25 m×2 m bo'lib, unda 2400 tonnaga yaqin ruda mavjud; uyum 25-30 l/soat m<sup>2</sup> parametrli 2-sug'orish tizimi orqali 4- idishdagi ishchi eritmadan sug'oriladi; 3-idishda yig'ilgan mahsuldor eritma 5-nasos yordamida 6-mahsuldor eritmani saqlash idishiga yuboriladi.

Yuqoridagi faktlarga asoslanib, ushbu dissertatsiya doirasida fizik-kimyoviy geotexnologik usuldan foydalangan holda qayta ishlashga jalb qilingan rudalarning mahsuldor mayda granulometrik sinflarining massa ulushini oshirishga maksimal darajada e'tibor qaratilgan.

Tavsiya etilgan fizik-kimyoviy geotexnologik uyumda eritmaga o'tkazish usuli qo'llanilgandan so'ng qayta ishlangan ikkilamchi texnogen rudalardagi uranning dastlabki konsentratsiyasining kamayish natijalari 8-jadvalda keltirilgan.

8-jadval

Ikkilamchi texnogen rudalardagi dastlabki va qayta ishlangandan keyingi uran konsentratsiyasi va solishtirma effektiv faollik  $A_{\text{eff}}$  qiymatlarining o'zgarishi

Namuna №	Dastlabki namunalarda uran konsentratsiyasi, g/t	Dastlabki namunalardagi uranning solishtirma effektiv faolligi- $A_{\text{eff}}$ , kBq/kg	Qayta ishlashdan keyingi namunalardagi uran konsentratsiyasi, g/t	Qayta ishlashdan keyin uranning solishtirma effektiv faolligi- $A_{\text{eff}}$ , kBq/kg
1	310,3	6,01	76,8	1,92
2	297,7	5,88	73,5	1,88
3	293,2	5,64	72,4	1,74
4	281,6	5,25	69,8	1,66
5	271,3	5,06	63,7	1,53
6	263,5	4,88	60,4	1,47
7	243,5	5,62	72,4	1,87
8	234,2	5,44	69,2	1,85
9	209,3	5,42	64,6	1,81
10	205,1	5,11	59,7	1,75
11	198,6	5,02	62,4	1,69
12	193,4	4,95	61,1	1,69
13	189,8	4,92	57,5	1,64
14	189,3	4,83	58,3	1,64
15	188,6	4,77	57,9	1,62
16	176,5	4,73	53,8	1,52
17	175,6	4,62	52,7	1,53
18	171,2	4,49	54,1	1,4
19	159,7	4,41	47,3	1,34
20	147,1	4,33	46,7	1,34
21	143,4	4,26	42,3	1,41
22	142,2	4,13	44,4	1,33
23	137,7	3,94	43,7	1,33
24	134,2	3,79	41,6	1,31

Olingan natijalardan ko'rinib turibdiki, texnogen uran rudalarini qayta ishlashdan so'ng namunalarda uran konsentratsiyasi 41,6 g/t dan 76,8 g/t gacha qiymatda o'zgarib, Klark sonidan past bo'ladi. Solishtirma effektiv faollik  $A_{\text{eff}}$  qiymati fon qiymatidan bir oz yuqori. 8-jadvalda keltirilgan natijalar shuni

ko'rsatadiki, texnogen uran rudalarini qayta ishlashdan so'ng ulardagi uran konsentratsiyasi o'rtacha 75 % gacha, solishtirma effektiv faollik  $-A_{\text{eff}}$  qiymati o'rtacha 3 martagacha kamayadi.

Ikkilamchi texnogen rudalardan uranni ajratib olish uchun taklif etilayotgan fizik-kimyoviy geotexnologik uyumda eritmaga o'tkazish usulining yana bir yutug'i ikkilamchi texnogen rudalarni rekultivatsiya qilish imkonini ham beradi.

**«Ikkilamchi texnogen rudalar mavjud hududlarning radiatsion holatini o'rganish»** deb nomlangan oltinchi bobda hududdagi radiatsiaviy ko'rsatkichlar-ekvivalent doza quvvati, uzoq yashovchi alfa-nuklidlar, ekvivalent muvozanatli radon faolligi va ikkilamchi texnogen rudalar hududidagi yillik effektiv doza qiymatlari har tomonlama o'rganildi.

Ikkilamchi texnogen rudalar joylashgan hududda atrof-muhitning radioaktiv ifloslanishi radioekologiyaning eng muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Radioekologik muammolar ionlashtiruvchi nurlanishning biologik ta'sirini o'rganish va korxonalarda ishlaydigan xodimlar uchun nurlanish dozalarining ruxsat etilgan chegaralarini belgilash hamda atrof-muhitni ionlashtiruvchi nurlanishning zararli ta'siridan himoya qilish bilan o'zaro bog'liqdir.

Kompleks radioekologik tadqiqotlar natijalari tog'-kon sanoati korxonalari faoliyati natijasida atrof-muhitning radioaktiv ifloslanishi oqibatlarini yumshatishga qaratilgan reabilitatsiya tadbirlarini o'tkazish zarurligi to'g'risida qaror qabul qilish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Eksperimental tadqiqotlar asosida ikkilamchi texnogen rudalar joylashgan hududdagi barcha radiatsion kattaliklar- ekvivalent doza quvvati, uzoq yashovchi alfa-nuklidlar, ekvivalent muvozanatli radon faolligi va yillik effektiv doza qiymatlari batafsil o'rganib chiqildi. O'rganishlar natijasida olingan qiymatlar 9-jadvalda keltirilgan.

9-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, ikkilamchi texnogen rudalar joylashgan hududdagi radiatsion kattaliklar - ekvivalent doza quvvati, uzoq yashovchi alfa-nuklidlar, ekvivalent muvozanatli radon faolligi va yillik effektiv doza qiymatlari belgilangan me'yorlar va tabiiy qiymatlardan farq qiladi.

9-jadval

Ikkilamchi texnogen rudalar joylashagan hududdagi radiatsiaviy ko'rsatkichlar - ekvivalent doza quvvati (EDQ), uzoq yashovchi alfa-nuklidlar (UYaAN), ekvivalent muvozanatli radon faolligi (EMRF) va ikkilamchi texnogen rudalar hududidagi yillik effektiv doza (YED) qiymatlari

Namuna №	EDQ qiymatlari, $\mu\text{Zv}/\text{soat}$	UYaAN qiymatlari, $\text{mBq}/\text{m}^3$	EMRF qiymatlari, $\text{Bq}/\text{m}^3$	Barcha nurlanishlar yig'indisidan hosil bo'lgan YED, $\text{mZv}/\text{yil}$
1(16)	4,12	0,6-4,6	2-9	1,21-8,43
2(15)	3,84	0,6-1,1	2-3	2,10-7,17
3(14)	2,82	1,3-3,6	2-8	1,43-6,34
4(17)	1,39	2,0-3,1	8-11	1,67-8,96

5(7)	3,92	0,5-3,0	2-11	1,97-9,21
6(9)	3,44	1,7-2,9	7-10	2,07-6,72
7(6)	3,26	0,3-1,7	7-11	1,80-7,39
8(10)	2,40	1,05-1,27	8-13	2,19-9,57
9(12)	2,12	1,4-2,5	1-2	1,59-7,18
10(11)	1,60	1,2-2,5	7-12	1,84-6,50
11(11a)	2,82	0,2-3,7	1-4	3,40-9,14
12(11b)	3,58	0,45-3,2	4-11	2,49-7,76
13(15PU)	5,20	2-3	4-12	3,54-8,93
<b>Norma</b>	<b>Fon - 0,15</b>	<b>12,0</b>	<b>18,5</b>	<b>20</b>

Ikkilamchi texnogen rudalar sohasida olib borilgan tadqiqotlar asosida radioekologik vaziyatni baholash mumkin. Ekvivalent doza quvvati qiymatlari 0,15 mZv/soat bo'lgan tabiiy fonda 1,39 mZv/soatdan 5,20 mZv/soatgacha o'zgaradi.

Ushbu obyektida ishlaydigan xodimlar uchun yillik effektiv doza O'zbekiston Respublikasi № 0193-06-sonli SanQvaMda belgilangan qiymatlardan oshmaydi. Qolgan ko'rsatkichlar - uzoq yashovchi alfa-nuklidlar va ekvivalent muvozanatli radon faolligi qiymatlari mintaqada belgilangan me'yorlardan oshmaydi.

## XULOSA

«Ikkilamchi texnogen rudalardan uran olish texnologiyasini ishlab chiqish» mavzusidagi texnika fanlari doktori (DSc) dissertatsiyasi bo'yicha olib borilgan tadqiqotlarga asoslangan holda, nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan quyidagi xulosalar taqdim etiladi:

1. Ikkilamchi texnogen rudalardan uranni eritmaga o'tkazish jarayoniga kon-geologik, gidrogeologik va geotexnologik sharoitlar ta'sirini baholash maqsadida fizik-mexanik xossalar o'rganildi. 13 ta namunalarni o'rganish va olingan natijalar asosida ishchi eritma konsentratsiyasi, Q:S nisbat, uranni eritmaga o'tkazish vaqti, g'ovaklik va o'tkazuvchanlik kabi geotexnologik parametrlar aniqlandi.

2. Ikkilamchi texnogen rudalarning 12 ta namunasi (120 ta namunadan tuzilgan) asosiy nurlanish xossalarini aniqlash bo'yicha tadqiqot o'tkazildi va  $^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  va  $^{40}\text{K}$  radionuklidlarning solishtirma effektiv faolligi- $A_{\text{eff}}$ , namunalarning umumiy solishtirma alfa nurlanishi,  $^{222}\text{Rn}$  eksxolatsiyasi va gamma-nurlanishning ekvivalent doza quvvati aniqlandi.

3. Ikkilamchi texnogen uran rudalaridan uran olishning yangi texnologik sxemasi parametrlarini tadqiq qilish asosida bu sxema texnogen uran rudalarini qayta ishlashga yaroqli ekanligi aniqlandi. Taklif etilayotgan ushbu texnologik sxemadan foydalanib, dastlabki namunalardagi uran miqdori va solishtirma effektiv faollik- $A_{\text{eff}}$  qiymatini o'rtacha 70 % gacha kamaytirish mumkinligi aniqlandi.

4. Geotexnologik rejimning parametrlari ikkilamchi texnogen rudalarning fizik-mexanik va radiatsion xossalariga qarab tanlab olindi va karbonatli rudalar uchun mini-reagentli eritmaga o'tkazish usuli, karbonatsiz rudalar uchun kislotali eritmaga o'tkazish usuli qo'llanilishi va kimyoviy reaksiya tezligi aksariyat hollarda

diffuziya jarayonlari tezligidan oshib ketishi aniqlandi.

5. Uran miqdori kam bo'lgan rudani uranga boy tarkibli rudadan ajratish uchun foydalaniladigan mexanik, elektromagnit, sentrafuga va boshqa usullar hamda bu namunalardagi uranni aniqlashning analitik usuli va instrumental laboratoriya asboblari o'rganildi. Uranni maksimal darajada ajratib olishga erishish uchun fizik-kimyoviy geotexnologik usuldan foydalangan holda qayta ishlashga jalb qilingan ikkilamchi texnogen rudalarning mahsuldor navlarining massa ulushini oshirish zarurligi aniqlandi.

6. Uranga boy rudalardan uran miqdori kam bo'lgan tog' jinslarini radiometrik ajratish usulining imkoniyatlari o'rganildi. Buning uchun asosiy radiatsion ko'rsatkichlardan biri - radiy va uran radionuklidlari orasidagi radioaktiv muvozanat koeffitsiyenti -  $K_{RM}$  dan foydalanildi va ushbu koeffitsiyent ko'rsatkichi 0,86 dan 1,64 gacha diapazonda ekanligi aniqlandi. Uran migratsiyasi ta'sirida uran ag'darmalarining yuqori gorizontlari kambag'allashadi. Pastki qatlamlar esa uran bilan boyib, 0,015 % dan 0,032 % gacha uranli rudalardan iborat bo'lib, fizik-kimyoviy geotexnologik usulda uranni ajratib olish imkonini beradi.

7. Ikkilamchi texnogen rudalardan uranni eritmaga o'tkazish uchun kislotali rejim tanlandi, eritmaga o'tkazish uchun ikkilamchi texnogen rudalarda uran miqdori 0,03 % dan kam bo'lsa, sulfat kislotasi konsentratsiyasi 10 dan 40 g/l gacha bo'lgan zaif ishchi eritma ishlatiladi. Qattiq namunada karbonatlarning turli konsentratsiyasi mavjud bo'lganda, uranni eritmaga o'tkazish uchun ishchi eritmadagi sulfat kislotasi konsentratsiyasini o'zgartirish kerak. Tajribalar natijalari shuni ko'rsatdiki, bunday sharoitlarda ishchi eritmadagi uran miqdori 43 dan 53 g/l gacha bo'lgan oraliqda o'zgaradi.

8. Taklif etilayotgan usulning ijobiy va salbiy tomonlari o'rganildi. Rentgenofluoretsent tahlil usuli yordamida ikkilamchi texnogen rudalardagi tog' jinslari hosil qiluvchi elementlar miqdori aniqlandi (%):  $Al_2O_3$  - 4,8 - 6,9;  $MnO_2$  - 0,1 - 0,2;  $CaO$  - 0,5-1,0;  $MgO$  - 0,2 - 0,9;  $FeO$  - 0,2 - 0,5;  $Fe_2O_3$  - 0,7 - 1,5;  $Cu$  (II) - 0,01 - 0,12;  $Zn$  - 0,005 - 0,011 va  $Cr$  - 0,006 - 0,01. Aniqlanishicha, ag'darmalar, chiqindi saqlash omborlari va chiqindilarni vaqtincha saqlash joylarida topilgan ushbu texnogen chiqindilar istiqbolli ikkilamchi texnogen rudalar hisoblanadi.

9. Ikkilamchi texnogen uran rudalaridan uranni ajratib olishda foydalaniladigan uyumda eritmaga o'tkazishning fizik-kimyoviy geotexnologik usulining prinsiplar texnologik sxemasi ishlab chiqildi va uning yordamida ikkilamchi texnogen rudaning radiatsion qiymatlari kamaytirildi. Uranni eritmaga o'tkazishga ta'sir qiluvchi omillar – ruda zarrachalari o'lchami, uranning rudada taqsimlanishi, Q:S nisbati, uranni eritmaga o'tkazish kinetikasi, aralashtirish vaqti va unga mos keluvchi sulfat kislotaning konsentratsiyasi o'rganildi. Sulfat kislotaning unumdor eritmalari barqaror konsentratsiyalarida: alyuminiy (500 - 1500 mg/l), marganes (150 - 300 mg/l), magniy (400 -600 mg/l), kalsiy (500 - 600 mg/l), temir (II) (1000 mg/l), temir (III) (450 mg/l) gacha mavjudligi aniqlandi.

10. Uranni eritmaga o'tkazish koeffitsiyenti va ruda fraktal o'lchami o'rtasidagi bog'liqlik o'rganilib, fraktal o'lcham qanchalik katta bo'lsa, uranning eritmaga o'tkazish jarayoni shunchalik yaxshi bo'lishi aniqlandi. O'tkazilgan tajribalar shuni tasdiqlaydiki, tanlangan rudalarning parchalanish darajasi oshgani sayin erigan uran

miqdori ortib boradi. Zarracha o'lchamlari taqsimotining kichikroq fraktal o'lchamlari bo'lgan ruda namunalari uranning kamroq massa konsentratsiyasiga ega. Bir xil eritmaga o'tkazish tezligiga erishish uchun eritmaga o'tkazish tezligi va kislota sarfi zarrachalari kattaroq bo'lgan mineral namunalarda tufayli asta-sekin kamayadi.

11. Ikkilamchi texnogen rudalardan uranni eritmaga o'tkazish uchun taklif etilayotgan geotexnologik sxemani qo'llashdagi iqtisodiy samarani hisoblash orqali uning an'anaviy texnologiyadan ustun ekanligi aniqlandi. Ya'ni, yangi texnologiya an'anaviy texnologiyaga qaraganda 30 % kamroq massali rudani qayta ishlaganligi sababli, uran olish koeffitsiyenti 12 % yuqori va sulfat kislota sarfi 20 g/l gacha kam bo'lib, tonnasiga 14,5 kg ko'proq uran ajratib olish imkonini beradi hamda eritmaga o'tkazish vaqti 62 kunga qisqaradi.

12. Ikkilamchi texnogen rudalar radiatsiya obyektlari bo'lib, taklif qilingan texnologik sxema bo'yicha uran olishning geotexnologik jarayoni radiatsiya ta'sirida sodir bo'ladi. Shu sababli ikkilamchi texnogen rudalardagi radiatsion kattaliklar – EDQ, ROZ,  $A_{\text{eff}}$ ,  $\Sigma_{\alpha}$ ,  $\Sigma_{\beta}$ , RHF, EMHF, UYaAN qiymatlari har doim ham belgilangan standartlarga mos kelmaydi. 5 yildan ortiq vaqt davomida o'tkazilgan 200 dan ortiq kuzatuv punktlarida EDQ, EMHF va UYaAN qiymatlari o'lchandi va ikkilamchi texnogen rudalar hududida bu ko'rsatkichlar 0196-06-sonli SanQvaM hujjatida belgilangan qiymatlar darajasida ekanligi aniqlandi. Ushbu faktdan kelib chiqib, ikkilamchi texnogen rudalar hududidagi radiatsiyaviy holat barcha belgilangan Xalqaro va Respublika radiatsiyaviy xavfsizlik standartlariga mos keladi, degan xulosaga kelishimiz mumkin.

**РАЗОВЫЙ НАУЧНЫЙ СОВЕТ НА ОСНОВЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
DSc.22/30.12.2019.Т.98.01 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
ПРИ ФИЛИАЛЕ НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА «МИСИС» В ГОРОДЕ АЛМАЛЫК**

---

**НАВОИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ**

**НАЗАРОВ ЖАМОЛИДДИН ТОШКУЛОВИЧ**

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА  
ИЗ ВТОРИЧНЫХ ТЕХНОГЕННЫХ РУД**

**04.00.10 – Геотехнология (открытая, подземная и строительная);  
11.00.05 - Охрана окружающей среды и рациональное использование природных  
ресурсов**

**АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации доктора технических наук (DSc)**

**Алмалык – 2024**

Тема диссертации доктора технических наук (DSc) зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2024.3.DSc/T821.

Диссертация выполнена в Навоийском государственном горно-технологическом университете.


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

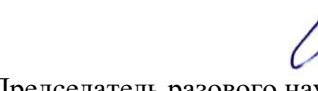
<b>Научные консультанты:</b>	<b>Умаров Фархадбек Яркулович</b> доктор технических наук, профессор
	<b>Музафаров Амрулло Мустафоевич</b> доктор химических наук, доцент
<b>Официальные оппоненты:</b>	<b>Дуйсебаев Бауржан Оразович</b> доктор технических наук, академик
	<b>Кучаров Бахром Хайриевич</b> доктор технических наук, старший научный сотрудник
	<b>Султонов Шавкатжон Абдуллаевич</b> доктор химических наук, доцент
<b>Ведущая организация:</b>	<b>Государственное учреждение «Институт минеральных ресурсов»</b>

Защита диссертации состоится 24 декабря 2024 г. в 9<sup>00</sup> часов на заседании разового Научного совета на основе Научного совета DSc.22/30.12.2019.T.98.01. Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура 56. Зал заседаний филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в городе Алмалык. Тел.: (70) 614-22-57; e-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре филиала Национального исследовательского технологического университета «МИСИС» в городе Алмалык (зарегистрирован за № 24-32-Д). Адрес: 110101, г. Алмалык, ул. Амира Темура 56. Тел.: (70) 614-22-57.

Автореферат диссертации разослан 11 декабря 2024 года.  
(реестр протокола рассылки №23 от 11 декабря 2024 года).

  
**Б.Р. Раимжанов**  
Председатель разового научного совета  
на основе Научного совета по  
присуждению учёных степеней, д.т.н., профессор

  
**Г.С. Нутфуллоев**  
Ученый секретарь разового научного совета  
на основе Научного совета по присуждению  
ученых степеней, д.т.н., доцент

  
**Ш.Ш. Заиров**  
Председатель разового научного семинара при Научном совете  
по присуждению ученых степеней, д.т.н., профессор



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

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В мире уран добывают со второй половины XX века и его объемы растут год за годом. Во многих странах мира уран является одним из основных источников энергии для производства электроэнергии. В ходе процесса добычи и увеличения объема добываемого урана образуются в огромном количестве вторичные техногенные урансодержащие руды. На сегодняшний день оценены объемы данных руд и количество урана, содержащего в них. Недавняя оценка WISE Uranium Project, 2012, показала наличие  $2352,55 \cdot 10^6$  тонн урановых отходов с различных рудников по всему миру. В «Сценарии спроса и предложения на ядерное топливо в 2023-2040 гг.» всемирной ядерной ассоциации говорится, что атомная энергетика будет играть главную роль в удовлетворении спроса на электроэнергию населения мира в ближайшем будущем. В настоящее время потребность в уране составляет около 65650 тонн, к 2040 году эта цифра достигнет 130000 тонн, а в 2050 году увеличится на 4-11%. В связи с этим необходимо уделять особое внимание эффективному использованию урансодержащих вторичных руд, разработке новых технологий, позволяющих вернуть в технологические процессы урановую руду, накопленную в течение многих лет, и максимально извлечь из них дополнительную продукцию.

На сегодняшний день в мире ведутся научные исследования по эффективному использованию урансодержащих вторичных руд, возвращению в технологический процесс урановую руду, накопленную в течение долгих лет, созданию новых методов переработки техногенных отходов, исследованию физических и химических свойств вторичных техногенных руд, изучению минералогического состава техногенных отходов, фракционному и гранулометрическому анализу и снижению значений радиационных показателей при извлечении урана из вторичных техногенных руд. В связи с этим уделяется особое внимание разработке научных основ получения дополнительного урана по низкой цене путем комплексной переработки вторичных урансодержащих техногенных руд и оценке их геотехнологических параметров.

В Республике выполняется ряд научно-практических работ по разработке и обоснованию эффективной технологии извлечения урана из вторичных урансодержащих руд, улучшению экологического состояния на территории урансодержащих руд. В этой связи важными являются исследования, направленные на создание и совершенствование новых технологий извлечения драгоценных металлов из техногенных отходов ГП «Навоиуран» и АО «Навоиский горно-металлургический комбинат». В Указе Президента Республики Узбекистан<sup>3</sup> определены важные задачи по «увеличению производства, необходимой для получения высокодоходной продукции урана, в 3 раза». Исходя из этих задач, большое научное и практическое значение

---

<sup>3</sup> Указ Президента Республики Узбекистан № УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии «Узбекистан – 2030».

имеют исследования, направленные на разработку и обоснование эффективной физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных руд.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан №УП-158 от 11 сентября 2023 года «О стратегии «Узбекистан-2030», №УП-60 от 28 января 2022 года «О стратегии действий по дальнейшему развитию Нового Узбекистана на 2022-2026 гг.» и Постановлении Президента №ПП-319 от 14 июля 2022 года «О мерах по увеличению объемов добычи, переработки урана и трансформации государственного предприятия «Навоиуран» в 2022-2030 гг.», №ПП-4477 от 4 октября 2019 года «Об утверждении стратегии по переходу Республики Узбекистан на «зеленую» экономику на период 2019-2030 гг.», а также в других нормативно-правовых документах, принятых в этой сфере.

**Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики.** Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий Республики: VII. «Науки о Земле (геология, геофизика, сейсмология и переработка минерального сырья)».

**Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации<sup>4</sup>.** Научные исследования, направленные на разработку технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд, ведутся в ведущих высших образовательных учреждениях и научных центрах мира, в том числе в: School of Environmental Protection and Safety Engineering, University of South (Китай), Key Laboratory of Radioactive Waste Treatment and Disposal, University of Regina (Канада), University of Nevada (США), University of Utah (США), Institute of Condensed Matter Chemistry (Франция), университете Антверпена RUCА (Бельгия), Seoul Nation University of Science and Technology (Южная Корея), University of Cape Town (ЮАР), University of the Witwatersrand (ЮАР), Российском государственном геологоразведочном университете (Российская Федерация), Уральском федеральном университете (Российская Федерация), Казахском национальном техническом университете (Казахстан), Забайкальском государственном университете (Российская Федерация), Национальном исследовательском технологическом университете «МИСИС» (Российская Федерация) и других научно-исследовательских учреждениях.

В результате исследований по эффективному использованию вторичных урансодержащих руд, возврату в технологический процесс накопленного за многие годы техногенных руд и извлечению дополнительного урана из этих руд получен ряд научных результатов, в том числе: разработан способ переработки радиоактивных урановых шламов (Уральский федеральный университет); разработан новый инновационный метод электрохимического

---

<sup>4</sup> Обзор зарубежных научных исследований по теме диссертации выполнен на основе <http://www.mirknigi.ru>, <http://www.varelintl.com>, [www.dissercat.com](http://www.dissercat.com), <http://vbm.ru>, [www.atlasrockbit.com](http://www.atlasrockbit.com), <http://www.amazon.com> и др. источников.

выщелачивания, основанный на методе разбавленного кислотного выщелачивания, интегрированное с электрическим полем (University of South China); разработан метод извлечения урана в зависимости от способа активации (Северо-Кавказский горно-металлургический институт); разработана математическая модель совершенствования процесса обогащения, определяющая переход компонентов, содержащихся в техногенных отходах, в концентрат (University of Toronto, Украинская металлургическая академия); разработана технология извлечения урана из шахтных и дренажных вод отходов урановой промышленности методом сорбции с применением промышленных ионитов, катионита и природного бифункционального сорбента из растительного сырья (Национальная академия наук Таджикистана).

В мире ведется ряд научно-исследовательских работ по следующим приоритетным направлениям, связанным с разработкой технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд, образующихся при добыче урана, и снижением значения радиационных показателей, в том числе: изучение гранулометрического состава вторичных техногенных урансодержащих руд; определение физико-химических и технологических свойств полезных ископаемых; анализ вещественного состава и разработка экономичной технологии приготовления рабочего раствора; выбор оптимального времени контакта реагента с рудой; выбор оптимальной кислоты для процесса растворения; разработка технологии подбора концентрации серной кислоты; подбор соотношений Т:Ж; гранулометрический состав руд и геотехнологические показатели выщелачивания урана.

**Степень изученности проблемы.** Значительный вклад в развитие науки и практики по разработке технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд различными методами и с помощью различных технологических схем внесли зарубежные и отечественные ученые: Jing Huang, Mi Li, Fang-ying Gao, Xiaowen Zhang, Shao-yan Lv, Chunmei Huang, Xiaoyan Wu, Qi Fang, Amr Henni, Shahid Azam, Stephanie Young, Hussameldin Ibrahim, Ayerbaх С.У., Bleylok G.V., Shvarts S.S., Anderson J.M., Riklefs R., Alfoldi L., Sparrow A.H., Kundler A.P., Odum Yu., Мохамед С. Нагар, Морозов А.А., Воробьёв А.Е., Бойцов А.В., Чекушина Т.В., Чекушина Е.В., Мирсаидов У.М., Дербасова Н.М., Гавриш М.В., Смирнов С.Б., Гавриш В.М., Голик В.И., Разоренов Ю.И., Бурдзиева О.Г., Аренс В.Ж., Бахуров В.Г., Вечеркин С.Г., Луценко П.К., Зефилов А.П., Руднева И.К., Жерин И.И., Десятникова Д.Т., Ласкорин Б.Н., Лобанов Д.П., Маркелов С.В., Небера В.Н., Нестеров Ю.В., Толстов Е.А., Санакулов К.С., Саттаров Г.С. и др.

Однако, анализ литературных данных показал, что до настоящего времени отсутствовали или малоизучены вопросы извлечения урана из вторичных техногенных руд, разработки эффективной технологии извлечения урана из этих руд и изменения физических свойств данных руд с применением методов рекультивации физико-химической геотехнологии.

В связи с этим, разработка технологии извлечения урана из вторичных

техногенных руд, изучение влияния реагентов на руду, оценка эффективности применяемой кислоты, изучение зависимости коэффициента извлечения от концентрации серной кислоты, подбор оптимального соотношения Т:Ж, изучение взаимосвязи гранулометрического состава данных руд с геотехнологическими показателями, оценка величин физических свойств данных руд с применением методов рекультивации имеет важное научное и практическое значение и требует продолжения исследований в этом направлении.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование выполнено в рамках плана научно-исследовательских работ Навоийского отделения Академии наук Республики Узбекистан на тему: ФА-Атех-2018-233 – «Разработка и изготовление радиометра на основе кремниевых поверхностно-барьерных детекторов большого диаметра для измерения объёмной активности радона и содержания радия в исследуемой среде» и Навоийского государственного горно-технологического университета на тему: БА-А-13-015 – «Разработка технологического режима подземного выщелачивания урана с применением местных реагентов».

**Целью исследования** является разработка научно-обоснованной технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд с учетом геологических, минералогических и технологических особенностей уранодобывающих промышленных зон Кызылкума для повышения эффективности переработки минерального сырья и снижения экологической нагрузки.

**Задачи исследования:**

проведение литературного обзора по разработке технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд;

исследование физико-механических (пористость, плотность, твердость, зернистость, фрактальная размерность) и радиационных (радионуклидный состав, удельная активность радионуклидов, удельная эффективная активность- $A_{эфф}$ , мощности эквивалентной дозы) свойств вторичных техногенных руд для выбора параметров технологического режима;

исследование влияний различных реагентов на процесс выщелачивания урана из вторичных техногенных руд;

исследование зависимости коэффициента извлечения урана из вторичных техногенных руд от концентрации серной кислоты;

исследование подбора оптимального соотношения Т:Ж при извлечении урана из вторичных техногенных руд;

исследование взаимосвязи гранулометрического состава вторичных техногенных руд с геотехнологическими показателями;

оценка величин физических свойств вторичных техногенных руд с применением методов рекультивации;

оценка экономической эффективности разработанной технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд.

**Объектом исследования** являются вторичные техногенные руды, технологические способы извлечения урана, геотехнологические показатели и процесс выщелачивания урана.

**Предметом исследования** является технология извлечения урана из вторичных техногенных руд.

**Методы исследований.** При выполнении диссертационной работы использованы методы физико-химической геотехнологии, теории и практики выщелачивания урана из вторичных техногенных руд, ядерно-физические методы анализа исследуемых проб, методы математической обработки результатов лабораторных и опытно-промышленных испытаний.

**Научная новизна** исследования заключается в следующем:

разработана принципиальная схема технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд, основанная на гранулометрическом разделении продуктивных богатых классов от пустых пород;

определено, что более 87,5% урана ассоциировано в мелких классах песчано-глинистых породах хорошей пористостью и проницаемостью, являющиеся положительными определяющими факторами для выщелачивания урана, общая масса данного класса составляет 69% от общей массы руды;

установлено, что с помощью гранулометрического анализа продуктивных классов вторичных техногенных руд, можно исключать более 31% пустой породы из технологического процесса выщелачивания урана;

установлена линейная зависимость распределения урана по вертикали слоя вторичных техногенных руд от периода их складирования, то есть в старых урановых отвалах уран больше накапливается в нижних частях кучи, в молодых урановых отвалах уран равномерно распределен по всему объему;

экспериментально установлено, что можно достигать максимального выщелачивания урана из твердых вторичных техногенных руд при подборе оптимального соотношения твердого к жидкому, т.е. Т:Ж 1:2;

определены возможности уменьшения главного геотехнологического параметра кучного выщелачивания урана – времени на процесс закисления руд за счет уменьшения кислотопоглощающих минералов, содержащих в составе пустых пород и исключенных во время разделения их от продуктивных богатых классов.

**Практические результаты исследования** заключаются в следующем:

найден способ отделения крупных гранул от мелких на основе использования классификатора в принципиальной технологической схеме извлечения урана из вторичных техногенных руд;

найден гранулометрический метод исследования бедных урансодержащих песчано-глинистой части вторичных техногенных руд;

на основании изучения объемного распределения урана во вторичных техногенных рудах дана рекомендация по неиспользованию верхней части слоя, а использовать нижнюю часть слоя урановых отходов;

найден способ сокращения времени закисления вторичных техногенных руд в куче;

в результате применения технологической схемы извлечения урана из вторичных техногенных руд найдена возможность рекультивации этих руд; разработаны методы оценки радиационного состояния территории размещения урановых отходов.

**Достоверность полученных результатов.** Достоверность результатов исследования подвешдается: достаточным и статистически обоснованным объемом лабораторных и опытно-промышленных испытаний по четко поставленным задачам; положительными результатами, полученными при проверке в опытно-промышленных условиях разработанной технологии извлечения урана; сходимостью и количественным подтверждением полученных результатов; положительным актом опытно-лабораторных испытаний и внедрением разработанной технологии на объектах АО «НГМК».

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования обуславливается изучением физико-химических и радиационных свойств вторичных техногенных руд, влияющих на извлечение урана из урановых вторичных техногенных руд, полученных на основе теоретического обобщения и переработки данных руд, что является вкладом в теорию физико-химических основ геотехнологических способов извлечения урана.

Практическая значимость результатов исследования характеризуется созданием принципиальной схемы технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд, основанная на гранулометрическом разделении продуктивных богатых классов от пустых пород и нахождение главного геотехнологического параметра кучного выщелачивания урана – времени на процесс закисления руд за счет уменьшения кислотопоглащающих минералов, содержащих в составе пустых пород и исключенных во время разделения их от продуктивных богатых классов.

**Внедрение результатов исследования.** На основании полученных научных результатов по разработке технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд:

классификатор как основной рабочий орган в принципиальной технологической схеме извлечения урана из вторичных техногенных руд внедрен в геотехнологической лаборатории урана ЦНИЛ (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №23/01-01-07/339 от 2 июля 2024 года). В результате удалось отделить класс крупных гранул от класса мелких гранул вторичных техногенных руд;

гранулометрический метод исследования песчано-глинистых вторичных техногенных руд с малым содержанием урана внедрен в геотехнологической лаборатории урана ЦНИЛ (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №23/01-01-07/339 от 2 июля 2024 года). В результате удалось не вовлекать в процесс переработки вторичные техногенные руды, содержащие менее 12,5% от общего количества урана;

рекомендация по вовлечению в процесс извлечения урана из вторичных техногенных руд 2/3 общей массы внедрена в геотехнологической лаборатории урана ЦНИЛ (справка АО «Навоийский горно-металлургический

комбинат» №23/01-01-07/339 от 2 июля 2024 года). В результате удалось получить из вторичных техногенных руд более 85% урана;

на основании изучения объемного распределения урана во вторичных техногенных рудах в лаборатории геотехнологии урана ЦНИЛ реализована на практике рекомендация по неиспользованию верхних слоев урановых отвалов (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №23/01-01-07/339 от 2 июля 2024 года). В результате в процесс выщелачивания урана из урановых отходов удалось вовлечь нижнюю половину отвала;

результаты экспериментов, проведенных лабораторией геотехнологии урана ЦНИЛ по возможности сокращения времени закисления вторичного отвала техногенной руды, применены на Учкудукском геотехнологическом руднике в процессе кучного выщелачивания урана (справка АО «Навоийский горно-металлургический комбинат» №23/01-01-07/339 от 2 июля 2024 года). В результате удалось сократить время закисления кучи вторичной техногенной руды до 12%.

**Апробация результатов исследования.** Апробация результатов данного исследования проведена на 13 международных и 10 республиканских научно-практических конференциях.

**Опубликованность результатов исследования.** По теме диссертации опубликовано 43 научных работ, из них 1 монография, 16 статей в научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан, в том числе 8 в республиканских и 8 в зарубежных журналах, получены 3 свидетельства на программный продукт для ЭВМ.

**Структура и объём диссертации.** Структура диссертации состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Объём диссертации составляет 200 страниц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** обосновывается актуальность и востребованность проведенного исследования, цель и задачи исследования, характеризуются объект и предмет, показано соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики, излагаются научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов, рекомендации по внедрению в практику результатов исследования, сведения по опубликованным работам и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Современное состояние развития физико-химической геотехнологии добычи урана из вторичных техногенных руд**» всесторонне изучено современное состояние существующих геотехнологических способов, технологических схем и комплекс установки во всем мире, применяемые для извлечения урана из урансодержащих вторичных руд. Анализированы методы выщелачивания урана из урансодержащих вторичных руд, методы изучения физико-

химического и радиационного состава урановых отходов и результаты проведенных исследований по уменьшению радиационных показателей урансодержащих вторичных техногенных руд. Обоснованы решаемые геотехнологические проблемы в рамках диссертационной работы.

Во второй главе диссертации «**Исследование физико-механических и радиационных свойств вторичных техногенных руд**» приведены информации о составе, различающиеся по физико-химическим и радиационным свойствам вторичных техногенных руд.

Составы вторичных техногенных руд представляют собой многокомпонентные системы, различающиеся по свойствам и формам связей составляющих компонентов. Вторичные техногенные руды имеют различные горно- и гидрогеологические условия. Поэтому на первом этапе работ требуется детально изучить их вещественный состав, физико-химические, химико-технологические и физико-механические свойства.

Особое внимание должно быть уделено изучению состава и свойств, так как эти факторы могут существенно влиять на эффективность применения рабочих реагентов.

Знание физико-механических (пористость, плотность, зернистость твердость) и радиационных (удельных активностей каждого радионуклида, удельных эффективных активностей, мощности эквивалентной активности) свойств вторичных техногенных руд необходимо для выбора параметров технологического режима.

Вторичные техногенные руды Кызылкумского региона в основном состоит из осадочных горных пород, и они выделяются своими рыхлыми (пески, гравий, галечники), пластичными (глина, глинистые образования) и магматическими (известняки, доломиты, песчаники, алевролиты, конгломераты и др.) свойствами.

Вторичные техногенные руды Кызылкумского региона являются песчано-глинистыми, и они имеют хороший пористость и проницаемость, являющиеся положительными определяющими факторами для выщелачивания урана. Как правило, чем выше пористость и проницаемость, тем быстрее идет процесс выщелачивания урана. В табл. 1 приведены данные о пористости исследуемых горных пород.

Таблица 1

Данные о пористости и проницаемости некоторых исследуемых горных пород

№	Породы	Пористость, %	Коэффициент фильтрации, м/сут
1	Граниты	1,2	0,006-2,0
2	Кварциты	1,0	0,013-0,051
3	Известняки	0,53-13,4	Менше 0,5
4	Песчаники	4,8–29,0	0,0005-3,0
5	Глины	6,9-50,0	Менше 0,005

6	Пески	6,0–52,0	0,1-100
7	Супес	0,5-0,7	0,1-0,7
8	Суглинок	52,0-55,0	0,005-0,4

Как видно из приведенных данных в табл. 1 все горные породы в той или иной степени пористы. Особенно большой пористостью обладают глины, пески и песчаники. Но у глины поры в основном закрытые, то есть не сообщающиеся друг с другом. Обломочные породы весьма пористы. С ростом глубины пористость обломочных пород уменьшается. Пористость зависит от формы и размеров зерен, степени их окатанности, уплотнения, цементации обломков и зерен.

Радиоактивность горных пород определяется содержанием в них радиоактивных элементов, таких как U, Th, Ra, K. Содержание данных радиоактивных элементов в горных породах определяет их радиационных показателей, то есть их удельных активностей, удельных эффективных активностей, суммарной удельной альфа-активности и мощности эквивалентной дозы гамма-излучений. Помимо этого, в горных породах присутствуют продукты распада радиоактивных элементов, так называемые – радионуклиды. Они в горных породах образуют некоторых радиоактивных газов. Из этих радиоактивных газов в цепочке распада урана главным является радон - Rn. Он является радиогенным и накапливается в ореолах радиоактивных месторождений. В табл. 2 приведены данные о радиационные показатели вторичных техногенных руд.

Таблица 2

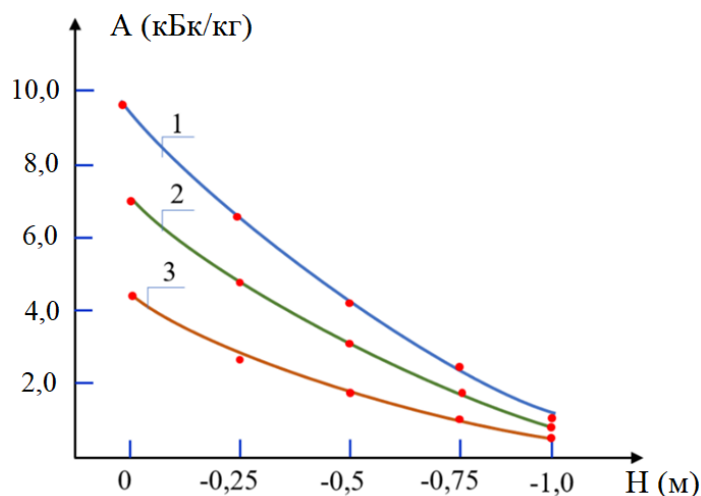
Данные о радиационных показателях вторичных техногенных руд

№ Пробы	Удельная активность радионуклидов во вторичных техногенных рудах, Бк/кг			A <sub>эфф</sub> , Бк/кг	Суммарная удельная альфа - активность почвы, Бк/кг	МЭД гамма излучения, мкЗв/час
	<sup>40</sup> K	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th			
1(16)	1253	2423	70	2627	24282	4,12
2(15)	841	1494	32	1612	13266	3,84
3(14)	837	1014	33	1133	14184	2,82
4(17)	961	395	36	528	3948	1,39
5(7)	737	3847	26	3948	21665	3,92
6(9)	933	2625	34	2754	15712	3,44
7(6)	786	2097	38	2217	19642	3,26
8(10)	1200	1480	65	1673	18118	2,40
9(12)	990	3402	56	3564	20880	2,12
10(11)	1239	2237	62	2430	16180	1,60
11(11a)	1710	2589	79	2846	16228	2,82

12(116)	979	2416	46	2564	21557	3,58
13(15ПУ)	946	922	47	1069	28319	5,20

Как видно из результатов приведенных в табл. 2 радиационные показатели вторичных техногенных руд, то есть их удельных активностей, удельных эффективных активностей- $A_{эфф}$ , суммарной удельной альфа-активности и мощности эквивалентной дозы гамма-излучений в исследованных 13 пробах имеют различные значения. То есть удельных активностей для  $^{40}\text{K}$  равно 1253 Бк/кг, для  $^{226}\text{Ra}$  равно 2423 Бк/кг, для  $^{232}\text{Th}$  равно 70 Бк/кг, удельных эффективных активностей- $A_{эфф}$  равно 2627 Бк/кг, суммарной удельной альфа-активности равно 24282 Бк/кг и мощности эквивалентной дозы гамма-излучений равно 4,12 мкЗв/час.

Кроме того, изучены распределения урана по глубине отвала. Для определения значений концентрации урана в отобранных пробах определены удельная эффективная активность -  $A_{эфф}$ . В каждой точке отбора проб урановых вторичных техногенных руд отобран керн по глубине начиная с поверхности и с различной глубины (0,25 м; 0,5 м; 0,75 м и 1,0 м) и в них определены значения удельной эффективной активности -  $A_{эфф}$ . На основании этих полученных результатов построена зависимость значений удельной эффективной активности -  $A_{эфф}$  от глубины отбора пробы (рис. 1).



**Рис. 1. Зависимость значений удельной эффективной активности -  $A_{эфф}$  от глубины отбора пробы**

Как видно из рис. 1 с увеличением глубины отбора проб значение удельной эффективной активности -  $A_{эфф}$  уменьшается в пределах - для 1 пробы от 9,8 до 1,9 кБк/кг, для 2 пробы от 7,5 до 1,5 кБк/кг и для 3 пробы от 4,2 до 1,0 кБк/кг. Данный факт подтверждает, что все пробы отобраны из района техногенных урановых руд, которые образовались в процессе добычи урана.

Таким образом, на основе изучения физико-механических и радиационных свойств вторичных техногенных руд подтверждена возможность получения дополнительного урана из этих вторичных

техногенных руд.

Как видно из вышеприведенных результатов изучений физико-механических и радиационных свойств вторичных техногенных руд она пригодна для выбора Т:Ж, концентрации рабочего раствора, времени выщелачивания урана и радиационных параметров технологического режима.

В третьей главе диссертации «**Методы отбора и подготовки проб к извлечению урана из вторичных техногенных руд по методу физико-химической геотехнологии**» исследованы методы - механический, электромагнитный, центрифуги и другие разделения бедных урансодержащих пород от богатых урансодержащих руд, а также аналитические методы и инструментальные лабораторные приборы определения урана пробах.

В 120 отобранных пробах из урансодержащих вторичных техногенных руд определены концентрации урана с помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра типа АРФ-7 (Россия). На данном спектрометре определяется концентрации более 40 элементов (от Ве до U). Кроме того в данных 120 пробах урансодержащих вторичных техногенных руд гамма-спектрометрическим методом анализа определены удельная активность естественных радионуклидов на гамма-спектрометре марки «ГАММА-ПРОГРЕСС».

Физико-химический геотехнологический метод извлечения урана из вторичных руд основан в переводе урана из твердого состояние в жидкое с помощью водных растворов различных кислот. Коэффициент извлечения урана имеет прямо пропорциональную зависимость от содержания урана в исходных пробах. На основании этого факта в рамках данных исследований максимальное внимание сосредоточено к увеличению массовых количеств продуктивных сортов руд, привлекаемых к переработке методом физико-химической геотехнологии.

Для установления увеличения массовых количеств продуктивных сортов руд и влияния на показатель выхода продуктивных сортов при сортировке горнорудной массы от размера куска сортируемой руды проведены исследования. В результате исследований установлено, что доля машинного класса +25 и -25 мм разделилась примерно поровну 50 на 50 %, при этом класс крупности -25 мм имеет содержание урана на 50 % выше, чем в классе +25 мм. Во фракцию -25 мм извлекается около 70 % урана. Для объяснения распределения урана по фракциям в процессе исследований установлено, что основным фактором, влияющим на эффективность физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных техногенных руд, является присутствия и количество кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) во вмещающих породах и рудах. Аналитическая формула определения количество кремнезема ( $\text{SiO}_2$ ) во вмещающих породах и рудах следующая

$$\gamma = \frac{\alpha}{0,38+0,002\alpha+0,0001\alpha^2}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  —содержание  $\text{SiO}_2$ , %.

На этапе лабораторных исследований вовлечено в переработку 300,0 кг

урансодержащие вторичные руды с содержанием урана 0,032 % и на основе технологии разделения фракций в нем повышено в 1,67 раза содержания урана или до 0,053 %.

На основе этих данных изучена динамика извлечения урана в раствор в режиме активного выщелачивания при концентрации серной кислоты 10 г/л. Аналитическая формула данного процесса описывается формулой

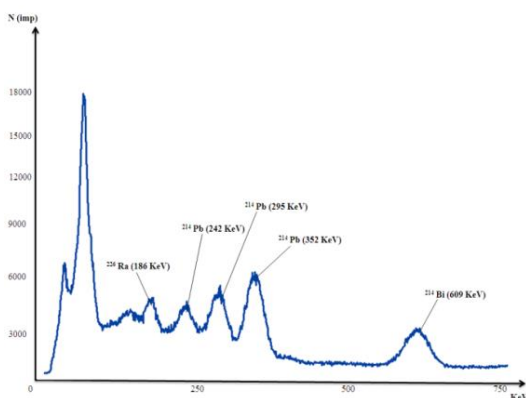
$$\gamma_U = \frac{t}{0,84 + 0,01t}, \quad (2)$$

где  $t$  – время выщелачивания урана, ч.

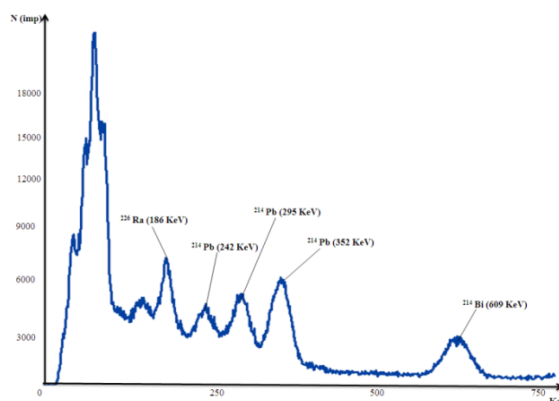
В процессе исследований установлено, что для достижения извлечения в (80-82) % при выщелачивании руды с содержанием урана в 0,030-0,050 % расход серной кислоты составил 25-30 кг на 1 кг урана.

В рамках исследований разработки эффективного физико-химического геотехнологического метода извлечения урана из вторичных руд изучена распределения урана в пробах урансодержащих вторичных руд. Гамма-спектрометрический метод определения удельной активности естественных радионуклидов является инструментальным, не требующее сложных процессов пробаподготовки.

На основании гамма-спектрометрического метода анализа (рис. 2 а, б) проведены определения удельной активности некоторых естественных радионуклидов в урансодержащих вторичных техногенных рудах.



**Рис. 2а. Спектр гамма-спектрометрического анализа вторичных урансодержащих руд с низкой активностью**



**Рис. 2б. Спектр гамма-спектрометрического анализа урансодержащих руд с высокой активностью**

Как видно из рис. 2 а и 2 б методом гамма-спектрометрического анализа вторичных руд можно проводить идентификации удельной активности всех естественных радионуклидов, содержащих в данных пробах.

На основании проведенных исследований рентгенофлуоресцентного анализа урансодержащих вторичных руд определены в 10 пробах содержания урана (табл. 3). Для подтверждения правильности определений урана взято 4 параллельных проб и в них определены содержание урана.

Таблица 3

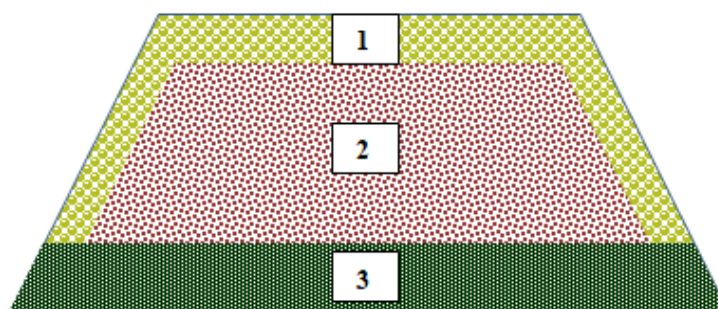
Результаты рентгенофлуоресцентного анализа урана в 10 пробах  
урансодержащих вторичных руд

№ - проб	Содержание урана в параллельных пробах, г/т				U <sub>ср</sub> , г/т
	1	2	3	4	
1	138	133	134	137	136
2	135	130	134	131	132
3	124	129	131	132	129
4	161	159	167	160	162
5	119	121	127	123	123
6	138	141	139	137	139
7	153	149	147	156	151
8	143	139	142	145	142
9	213	216	214	219	215
10	224	229	231	232	229

Как видно из полученных результатов табл. 3 содержания урана в исследованных урансодержащих вторичных техногенных рудах изменяется в диапазоне от 123 до 229 г/т. Погрешность определения урана при этом составляет не более  $\pm 3,5$  %. Данный метод определения урана во вторичных рудах является пригодным и вполне отвечает требованиям метрологии измерений.

Как показали результаты исследования состояние вторичных руд, в процессе выветривания отвалов в значительной мере изменяется в них распределения урана по вертикали. Под воздействием различных природных процессов, урансодержащих в верхних слоях отвалов уран выщелачивается и переходит под влиянием дождевых вод на более низкие горизонты отвалов. В процессе этих влияний в отвалах формируется зона техногенных наносов, обогащенная ураном. На основании процесса миграции урана верхние горизонты отвалов подвергается к обеднениям, а нижней части этих отвалов к обогащениям. Данные объяснения в схематическом виде можно отразить следующем виде (рис. 3). 1 - верхний слой отвала образован за счет природного выветривания, и её приблизительная толщина составляет менее 5-6 метров. На данном слое содержания урана составляет на 30-40 % меньше, чем в нижних слоях. Под слоем - 1 образуется 2-слой и он называется слоем химического выветривания. Проведенные анализы показали, что в этом слое содержание урана составляет в диапазоне от 0,015 до 0,032 % и является пригодным к переработке методом физико-химической геотехнологии с выделением продуктивного сорта. В 3 - слое техногенных наносов содержится урансодержащая руда, обогащенная ураном до содержания более 0,12 %. Данная руда может быть переработана гидрометаллургической технологией

(ГМТ) без предварительных подготовительных работ.



1 - слой отвала образовано за счет природного выветривания; 2 - слой химического выветривания отвала; 3 - слой техногенных наносов

**Рис. 3. Схематический вид формирования урансодержащего отвала с учетом воздействий различных природных процессов**

Определены содержания урана в пробах вторичных техногенных руд, отобранных из трех объектов – из участков ПВ, из хвостохранилищ урансодержащих отходов и из отвалов. Изучены в них распределения урана по гранулометрическим фракциям (табл. 4).

Таблица 4

Распределения урана по фракциям в пробах участков ПВ урана, хвостохранилищ и из отвалов

№	Класс крупности, мм	ПВ участка			Хвостохранилище			Урансодержащий отвал		
		Вес, кг	Выход, %	U <sub>общ</sub> , г/т	Вес, кг	Выход, %	U <sub>общ</sub> , г/т	Вес, кг	Выход, %	U <sub>общ</sub> , г/т
1.	-200+100	8,6	4,5	8,16	5,5	4,1	8,9	12,6	2,2	7
2.	-100+50	9,2	3,8	6,84	3,9	4,2	9,2	4,9	4,1	13,1
3.	- 50+25	10,3	5,3	9,6	5,3	6,3	13,6	13,5	6,2	19,9
4.	-25+10	15,5	7,6	13,7	8,4	8,8	19,1	22,1	8,5	27,2
5.	-10+5	9,3	9,4	17	4,9	9,7	21,1	10,7	9,6	30,8
6.	-5+3	4,9	10,5	19	2,5	9,8	21,3	5,6	10,2	32,7
7.	-3+2	4,6	12,3	22,2	1,6	12,7	27,6	4,3	10,7	34,3
8.	-2+1	3,9	23,2	41,9	2,7	20,2	43,8	5,4	23,2	74,3
9.	-1+0	15,3	23,4	42,3	6,3	24,3	52,7	20,9	25,3	81,1
Исходная		81,6	100,0	180,7	41,1	100	217,3	100	100,0	320,4

В четвертой главе «Предложенная физико-химическая геотехнологическая схема извлечения урана из вторичных руд» приведена предлагаемая принципиальная физико-химическая геотехнологическая схема извлечения урана из урансодержащих вторичных техногенных руд, её принцип работы, составные части и возможности оценки эффективности данной схемы.

На рис. 5 приведена предлагаемая принципиальная физико-химическая геотехнологическая схема извлечения урана из урансодержащих вторичных

техногенных руд, её составные части и принципы работ.



**Рис. 5. Принципиальная физико-химическая геотехнологическая схема извлечения урана из ураносодержащих вторичных техногенных руд**

Предлагаемая принципиальная физико-химическая геотехнологическая схема извлечения урана из ураносодержащих вторичных техногенных руд и принцип ее работы выполняются в следующей последовательности: вторичных техногенных урановых руд содержащих следующих радионуклидов -  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  - цепочки распада урана, загружают в бункер (1), после этого с помощью классификатора (2) разделяется крупный класс вторичной руды от мелкого; с помощью транспортной ленты (3) удаляется крупные классы вторичной руды с низким содержанием урана; в ёмкость собирателя (4) происходит сбор мелкого класса руды с высоким содержанием урана; урановая вторичная руда с рабочим раствором ( $\text{H}_2\text{O}+\text{H}_2\text{SO}_4$ ) (5) в смеси загружается в пачук (6) для выщелачивания урана, концентрация серной кислоты в пачуке -  $\text{H}_2\text{SO}_4$  равно - 10 г/л, соотношения Т:Ж составляет 1:2, загруженное в пачуке (6) данная смесь в течение 1 часа перемешивается, пульпа, полученная при перемешивании направляют на фильтрацию (7). Твёрдую фазу (8), полученную при фильтрации, промывают водой для снижения кислотности, и очищенная от радионуклидов (10) данная фаза сбрасываются в карьер. Жидкую фазу (9), образованная при промывке твёрдой фазы водой собирают в ёмкость (11) для сбора ураносодержащего раствора. После 3-х кратного повторного использования рабочий раствор, образующийся при переработке ураносодержащих вторичных техногенных руд, собирается в емкость (11),

предназначенную для сбора продуктивного раствора, и далее направляется в емкость (12) для привлечения к процессу сорбции. Вторая партия и последующие партии урансодержащих вторичных техногенных руд перерабатываются в такой же последовательности.

Всесторонне изучены вопросы исключения бедных руд из технологического процесса. Во всех техногенных вторичных урановых рудах уран распределён не равномерно. При переработке данных руд можно исключить часть данной руды не содержащие уран как пустой породы. Для удаления этой части требуется точные данные о распределении урана по гранулометрическому составу, так как гранулометрический анализ позволяет получить распределение урана по размерам частиц в пробе. Результаты измерений по гранулометрическому составу обычно представляют в виде дифференциальной и интегральной зависимости. В основе данного метода лежит измерение интенсивности рассеянного света при прохождении луча лазера через образец. Имеется разновидности метода гранулометрического анализа, такие как ситовой метод, метод лазерной дифракции и так далее.

Для определения гранулометрического распределения фракций в техногенных вторичных урановых рудах применен лазерный дифракционный анализатор размера частиц - гранулометр марки - Mastersizer 3000. Данный анализатор определяет размер частиц в диапазоне от 0,01 мкм до 3500 мкм.

В пробах отобранные из техногенных вторичных урановых отвалов изучены распределения урана (табл. 5). Из полученных результатов стало видно, что с уменьшением размера частиц в диапазонах (-200+100) мм, (-100+50) мм, (- 50+25) мм, (-25+10) мм, (-10+5) мм, (-5+3) мм, (-3+2) мм, (-2+1) мм, (- 1+0) мм в них увеличивается содержание урана в диапазоне от 7 до 81,1 г/т. При этом в мелких классах то есть (-25+10) мм, (-10+5) мм, (-5+3) мм, (-3+2) мм, (-2+1) мм, (-1+0) мм содержится 87,5 % урана из всего урана, содержащегося в данной пробе. А общая масса данного класса составляет 69 % от общей массы пробы.

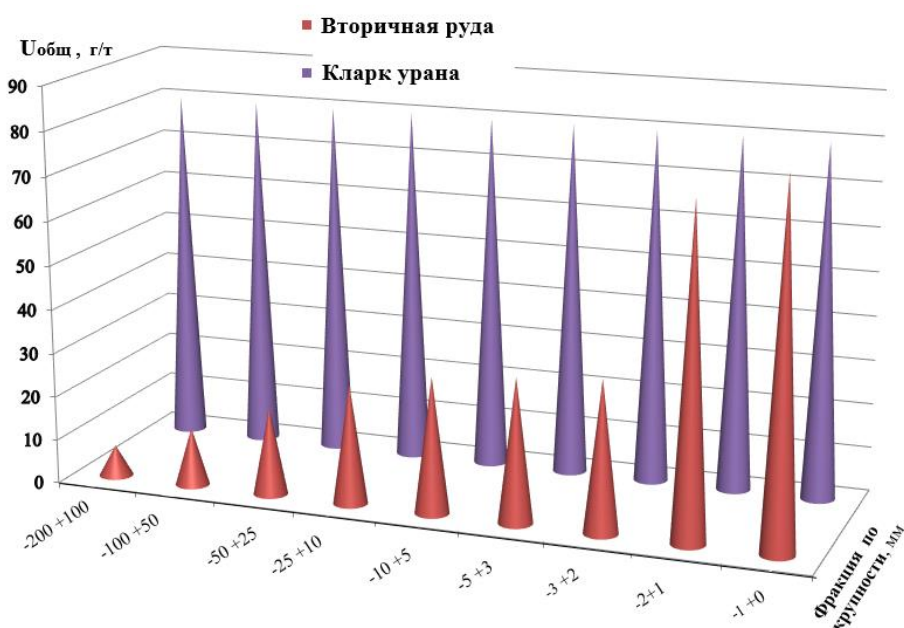
Таблица 5

Результаты гранулометрического анализа усреднённых проб отобранных из урановых отвалов

№	Класс крупности, мм	Вес, кг	Выход, %	U <sub>общ</sub> , г/т
1	-200+100	12,6	2,2	7,0
2	-100+50	4,9	4,1	13,1
3	- 50+25	13,5	6,2	19,9
4	-25+10	22,1	8,5	27,2
5	-10+5	10,7	9,6	30,8
6	-5+3	5,6	10,2	32,7
7	-3+2	4,3	10,7	34,3
8	-2+1	5,4	23,2	74,3
9	-1+0	20,9	25,3	81,1
	Итого:	100	100,00	320,4

Из данного проведенного исследования стало ясно, что из переработанной методом физико-химической геотехнологии исходных пробы можно исключить 31 % породы с низким содержанием урана по массе - 31 кг, так как в нем содержится всего 12,5 % урана от общего. К переработке можно привлекать руду, содержащую в своем составе 280,4 г/т урана.

Для наглядности полученных результатов на основе проведенных исследований построена графическая зависимость распределения урана по классам крупности продуктивных сортов (рис. 6). Сопоставлено значение содержания урана в продуктивных сортах с Кларком урана. Как известно Кларк урана в Земной коре составляет 80,0 г/т, а содержание урана в гранулометрических фракциях проб составил в диапазоне от 7 до 81,1 г/т.



**Рис. 6. Распределения урана по продуктивным сортам фракций**

На основе изучения гранулометрического распределения урана в техногенных вторичных урановых рудах можно сделать вывод, что в мелких классах, то есть от -25 до -1 мм содержится максимальное количество урана.

Из полученных данных можно сделать вывод, что предложенная физико-химическая геотехнологическая схема извлечения урана из урановых вторичных техногенных руд является перспективным и теоретически обоснованным эффективным методом переработки данных урановых руд для дополнительного получения урана.

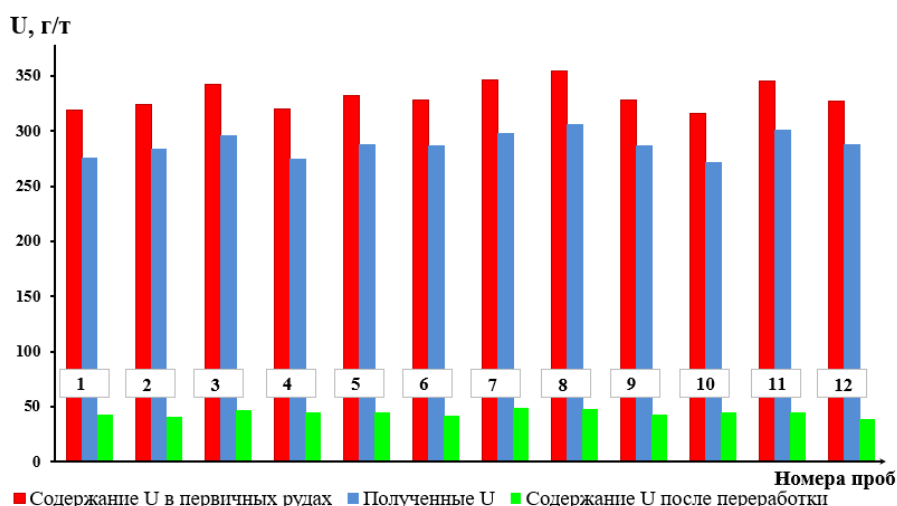
Для изучения приемлемости данной технологической схемы из реальных урановых вторичных техногенных руд проведены эксперименты. Изначально пробы подвергались к выщелачиванию урана согласно предложенной геотехнологической схемы. Затем они высушивались в сушильном шкафу и в них определены содержание урана. В табл. 6 приведены результаты по определению содержание урана в исходных пробах и в пробах после переработки.

Таблица 6

Результаты определения содержания урана в исходных пробах и в пробах после переработки

№	Содержание U в первичных рудах, г/т	Содержание U после переработки, г/т	Полученный уран, г/т	Среднее уменьшение U, %
1	318,6	43,0	275,6	86,5
2	324,3	40,5	283,8	87,5
3	342,7	47,3	295,4	86,2
4	319,8	45,1	274,7	85,9
5	332,0	44,8	287,2	86,5
6	328,6	42,1	286,5	87,2
7	346,2	48,8	297,4	85,9
8	354,4	48,2	306,2	86,4
9	328,5	42,4	286,1	87,1
10	315,7	44,8	270,9	85,8
11	345,6	44,6	301	87,1
12	326,7	38,9	287,8	88,1

Как видно из рис. 7 изменения концентрации урана в исходных пробах колеблется в диапазоне от 315,7 до 354,4 г/т (обозначены красным цветом), а в пробах после переработки концентрация урана уменьшается в диапазоне от 38,9 до 48,8 г/т (обозначены зеленым цветом). Данная содержания урана всегда меньше от Кларковой содержание урана, то есть от 80 г/т. Синим цветом столбце обозначена полученная уран.



**Рис. 7. Изменения концентрации урана в исходных пробах и пробах после переработки с применением предложенной технологии**

На основании выбранной технологической схемы можно достигать намеченной цели исследования, т.е. уменьшения содержания урана в диапазоне от 100%, в среднем до 30% в отработанных пробах вторичных техногенных рудах.

Исследованы также состав рабочих растворов. В табл. 7 приведены результаты изменения состава рабочего раствора при выщелачивании урана из вторичных техногенных руд. Как видно, из табл. 7, при выщелачивании урана по предлагаемой технологии, уран переходит в состав рабочего раствора в среднем до 75 %.

Таблица 7

Результаты изменения состава рабочего раствора при выщелачивании урана из вторичных техногенных руд

№ проб	Содержание урана в исходных пробах, г/т	Содержание урана в составе рабочего раствора, г/л	Содержание урана в перерасчете к твердому, г/т
1	318,6	153,1	275,6
2	324,3	157,7	283,8
3	342,7	164,1	295,4
4	319,8	152,6	274,7
5	332,0	159,6	287,2
6	328,6	159,2	286,5
7	346,2	165,2	297,4
8	354,4	170,1	306,2
9	328,5	158,9	286,1
10	315,7	150,5	270,9
11	345,6	167,2	301,0
12	326,7	159,9	287,8

Кроме вышеприведённых данных, в ходе применения предложенной технологической схемы по выщелачиванию урана из вторичных техногенных руд, изучены возможности повторного использования рабочего раствора до 3-х раз в процессе.

В пятой главе «Исследования возможности применения технологии кучного выщелачивания урана из вторичных руд» всесторонне изучены физико-технические параметры урансодержащих вторичных руд и вопросы геотехнологических процессов извлечения урана.

В процессе переработки урансодержащих руд образовывается в определенном количестве вторичных отходов. Данный отход является бедным техногенным урановым отходом и содержит урана в своем составе в малом количестве. Данные техногенные отходы, находящиеся в отвалах, хвостохранилищах и на местах временного хранения являются перспективными вторичными техногенными рудами. Данные урановые вторичные техногенные руды образовавшиеся в процессах добычи урана геотехнологическим и шахтным способами в своем составе содержат урана в количестве до 250 г/т, что является меньшим чем в технологических рудах,

которое должно составлять не менее 300 г/т.

Применения классического метода технологии извлечения урана вторичных техногенных руд является не эффективным. Так как, классический метод технологии извлечения урана является многоэтапным и много затратным. Кроме этого, с точки зрения экономических соображений для классического метода технологии извлечения урана требуется привлекать к переработке руду с содержанием урана не менее 300 г/т.

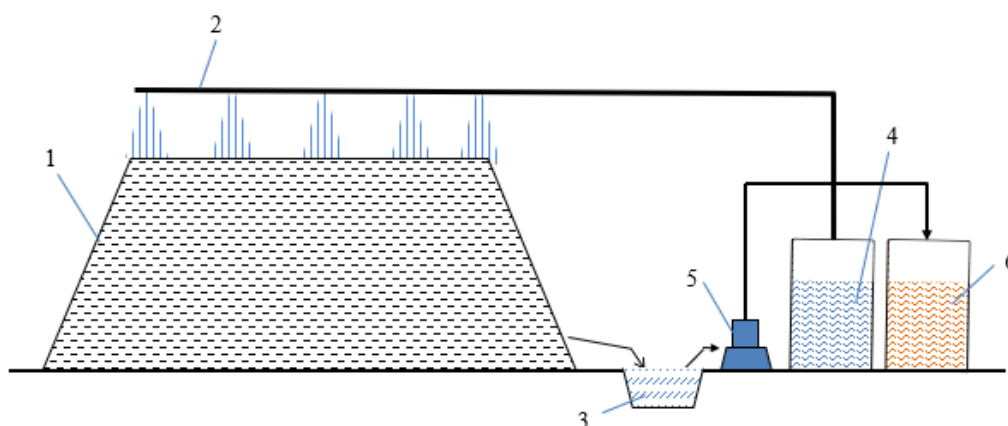
Как показали регламенты технологии извлечения урана из руды с содержанием урана менее 300 г/т классическим методом даже не покрывает себестоимость получаемого готового продукта.

Для разработки эффективной геотехнологической схемы извлечения урана из вторичных техногенных руд требуется аналитическое определение концентраций материнского -  $^{238}\text{U}$ , каждого дочернего радионуклида -  $^{234}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$  и проведения исследование по определению параметров данной новой геотехнологической схемы.

Новизной предлагаемого кучного метода физико-химической геотехнологии является портативность извлечения урана из бедных руд, малозатратность и исключения создания инфраструктуры.

На рис. 8 приведена принципиальная технологическая схема кучного метода физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных руд.

Как видно из рис. 8, принципиальная схема кучного метода физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных руд состоит из следующих рабочих узлов и частей: 1-куча из урансодержащих вторичных руд; 2 - оросительная система; 3 - зумпф для продуктивного раствора; 4 - ёмкость для рабочего раствора; 5 - насос для перекачки жидких рабочих флюидов; 6- ёмкость для продуктивного раствора.



**Рис. 8. Принципиальная технологическая схема кучного метода физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных руд**

Принцип действия данной принципиальной схемы кучного метода физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных руд, происходит в следующей последовательности: 1-куча имеет размер 20 м×25 м×2 м из урансодержащих вторичных руд в штабеле и имеет

плотность 2,7 м<sup>3</sup>/т, в себе помещает около 2 400 т руды, 4-рабочий раствор системой орошения с параметром 25-30 л/ч·м<sup>2</sup> распыляется в процессе селективного растворения урана собирается в 3-зумпфе и с помощью 5-насоса отправляется на 6-ёмкость, в котором хранится продуктивный раствор.

На основании вышеперечисленных фактах в рамках данной диссертации максимального внимания сосредоточена в увеличение массовых долей продуктивных мелких гранулометрических классов руд, привлекаемых к переработке методом физико-химической геотехнологии.

Результаты снижения первоначальных концентраций урана в переработанных урансодержащих вторичных рудах после применения предложенной схемы кучного метода физико-химической геотехнологии приведены в табл. 8.

Таблица 8

Результаты снижения первоначальных концентраций урана и их удельной эффективной активности- $A_{эфф}$  в переработанных урансодержащих вторичных рудах

№ проб	Концентрация урана в исходных пробах, г/т	Удельная эффективная активность исходных проб - $A_{эфф}$ , кБк/кг	Концентрация урана в пробах после переработки, г/т	Удельная эффективная активность - $A_{эфф}$ после переработки, кБк/кг
1	310,3	6,01	76,8	1,92
2	297,7	5,88	73,5	1,88
3	293,2	5,64	72,4	1,74
4	281,6	5,25	69,8	1,66
5	271,3	5,06	63,7	1,53
6	263,5	4,88	60,4	1,47
7	243,5	5,62	72,4	1,87
8	234,2	5,44	69,2	1,85
9	209,3	5,42	64,6	1,81
10	205,1	5,11	59,7	1,75
11	198,6	5,02	62,4	1,69
12	193,4	4,95	61,1	1,69
13	189,8	4,92	57,5	1,64
14	189,3	4,83	58,3	1,64
15	188,6	4,77	57,9	1,62
16	176,5	4,73	53,8	1,52
17	175,6	4,62	52,7	1,53
18	171,2	4,49	54,1	1,4
19	159,7	4,41	47,3	1,34
20	147,1	4,33	46,7	1,34
21	143,4	4,26	42,3	1,41
22	142,2	4,13	44,4	1,33

23	137,7	3,94	43,7	1,33
24	134,2	3,79	41,6	1,31

Из полученных результатов видно, что в пробах после переработки вторичных техногенных урановых руд концентрация урана составляет от 41,6 до 76,8 г/т, что намного меньше, чем Кларкое содержание. А значения удельной эффективной активности -  $A_{эфф}$  в них немного больше чем фоновое значения. Как показывают полученные результаты (табл. 8), после переработки вторичных техногенных урановых руд, концентрация урана в них уменьшается в среднем на 75 %, а значения удельной эффективной активности -  $A_{эфф}$  уменьшается в среднем 3 раза.

Предложенный кучный метод физико-химической геотехнологии извлечения урана из урансодержащих вторичных руд пригодна, ещё и для проведения рекультивации урансодержащих вторичных техногенных руд.

В шестой главе **«Изучение радиационной обстановки в районе месторождений вторичных техногенных руд»** всесторонне изучены радиационные показатели - мощность эквивалентной дозы, долгоживущие альфа-нуклиды, эквивалентная равновесная активность радона и годовая эффективная доза в районе вторичных техногенных руд.

В районе вторичных техногенных руд из наиболее значимых вопросов по радиоэкологии можно отнести оценку последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды. Радиоэкологическая проблема взаимосвязано с изучением биологического действия ионизирующего излучения и установление их допустимых пределов доз облучения для персонала, работающих на предприятиях и защиты окружающей среды от влияния вредного воздействия ионизирующего излучения.

Основой для принятия решений о необходимости проведения реабилитационных мероприятий, направленных на смягчение последствий радиоактивного загрязнения окружающей среды в результате деятельности добывающих предприятий, являются результаты комплексных радиоэкологических исследований.

На основе экспериментальных исследований были детально изучены все радиационные показатели – мощность эквивалентной дозы, долгоживущие альфа-нуклиды, эквивалентная равновесная активность радона и годовая эффективная доза в районе вторичных техногенных руд. Полученные результаты приведены в табл. 9.

Как видно из приведенных данных в табл. 9 радиационные показатели - мощность эквивалентной дозы, долгоживущие альфа-нуклиды, эквивалентная равновесная активность радона и годовая эффективная доза в районе вторичных техногенных руд отличаются от природных значений и установленных норм.

Таблица 9

Результаты радиационных показателей - мощность эквивалентной дозы, долгоживущие альфа-нуклиды, эквивалентная равновесная активность радона и годовая эффективная доза в районе вторичных техногенных руд

№ пробы	Значения МЭД, мкЗв/ч	Значения ДАН, мБк/м <sup>3</sup>	Значения ЭРОА, Бк/м <sup>3</sup>	Эффективная доза от суммы всех радиационно опасных факторов, мЗв/год
1(16)	4,12	0,6-4,6	2-9	1,21-8,43
2(15)	3,84	0,6-1,1	2-3	2,10-7,17
3(14)	2,82	1,3-3,6	2-8	1,43-6,34
4(17)	1,39	2,0-3,1	8-11	1,67-8,96
5(7)	3,92	0,5-3,0	2-11	1,97-9,21
6(9)	3,44	1,7-2,9	7-10	2,07-6,72
7(6)	3,26	0,3-1,7	7-11	1,80-7,39
8(10)	2,40	1,05-1,27	8-13	2,19-9,57
9(12)	2,12	1,4-2,5	1-2	1,59-7,18
10(11).	1,60	1,2-2,5	7-12	1,84-6,50
11(11a)	2,82	0,2-3,7	1-4	3,40-9,14
12(11б)	3,58	0,45-3,2	4-11	2,49-7,76
13(15ПУ)	5,20	2-3	4-12	3,54-8,93
<b>Норма</b>	<b>Фон - 0,15</b>	<b>12,0</b>	<b>18,5</b>	<b>20</b>

На основании проведенных исследований в районе вторичных техногенных руд можно оценить радиоэкологическую обстановку. Значений мощности эффективной дозы изменится в диапазоне от 1,39 до 5,20 мЗв/час при естественном фоне 0,15 мЗв/час.

Эффективная годовая доза для персонала, работающего на данном объекте, не превышает значений, установленных норм в СанПиН 0193-06 Республики Узбекистан. Остальные показатели - долгоживущие альфа-нуклиды и эквивалентная равновесная активность радона в регионе не превышают установленных норм.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе проведенных исследований по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук (DSc) на тему «Разработка технологии извлечения урана из вторичных техногенных руд» сделаны следующие заключения, имеющие теоретическую и практическую значимость:

1. Изучены физико-механические свойства вторичных техногенных руд для оценки влияния на процесс выщелачивания урана горно-геологических, гидрогеологических и геотехнологических условий. На основании проведенных исследований на 13 пробах и полученных результатов определены геотехнологические параметры таких как - концентрация рабочего раствора, соотношения Т:Ж, время выщелачивания урана, пористость и проницаемость.

2. Проведены исследования по определению основных радиационных свойств в 12 пробах (сформированные из 120 проб) вторичных техногенных руд и определены в них - удельная эффективная активность радионуклидов -  $^{238}\text{U}$ ,  $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  и  $^{40}\text{K}$ , суммарная удельная активность альфа-излучений проб, эксхалация  $^{222}\text{Rn}$  и мощность экспозиционной дозы - МЭД гамма-излучений.

3. На основании проведенных исследований параметров новой технологической схемы извлечения урана из вторичных техногенных урановых руд установлены, что данная схема пригодна для переработки вторичных техногенных урановых руд. Применение предложенной технологической схемы позволяет уменьшить концентрацию урана и удельную эффективную активность -  $A_{\text{эфф}}$  в исходных пробах в среднем до 70 %.

4. Выбраны параметры геотехнологического режима в зависимости от физико-механических и радиационных свойств вторичных техногенных руд и установлены, что миниреагентный метод выщелачивания применим для карбонатных руд, кислотный метод выщелачивания применим для безкарбонатных руд и скорость химической реакции в большинстве случаев превышает скорости диффузионных процессов.

5. Исследованы методы - механический, электромагнитный, центрофуги и другие разделения бедных урансодержащих пород от богатых урансодержащих руд и аналитические методы, а также инструментальные лабораторные приборы определения урана в этих пробах. Установлено, что для достижения максимального извлечения урана необходимо увеличить массовых количеств продуктивных сортов вторичных техногенных руд, привлекаемых к переработке методом физико-химической геотехнологии.

6. Изучены возможности метода радиометрического разделения бедных урансодержащих пород от богатых урансодержащих руд. Для этого использован один из основных радиационных показателей - коэффициент радиоактивного равновесия -  $K_{\text{РР}}$  между радионуклидами радия и урана и установлено, что для данных руд усредненный показатель  $K_{\text{РР}}$  изменяется в диапазоне от 0,86 до 1,64. В процессе миграции урана верхние горизонты

отвалов подвергаются к обеднению, а нижняя часть этих отвалов к обогащению, где содержание урана составляет в диапазоне от 0,015 % до 0,032 % и является пригодным к переработке методом физико-химической геотехнологии с выделением продуктивного сорта.

7. Установлен кислотный режим выщелачивания урана из вторичных техногенных руд. Для выщелачивания урана из вторичных техногенных руд с содержанием урана менее 0,03% используют достаточно некрепкий рабочий раствор с концентрацией серной кислоты в диапазоне от 10 до 40 г/л. При присутствии различных концентраций карбонатов в твердой пробе требуется изменить концентрацию серной кислоты в рабочем растворе для выщелачивания урана. Результаты проведенных экспериментов показали, что в этих условиях содержание урана в рабочем растворе изменится в диапазоне от 43 до 53 г/л.

8. Изучены положительные и отрицательные стороны предлагаемого метода кучного выщелачивания урана из вторичных техногенных руд. Определены рентгенофлуоресцентным методом содержание породообразующих элементов во вторичных техногенных рудах в диапазоне - (%):  $Al_2O_3$  - 4,8 - 6,9;  $MnO_2$  - 0,1 - 0,2;  $CaO$  - 0,5-1,0;  $MgO$  - 0,2 - 0,9;  $FeO$  - 0,2 - 0,5;  $Fe_2O_3$  - 0,7 - 1,5;  $Cu$  (II) - 0,01 - 0,12;  $Zn$  - 0,005 - 0,011 и  $Cr$  - 0,006 - 0,01. Установлены, что данные техногенные отходы, находящиеся в отвалах, хвостохранилищах и на местах временного хранения являются перспективными вторичными техногенными рудами.

9. Разработана принципиальная технологическая схема кучного метода физико-химической геотехнологии извлечения урана из вторичных техногенных урановых руд и с её помощи снежены радиационные свойства данных руд. Изучены влияющие факторы на выщелачивание урана - размер зерна, распределение урана, соотношение твердого к жидкому, кинетика выщелачивания урана, время перемешивания и концентрация серной кислоты. В продуктивных сернокислотных растворах зафиксированы устойчивые концентрации алюминия (500 - 1500 мг/л), марганца (150 - 300 мг/л), магния (400 -600 мг/л), кальция (500 - 600 мг/л), железа (II) (до 1000 мг/л), железа (III) (до 450 мг/л).

10. Изучены взаимосвязи коэффициента выщелачивание урана от фрактальной размерности и найдены чем больше фрактальная размерность, тем выше будет извлечение урана. Проведенные эксперименты подтверждает, что, количество выщелоченного урана увеличивается с увеличением степени фрагментации отобранных руд. С меньшими фрактальными размерностями гранулометрического состава имеют меньшие массовые концентрации урана, а скорость выщелачивания и расход кислоты для получения той же скорости выщелачивания постепенно снижаются за счет минеральных образцов с более крупным размером частиц.

11. Проведены сопоставления основных показателей для расчётов экономического эффекта от применения предложенной геотехнологической схемы выщелачивания урана из вторичных техногенных руд и установлены, что традиционная технология уступает по всем параметрам от предложенной

технологии. То есть по предложенной технологии – перерабатываются 30 % меньше масса руды, при этом коэффициент извлечения урана на 12 % больше, расход серной кислоты составляет меньше 20 г/л, количество извлекаемого урана из вторичных техногенных руд больше на 14,5 кг из тонны и время выщелачивания урана составляет на 62 сутки меньше.

12. Вторичные техногенные руды являются радиационными объектами и геотехнологический процесс извлечения урана из них по предложенной технологической схеме происходит под радиационным влиянием. По этой причине анализированы следующие радиационные величины – МЭД, ППР,  $A_{эфф}$ ,  $\Sigma_{\alpha}$ ,  $\Sigma_{\beta}$ , ОАР, ЭРОА, ДАН и установлены, что их значения не всегда соответствуют установленным нормам. В более 200 точках наблюдений проведённого в течение более 5 лет проведены замеры значений - МЭД, ЭРОА и ДАН и установлены, что в районе вторичных техногенных руд все эти значения оказались на уровне значений установленных в нормативном документе СанПиН №0196-06. На основании данного факта можно сделать вывод, что радиационная обстановка в районе вторичных техногенных руд соответствует всем установленным Международным и Республиканским нормам по радиационной безопасности.

**SENGLÉ SCIENTIFIC COUNCIL BASED ON SCIENTIFIC COUNCIL ON  
AWARDING SCIENTIFIC DEGREES DSc.22/30.12.2019.T.98.01 AT THE  
ALMALYK BRANCH OF THE NATIONAL RESEARCH  
TECHNOLOGICAL UNIVERSITY «MISIS»**

---

**NAVOI STATE UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGIES**

**NAZAROV ZHAMOLIDDIN TOSHKULOVICH**

**DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR URANIUM EXTRACTION  
FROM SECONDARY TECHNOGENIC ORES**

**04.00.10 –Geotechnology (Open-pit, Underground, and Construction);  
11.00.05 – Environmental protection and rational use of natural resources**

**DISSERTATION ABSTRACT  
for the Doctor of Sciences (DSc) of Technical Sciences**

**Almalyk – 2024**

**The topic of the dissertation of doctor of sciences (DSc) was registered at the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under № B2024.3.DSc/T821.**

The dissertation has been carried out at the Navoi State University of Mining and Technologies. The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian and English (resume) on the webpage of the Scientific Council ([www.misis.uz](http://www.misis.uz)) and on the website of «ZiyoNet» information-educational portal ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Scientific Consultants:**

**Umarov Farkhodbek Yarkulovich**

Doctor of Technical Sciences, Professor

**Muzafarov Amrullo Mustafievich**

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor

**Official opponents:**

**Duysebaev Baurjan Orazovich**

Doctor of Technical Sciences, Academician

**Kucharov Baxrom Xayrievich**

Doctor of Technical Sciences, Senior Research Fellow

**Sultonov Shavkatjon Abdullayevich**

Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor

**Leading organization:**

**State Institution «Institute of Mineral Resources»**

The defence of the dissertation will be held on 24 December 2024 at 9<sup>00</sup> hours at a meeting of the Scientific Council DSc.22/30.12.2019.T.98.01 (Address: 110101, Almalyk, Amir Temur St. 56. Meeting room of the Almalyk branch of the National Research Technological University «MISIS»). Tel: (70) 614-22-57; e-mail: [info@misis.uz](mailto:info@misis.uz)).

The thesis can be found in the Information Resource Center of the Almalyk branch of the National Research Technological University «MISIS» (registered under No 24-32-D). Address 110101, Almalyk, st. Amir Temur 56. Tel (70) 614-22-57.

The abstract of the dissertation is distributed on 11 December 2024 y.  
(Protocol at the register No 23 dated 11 December 2024 y.)

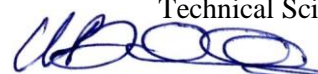


**B.R. Raimzhanov**

Chairman of the Scientific Council for  
Awarding of Scientific Degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

**G.S. Nutfulloev**

Scientific secretary of the Scientific Council for  
awarding the Scientific Degrees, Doctor of  
Technical Sciences, Professor



**Sh.Sh. Zairov**  
Chairman of the Scientific Seminar under Scientific  
Council for awarding the Scientific Degrees,  
Doctor of Technical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of DSc thesis)

**The aim of the research** Development of a scientifically based technology for extracting uranium from secondary man-made ores, taking into account the geological, mineralogical and technological features of the uranium mining industrial zones of Kyzylkum to increase the efficiency of processing mineral raw materials and reduce the environmental burden.

**The object** of the study is secondary technogenic ores, technological methods of uranium extraction, geotechnological indicators and the uranium leaching process.

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

a basic flow chart of the technology for extracting uranium from secondary technogenic ores has been developed, based on the granulometric separation of productive rich classes from waste rocks;

it was determined that more than 87,5 % of uranium is associated in small class sandy-clayey rocks with good porosity and permeability, which is a positive determining factor for uranium leaching. The total mass of this class is 69% of the total mass of the ore;

it has been established that with the use of granulometric analysis of productive classes of secondary technogenic ores, it is possible to exclude more than 31% of waste rock from the uranium leaching process;

it was established that there is a linear dependence of the distribution of uranium in the vertical layer of secondary technogenic ores on their storage period, i.e. in old uranium waste, uranium accumulates more in the lower parts of the dump, in fresh uranium waste, uranium is uniformly distributed throughout the entire volume;

it has been experimentally established that it is possible to achieve maximum leaching of uranium from solid secondary technogenic ores by selecting the optimal ratio of solid to liquid, that is, S:L, 1:2;

the possibilities of reducing the main geotechnological parameter of heap leaching of uranium, the time spent on the process of acidification of ores due to the reduction of acid-absorbing minerals containing waste rocks excluded during their separation from productive rich classes have been determined.

**Implementation of research results.** Based on the scientific results obtained on the technology of uranium extraction from secondary technogenic ores:

the use of a screen as the main working unit in the technological principle scheme for uranium extraction from secondary technogenic ores was implemented in the Uranium Geotechnology Laboratory of the Central Research Laboratory (Certificate No. 23/01-01-07/339 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC dated July 2, 2024). As a result, it was possible to separate the class of large-sized granules of secondary technogenic ores from the class of small-sized granules;

the granulometric method of studying the sand-clay fraction of secondary technogenic ores with a low uranium content was introduced in the uranium geotechnology laboratory (Certificate No. 23/01-01-07/339 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC dated July 2, 2024). As a result, it was possible not to

involve secondary technogenic ores containing less than 12.5% of the total uranium in the processing process;

the recommendation to involve 2/3 of the total mass in the processing process in the process of extracting uranium from secondary technogenic ores was introduced in the uranium geotechnology laboratory of MITL of NKMK JSC (Certificate No. 23/01-01-07/339 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC dated July 2, 2024). As a result, it was possible to extract more than 85% of uranium from secondary technogenic ores;

based on the study of the volume distribution of uranium in secondary technogenic ores, the recommendation not to use the upper layers of uranium waste was introduced in the MITL uranium geotechnology laboratory (Certificate No. 23/01-01-07/339 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC dated July 2, 2024). As a result, it was possible to involve less than half of uranium waste in the process of converting uranium into solution;

the possibility of reducing the acidification time of secondary technogenic ore heaps was implemented in 2018-2020 by the Uranium Geotechnology Laboratory of NKMK JSC in the process of dissolving uranium in the heap at the Uchkuduk geotechnological deposit (Certificate No. 23/01-01-07/339 of Navoi Mining and Metallurgical Combine JSC dated July 2, 2024). As a result, it was possible to reduce the acidification time of secondary technogenic ore heaps by up to 12%.

**The structure and volume of the dissertation.** The structure of the thesis consists of an introduction, six chapters, conclusion, list of references, applications. The volume of the dissertation is 200 pages.

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

**I bo'lim (I часть; part I)**

1. Назаров Ж.Т., Музафаров А.М. Методы дезактивации радиационно-загрязненных объектов. – Монография. – Навои: «Navoiy», 2024. – 124 с. ISBN 978-9910-654-39-8.

2. Аллаяров Р.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М. Разработка и внедрения эффективной технологии выщелачивание урана из урановых отвалов // *Universum: технические науки*. – Москва. – Выпуск 10 (103), октябрь 2022. – Часть 11. – С. 5-10.

3. Аллаяров Р.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М. Исследование коэффициентов обогащения химических элементов в урановых отвалах методом инструментального нейтронно-активационного анализа // *Горный вестник Узбекистана*. – Навои, 2022. – №4 (91). – С. 76-78.

4. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Экспериментальное определение радиационных факторов на объектах добычи урана методом физико-химической геотехнологии // *Universum: технические науки*. – Москва. – №8(113), август 2023. – Част. 2. – С. 15-18.

5. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Радиометрические измерения на отработанных участках добычи урана перед их рекультивацией // *XXI Век. Техносферная безопасность*. – Иркутск, 2023. – Том 8. – №4 (32). – С. 407-414.

6. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Аллаёров Р.М., Музафаров А.М. Обоснование эффективности метода физико-химической геотехнологии извлечение урана из вторичных урановых руд // *Горный вестник Узбекистана*. – Навои, 2024. – №1 (96). – С. 62-65.

7. Nazarov Zh.T., Allaberganova G.M., Pulatov Kh.L., Muzafarov A.M. Studying the granulometric distribution of uranium in technogenic secondary uranium ores // *International Journal of Formal Education*. – Volume 3. – Issue 3. – March 2024. ISSN: 2720-6874.

8. Пулатов Х.Л., Музафаров А.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М. Изучение гранулометрического распределения урана в техногенных вторичных урановых рудах // *Mexanika va texnologiya ilmiy jurnali*. – Namangan, 2024. – №1 (8). Maxsus son. – 196-202 б.

9. Nazarov J.T., Allaberganova G.M., Pulatov H.L., Muzafarov A.M. Research of a new technological flowsheet parameters for uranium mining from technogenic uranium ores // *Chemical Technology. Control and Management*. – Tashkent, 2024. – №3 (117). – pp. 5-12.

10. Nazarov J.T., Muzafarov A.M. Study of the fractal dimension of secondary technogenic uranium ores // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. – Vol. 11. – Issue 7. – July 2024. – pp. 22092-22095.

11. Jumaev O.A., Nazarov J.T., Sayfulin R.R., Makhmudov G.B., Ismoilov M.T. Schematic and algorithmic methods of elimination influence of interference on accuracy of intellectual interfaces of the technological process // Journal of Physics: Conference Series. – 2020 J. Phys.: Conf. Ser. 1679 042037.

12. Nazarov J.T., Allaberganova G.M., Muzafarov A.M., Kaipbergenov A.T. Extraction of uranium from secondary uranium-containing ores by heap method of physical-chemical geotechnology // Science and Education in Karakalpakstan. – №3/2 (43) 2024. ISSN 2181-9203. – pp. 144-149.

13. Назаров Ж.Т., Музафаров А.М., Умаров Ф.Я. Анализ радионуклидного состава горных пород участков добычи урана методом физико-химической геотехнологии // Fan va texnologiyalar taraqqiyoti. – Vuxoro, 2024. – №5. 5-8 b.

14. Умаров Ф.Я., Музафаров А.М., Назаров Ж.Т. Результаты экспериментальных исследований извлечения урана методом физико-химической геотехнологии из вторичных техногенных руд // International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. – Vol. 3(5), 2024. ISSN: 2181-144X. – pp. 77-80.

15. Назаров Ж.Т., Музафаров А.М., Умаров Ф.Я., Аллаберганова Г.М. Оценка радиационных показателей бедных урансодержащих руд для привлечения их к переработки методом физико-химической геотехнологии // Sanoatda raqamli texnologiyalar. ISSN: 3030-3214.

16. Жумаев О.А., Назаров Ж.Т., Отакулов Л.О., Абдужалилов А.О. Применение оптоэлектронных преобразователей информации в измерительных системах поверочной установки для газа // Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув. – 2016, №1 (67). – С. 64-70.

17. Jumaev O.A., Nazarov J.T., Makhmudov G.B., Ismoilov M.T., Shermuradova M.F. Intelligent control systems using algorithms of the entropic potential method // Journal of Physics: Conference Series, Apitech III 2021, Published 1. November 2021.

## **II bo‘lim (II часть; part II)**

18. Солиев Т.И., Назаров Ж.Т., Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М. Расчёт параметров значений коэффициентов радиоактивного равновесия  $K_{pp}$  для определения возрастов урановых образцов / DGU №21848, 01.02.2023 у.

19. Nazarov J.T., Allaberganova G.M., Pulatov X.L., Muzafarov A.M. Rekultivatsiya holatga keltiriladigan ikkilamchi rudalarning radiatsiya ko‘rsatkichlari qiymatlarining o‘zgarish parametrlarni hisoblash // DGU №28263, 25.10.2023 у.

20. Nazarov J.T., Allaberganova G.M., Pulatov X.L., Muzafarov A.M. Fizik-kimyoviy geotexnologiya usuli bilan uran qazib olish maydonlarining chiqindi tog‘ jinslari xususiyatlarining o‘zgarish parametrlarini hisoblash. DGU №28260, 25.10.2023 у.

21. Аллаяров Р.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Журакулов А.Р., А.М. Музафаров. Изучение содержания химических элементов в горных

породах методом нейтронно-активационного анализа // Международный форум «Физика-2022». – Наманган, 4-5 октября 2022. – С. 37-38.

22. Аллаяров Р.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М. Оценка эффективности новой технологии выщелачивание урана из урановых отвалов // Международный форум «Физика-2022». Узбекистан, Наманган, 4-5 октября 2022. – С. 37-38.

23. Солиев Т.И., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М., Назаров Ж.Т. Радиометрические методы датирования возрастов урановых руд некоторых месторождений Кызылкумов // Международный форум «Физика-2022». – Наманган, 4-5 октября 2022. – С. 37-38.

24. Холов Д.М., Холбаев И., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М. Оценка метрологических характеристик метода ИНАА химических элементов в пробах почвы // Материалы Республиканской конференции на тему: «Фундаментально-инновационные исследования в развитие физики и ее перспективы». – Ташкент, 14 октября 2022. – С. 51-52

25. Солиев Т.И., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М., Назаров Ж.Т. Исследование причина увеличения радиационного фона на местах хранения урановых продуктов // Материалы Республиканской конференции на тему: «Фундаментально-инновационные исследования в развитие физики и ее перспективы». – Ташкент, 14 октября 2022. – С. 53-55.

26. Журакулов А.Р., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Урунов И.А., Музафаров А.М., Мусурмонов М.У. Исследование влияний радиационных факторов урановых производств на окружающую среду // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 27-28 October, 2022. Navoi, Uzbekistan. – pp. 360-363.

27. Солиев Т.И., Аллаберганова Г.М., Назаров Ж.Т., Музафаров А.М. Исследование возможности ядерно-физических методов датирования возрастов урановых образцов // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. 27-28 October, 2022. Navoi, Uzbekistan. – pp. 415-419.

28. Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Назаров Ж.Т., Музафаров А.М. Анализ состояний горных пород и подземных вод в районе влияний уранового производства // Сборник материалов республиканской научно-технической конференции на тему: «Актуальные проблемы инновационных технологий в развитии химической, нефтегазоперерабатывающей и пищевой промышленности». – Ташкент, 25 ноября 2022. – С. 63-68.

29. Назаров Ж.Т., Музафаров А.М., Кулматов Р.А., Аллаберганова Г.М. Нейтронно-активационные методы определения редких металлов во вторичных урановых образцах // Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции на тему: «Химия и технология редких и редких металлов: современное состояние, проблемы и перспективы». – Термез, 28-29 апреля 2023. – С. 189-190.

30. Назаров Ж.Т., Музафаров А.М., Аллаберганова Г.М. Оценка возможности применения новой технологии выщелачивания урана из

урановых отвалов // XII международная научно-практическая конференция на тему: «Современные тенденции и инновации в науке и производстве». – Междуреченск: КузГТУ. 26 апреля 2023. – С. 137.1-137.6.

31. Музафаров А.М., Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М. Радиометрические методы оценки загрязненности горных пород в районе действий металлургических комбинатов // Труды Международной научно-практической конференции на тему: «Ұлытау-Қазақстан металлургиясының бесігі», посвященной к 110-летию со дня рождения акад. Ибрагима Абылгазиевича Онаева. – Алматы, 18-19 мая 2023. – С. 243-247.

32. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М., Журакулов А.Р. Анализ радионуклидного состава природных вод на участках добычи урана методом физико-химической геотехнологии // «Глобальная наука и инновация 2023: Центральная Азия». – Астана, сентябрь 2023. – №2(20). Серия «Технические науки». – С. 48-50.

33. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Анализ радионуклидного состава горных пород участков добычи урана методом физико-химической геотехнологии // «Глобальная наука и инновация 2023: Центральная Азия». – Астана, сентябрь 2023. – №2(20). Серия «Технические науки». – С. 51-54.

34. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М. Экспериментальное определение взаимосвязи значений мощности эффективной дозы от расстояния уранового объекта // Материалы Республиканской научно-практической конференции на тему: «Проблемы, перспективы и инновационные подходы эффективной переработки минерального сырья и техногенных отходов». – Алмалык: Алмалыкский филиал Ташкентского государственного технического университета. – 16 сентября 2023. – С. 95-97.

35. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Музафаров А.М. Исследование величин радиационных факторов в объектах добычи урана методом физико-химической геотехнологии // Сборник научных трудов Республиканской научно-практической конференции с международным участием на тему: «Актуальные вопросы развития горной и металлургической науки». – Алмалык, 24 сентября 2023. – С. 245-246.

36. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Суюнов У.А., Музафаров А.М. Возможности рекультивации вторичных техногеннообразованных руд в процессе физико-химической геотехнологии // Fizika fanini axborot va innovatsion texnologiyalar muhitida o'qitishning zamonaviy tendensiyalari: muammo va yechimlar mavzusidagi respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to'plami. – Navoy: NDPI, 10-oktabr, 2023-yil. – 261-267 b.

37. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Инструментальное определение значений мощности эффективной дозы в объектах урановых отвалов и участков подземного выщелачивания // XXVII Международная научно-практическая конференция «Инновация-2023»/ Сборник научных статей. – С. 214-216.

38. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Изучение гранулометрического распределения урана в техногенных вторичных урановых рудах // IV–Международная конференция на тему: «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы», посвященная 65-летию Навоийского горно-металлургического комбината. – Навои, 16-17 ноября 2023.

39. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Пулатов Х.Л., Музафаров А.М. Исследование параметров новой технологической схемы добычи урана из техногенных урановых руд // IV–Международная конференция на тему: «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы», посвященная 65-летию Навоийского горно-металлургического комбината. – Навои, 16-17 ноября 2023.

40. Назаров Ж.Т., Аллаберганова Г.М., Аллаяров Р.М., Музафаров А.М. Оценка эффективности метода физико-химической геотехнологии добычи урана из вторичных техногенных руд // V-Международная научно-практическая конференция на тему: «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы». – Навои, 18-19 апреля 2024 года. – С. 7-8.

41. Назаров Ж.Т., Аллаяров Р.М., Музафаров А.М., Санакулов У.К. Оценка возможности применения метода физико-химической геотехнологии кучного выщелачивания из вторичных техногенных руд // V-Международная научно-практическая конференция на тему: «Комплексное инновационное развитие Зарафшанского региона: достижения, проблемы и перспективы». – Навои, 18-19 апреля 2024 года. – С. 14-15.

42. Muzafarov A.M., Nazarov Zh.T., Allaberganova G.M., Kutbedinov A.K., Sharafutdinov U.Z. Methods for determination of Radon and radiation factors in man-made facilities of uranium production // Proceedings of the international conference on integrated innovative development of Zarafshan region: achievements, challenges and prospects. – Navoi, 27-28 October, 2022. – pp. 394-398.

43. Muzafarov A.M., Allaberganova G.M., Nazarov Zh.T., Sharafutdinov U.Z. Determination of radium in samples taken from radioactive waste tailing facility // Uzbekistan-Japan International Conference «Energy-Earth-Environment-Engineering». – November 17-18, 2022, Uzbek-Japan Innovation Center of Youth, Tashkent, Uzbekistan. – pp. 26-27.



Avtoreferat « Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti » tahririyat va nashriyot bo'limida tahrirdan o'tkazilib, o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

**Bosmaxona litsenziyasi:**



**9338**

Bichimi: 84x60 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. «Times New Roman» garniturasida.  
Raqamli bosma usulda bosildi.  
Shartli bosma tabog'i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 49/24.

Guvohnoma № 851684.  
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.  
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.