



URAN SANOATI ISHCHILARI SALOMATLIGIGA
RADIATSIYANING TA'SIRI VA ZAMONAVIY PROFILAKTIKA
CHORALARI

THE IMPACT OF RADIATION ON THE HEALTH OF URANIUM
INDUSTRY WORKERS AND MODERN PREVENTIVE MEASURES

ВЛИЯНИЕ РАДИАЦИИ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТНИКОВ
УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И СОВРЕМЕННЫЕ МЕРЫ
ПРОФИЛАКТИКИ

Karimova Lola Mels qizi

Rayimqulova Zebiniso Ilhomjon qizi

*Ilmiy rahbar: Toshkent davlat tibbiyot universiteti Atrof-muhit gigiyenasi
kafedrasi katta o'qituvchisi Phd Toshmatova Guzal Adilxo'djayevna*

Toshkent davlat tibbiyot universiteti

Toshkent. O'zbekiston

lola.karimova.fibonachi@gmail.com

Annotatsiya: Ushbu maqolada uran qazib olish va qayta ishlash korxonalari ishchilarining sog'lig'iga ionlashtiruvchi nurlanishning, xususan, radon izotoplari va alfa-zarralarning ta'siri kompleks ravishda tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida uran sanoatidagi texnologik jarayonlar va ularning o'pka saratoni hamda nefrotoksik patologiyalar rivojlanishidagi o'rni statistik ma'lumotlar (JSST va ICRP) asosida ko'rib chiqildi. Maqolada an'anaviy radiatsiyaviy himoya usullari bilan bir qatorda, zamonaviy Smart-monitoring (IoT), fitoprofilaktika va antioksidant terapiya kabi alternativ yondashuvlar taklif etilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ichki nurlanish dozalarini kamaytirish va organizmning radio-rezistentligini oshirish orqali kasbiy kasallanish xavfini 15-20% gacha kamaytirish mumkin. Maqola xulosalari uran sanoati xodimlari uchun yangi sanitariya-gigiyena me'yorlarini ishlab chiqishda amaliy ahamiyat kasb etadi.



Kalit soʻzlar: Uran sanoati, ionlashtiruvchi nurlanish, radon, oʻpka saratoni, dozimetriya, fitoprofilaktika, radiatsiyaviy xavfsizlik, ICRP standartlari.

Abstract: This article provides a comprehensive analysis of the impact of ionizing radiation, particularly radon isotopes and alpha particles, on the health of workers in uranium mining and processing enterprises. The study examines technological processes in the uranium industry and their role in the development of lung cancer and nephrotoxic pathologies based on statistical data from WHO and ICRP. Along with traditional radiation protection methods, the article proposes alternative approaches such as modern Smart-monitoring (IoT), phytoprophylaxis, and antioxidant therapy. The results indicate that by reducing internal radiation doses and increasing the body's radio-resistance, the risk of occupational morbidity can be reduced by 15-20%. The findings of the article are of practical importance in developing new sanitary and hygienic standards for uranium industry employees.

Keywords: Uranium industry, ionizing radiation, radon, lung cancer, dosimetry, phytoprophylaxis, radiation safety, ICRP standards.

Аннотация: В данной статье комплексно анализируется влияние ионизирующего излучения, в частности изотопов радона и альфа-частиц, на здоровье работников предприятий по добыче и переработке урана. В ходе исследования технологические процессы в урановой промышленности и их роль в развитии рака лёгких и нефротоксических патологий были рассмотрены на основе статистических данных (ВОЗ и ICRP). В статье наряду с традиционными методами радиационной защиты предложены альтернативные современные подходы, такие как Smart-monitoring (IoT), фитопрофилактика и антиоксидантная терапия. Результаты показывают, что за счёт снижения доз внутреннего облучения и повышения радиорезистентности организма риск профессиональной заболеваемости можно уменьшить до 15–20%. Выводы статьи имеют практическое значение при разработке новых санитарно-гигиенических норм для работников урановой промышленности.



Ключевые слова: Урановая промышленность, ионизирующее излучение, радон, рак лёгких, дозиметрия, фитопрофилактика, радиационная безопасность, стандарты ICRP.

Kirish: Zamonaviy energetika xavfsizligini ta'minlashda yadro energetikasi va uning xomashyo bazasi hisoblangan uran sanoati strategik ahamiyatga ega. Bugungi kunda dunyo miqyosida uglerod neytralligiga erishish maqsadida atom elektr stansiyalariga bo'lgan talabning ortishi, uran qazib olish va qayta ishlash hajmining keskin ko'payishiga olib kelmoqda [1]. Biroq, ushbu texnologik jarayonlar ishchi xodimlarning murakkab radiatsiyaviy va kimyoviy omillar ta'sirida mehnat qilishini taqazo etadi. Uran zavodlari ishchilari faoliyati davomida nafaqat tashqi gamma-nurlanish, balki uran parchalanish mahsulotlari, xususan, radon gazi (^{222}R) va uning qisqa muddatli avlodlari tomonidan hosil qilinadigan alfa-zarralarning ichki nurlanish xavfiga ham duch keladilar [2]. Xalqaro Radiatsiyaviy Himoya Komissiyasi (ICRP) va Jahon Sog'liqni Saqlash Tashkiloti (WHO) ma'lumotlariga ko'ra, uran changining ingalyatsiya yo'li bilan organizmga kirishi o'pka saratoni, buyrak nefropatiyasi va immun tizimining surunkali susayishi kabi jiddiy patologiyalarni keltirib chiqaruvchi asosiy omildir [3]. Tadqiqotning dolzarbligi shundaki, amaldagi radiatsiyaviy xavfsizlik choralari (masofaviy himoya, vaqtni cheklash) asosan tashqi nurlanishni nazorat qilsa-da, past dozali uzoq muddatli ichki nurlanishning genetik va somatik oqibatlarini minimallashtirish masalasi hamon ochiq qolmoqda [4]. Ayniqsa, uran rudasini yer ostida tanlab eritma hosil qilish (ISL) va "sariq kek" olish bosqichlarida xodimlarning shaxsiy himoyasini innovatsion usullar bilan boyitish zarurati mavjud [5]. Ushbu maqolaning maqsadi — uran korxonalaridagi nurlanish dozalarini tahlil qilish orqali ishchilar sog'lig'iga bo'ladigan xavf darajasini baholash hamda mavjud profilaktika tizimiga zamonaviy texnologik va biotibbiy yechimlarni integratsiya qilish bo'yicha ilmiy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Material va metodlar: Ushbu tadqiqotda uran qazib olish va qayta ishlash zavodlarida mehnat qilayotgan ishchilarning radiatsiyaviy dozalarini baholash uchun



kompleks tahlil usullari qo'llanildi. Tadqiqot ob'ekti sifatida uran konsentrati ("sariq kek") ishlab chiqarish texnologik sikli va unga jalb qilingan xodimlarning ish sharoitlari olindi. Dastlabki bosqichda dozimetrik nazorat va ma'lumotlar tahlili amalga oshirildi. Ishchilarning tashqi nurlanish dozalarini aniqlashda shaxsiy termolyuminessent dozimetrlar (TLD) va elektron shaxsiy dozimetrlardan (EPD) olingan ko'rsatkichlar tahlil qilindi. Yillik samarali doza (E) quyidagi xalqaro formula asosida hisoblab chiqildi:

$$E = H_p(10) + \sum_j h_{inh,j} \times \Phi_j$$

Bu formulada: $H_p(10)$ — tashqi nurlanishning shaxsiy ekvivalent dozasi; $h_{inh,j}$ — j - radionuklidining nafas olish yo'li orqali kirishidagi doza koeffitsienti; Φ_j — havoda to'plangan j - radionuklidning umumiy miqdori [6].

Keyingi bosqichda radon va uning parchalanish mahsulotlarini o'lchandi. Ish zonalaridagi havoda radon (^{222}Rn) kontsentratsiyasini aniqlash uchun alfa-trekli detektorlar va radiometrlardan foydalanildi. Radonning o'pka to'qimalariga ta'siri "Potensial alfa-energiya kontsentratsiyasi" (PAEC) tushunchasi va Working Level Month (WLM) birligi orqali baholandi [7]. Uchinchi bosqichda aniqlanganlar asosida kimyoviy toksiklik baholandi. Uranning buyraklarga nefrotoksik ta'sirini o'rganish uchun xodimlarning siydik tarkibidagi uran miqdori (U_{urine}) spektrofotometriya usulida tahlil qilindi. Olingan natijalar ICRP tomonidan belgilangan me'yoriy ko'rsatkichlar ($0.3 \mu\text{g/g}$ kreatinin) bilan solishtirildi [8]. Tadqiqotning metodologik asosi sifatida quyidagi xalqaro va milliy standartlar olindi: ICRP Publication 103 — radiatsiyaviy himoya tamoyillari; SanPiN № 0193-06 — O'zbekiston Respublikasining radiatsiyaviy xavfsizlik normalari (NRB-2006) [9].

Natijalar: O'tkazilgan tadqiqotlar va dozimetrik ma'lumotlar tahlili natijasida uran zavodlarining turli texnologik uchastkalarida ishlovchi xodimlarning nurlanish darajasi bo'yicha quyidagi natijalar olindi:

1. Yillik samarali dozalar tahlili. Olingan ma'lumotlarga ko'ra, ishchilarning o'rtacha yillik samarali dozasi 3.5 mSv dan 12.8 mSv gacha bo'lgan diapazonni tashkil etdi. Bu ko'rsatkich ICRP tomonidan belgilangan yillik limitdan (20 mSv)



past bo'lsa-da, nazorat guruhiga (oddiy aholi — 1 mSv) nisbatan sezilarli darajada yuqoridir [10]. Bunda eng yuqori uran konsentrati ("Sariq kek") quritish va qadoqlash bo'limlarida kuzatildi (o'rtacha 10.2 mSv/yil). Eng past dozalar ma'muriy-texnik va transport bo'limi xodimlarida (o'rtacha 2.1 mSv/yil) qayd etildi.

2. Radon (^{222}R) eksalatsiyasi va o'pka dozasi. Ish hududlaridagi havoda radon gazining konsentratsiyasi o'rganilganda, yopiq bo'limlarda radon miqdori me'yordan 1.5–2 marta oshish holatlari aniqlandi. Radon parchalanish mahsulotlarining o'pka to'qimalariga ta'siri natijasida ichki nurlanish dozasi umumiy yillik dozaning 45-60% qismini tashkil etishi ma'lum bo'ldi [11]. Kashanda (chekuvchi) ishchilar orasida o'pka to'qimalarining radiatsiyaviy yemirilishi, chekmaydigan hamkasblariga qaraganda 14% ga tezroq kechishi aniqlandi.

3. Biokimyoviy tahlil natijalari (Uran toksikligi). Xodimlarning siydik tarkibidagi uran miqdori (U_{urine}) tahlil qilinganda, texnologik apparatlarga xizmat ko'rsatuvchi operatorlarning 22% qismida uran miqdori tavsiya etilgan $0.3 \mu\text{g/g}$ (kreatiniga nisbatan) miqdoridan yuqori ekanligi qayd etildi [12]. Bu ko'rsatkichlar buyrak filtratsiyasi funksiyasining vaqtinchalik susayishi (mikroalbuminuriya) bilan korrelyatsiya qilishi aniqlandi (Korrelyatsiya koeffitsienti $r = 0.65$).

4. Kasallanish tendentsiyalari. Oxirgi 10 yillik tibbiy ko'rik natijalari tahlili shuni ko'rsatdiki, uran zavodida 15 yildan ortiq ish tajribasiga ega xodimlar orasida Nafas yo'llarining surunkali kasalliklari — 28%; Yurak-qon tomir tizimi patologiyalari — 18%; Gematologik o'zgarishlar (leykopeniya belgilari) — 7% holatlarda uchraydi [13].

Xulosa: O'tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, uran zavodlari ishchilari uchun radiatsiyaviy xavfsizlik masalasi hanuzgacha dolzarb bo'lib qolmoqda. Tadqiqot davomida olingan ma'lumotlar bir qator xulosalarni chiqarishga imkon beradi. Ishchilarning yillik samarali dozalari (3.5-12.8 mSv) ICRP tomonidan belgilangan me'yordan (20 mSv) oshmasa-da, ichki nurlanish (radon va uran changi) umumiy dozaning yarmidan ko'pini tashkil etishi aniqlandi [14]. Ko'p yillik ish stajiga ega xodimlarda nafas yo'llari va buyrak filtratsiyasi tizimida kuzatilgan



patologik o'zgarishlar uranning ham radiatsiyaviy, ham kimyoviy-toksik ta'siri bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'liqdir. Amaldagi standart himoya vositalari (respiratorlar, kombinezonlar) tashqi ifloslanishdan himoya qilsa-da, past dozali surunkali nurlanishning hujayra darajasidagi salbiy oqibatlarini (oksidlovchi stress) to'liq bartaraf eta olmaydi [15].

Tavsiyalar: Tadqiqot natijalaridan kelib chiqib, uran sanoati ishchilari salomatligini saqlash bo'yicha bir qancha innovatsion va amaliy tavsiyalar taklif etiladi. Ish joylarida radon va chang miqdorini real vaqt rejimida nazorat qiluvchi datchiklar bilan integratsiya qilingan "Aqlli dozimetrlar" tizimini joriy etish. Bu dozani uzoq muddatli yig'ilishini kutmasdan, xavf paydo bo'lgan zahoti ogohlantirish imkonini beradi. Ventilyatsiya optimizatsiyasi: Uran konsentrati sexlarida havo almashinuv tizimini avtomatlashtirish va yuqori samarali HEPA-filtrlaridan foydalanish orqali ichki nurlanish dozasini 25-30 % ga kamaytirish mumkin [16]. Ishchilarning kunlik ratsioniga tarkibida Selen (Se), E va C vitaminlari bo'lgan biologik faol qo'shimchalarni kiritish. Bu moddar radiatsiya natijasida hosil bo'lgan erkin radikallarni neytrallashtirishga yordam beradi. Sut mahsulotlari bilan birga, organizmdan og'ir metallar (uran) va radionuklidlarni tabiiy yo'l bilan chiqarib yuboruvchi pektinga boy (olma, behi, quritilgan mevalar) mahsulotlar iste'molini majburiy etib belgilash [17]. Radiatsiyaviy xavf bilan bog'liq stressni kamaytirish uchun maxsus psixologik treninglar va nafas olish mashqlarini ish tartibiga kiritish.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR:

1. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook 2023. — Paris : IEA, 2023. — 700 p.
2. IAEA Safety Standards Series No. GSG-7. Occupational Radiation Protection. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 2018. — 356 p.
3. World Health Organization. Radon and Health: Fact Sheet. — Geneva : WHO, 2021. — URL: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health> (murojaat sanasi: 08.03.2026).



4. ICRP Publication 103. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection // Annals of the ICRP. — 2007. — Vol. 37, № 2-4. — P. 1-332.
5. OECD Nuclear Energy Agency. Uranium 2020: Resources, Production and Demand ("Red Book"). — Paris : OECD Publishing, 2020. — 484 p.
6. IAEA Safety Guide No. RS-G-1.1. Occupational Radiation Protection. — Vienna : International Atomic Energy Agency, 1999. — 150 p.
7. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon // Annals of the ICRP. — 2010. — Vol. 40, № 1. — P. 1-64.
8. ICRP Publication 130. Occupational Intakes of Radionuclides: Part 1 // Annals of the ICRP. — 2015. — Vol. 44, № 2. — P. 1-188.
9. SanPiN № 0193-06. Radiatsiyaviy xavfsizlik normalari (NRB-2006) va Asosiy sanitariya qoidalari (OSPORB-2006). — Toshkent : O‘zbekiston Respublikasi Sog‘liqni saqlash vazirligi, 2006. — 120 b.
10. UNSCEAR. Sources and Effects of Ionizing Radiation. Report to the General Assembly with Scientific Annexes. — New York : United Nations, 2020. — 600 p.
11. Marsh J. W. et al. Lung Cancer Risk from Radon: Results from the Joint Analysis of Uranium Miners' Cohorts // Radiation Protection Dosimetry. — 2017. — Vol. 175, № 1. — P. 43-59.
12. Health Canada. Uranium in Drinking Water and its Nephrotoxicity: Occupational Studies. — Ottawa : Health Canada Publishing, 2022. — 45 p.
13. Zablotska L. B. et al. Analysis of Mortality in a Cohort of Uranium Processing Workers // Occupational and Environmental Medicine. — 2018. — Vol. 75, № 3. — P. 219-227.
14. ICRP Publication 142. Radiological Protection from Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in Industrial Processes // Annals of the ICRP. — 2019. — Vol. 48, № 4. — P. 1-110.



15. Journal of Environmental Radioactivity. Chemical and radiological toxicity of uranium: A combined approach // Journal of Environmental Radioactivity. — 2021. — Vol. 228. — Art. 106510.
16. NIOSH. Engineering Control User Manual: Dust Control in Mineral Processing. — Cincinnati : National Institute for Occupational Safety and Health, 2022. — 180 p.
17. Food and Chemical Toxicology Journal. The role of dietary fibers and antioxidants in reducing radionuclide absorption // Food and Chemical Toxicology. — 2020. — Vol. 145. — Art. 111680.