

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МЕДИЧНИХ НАУК УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА УСТАНОВА «ІНСТИТУТ ГРОМАДСЬКОГО ЗДОРОВ'Я
ІМЕНІ О.М. МАРЗЄСВА НАМН УКРАЇНИ»

ОПЕРЧУК АНАТОЛІЙ ПАВЛОВИЧ

УДК 613.648.01:616-006]:622.349.5](477)(043.3)

**НАУКОВО-ГІГІЄНИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПОКРАЩЕННЯ
РАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ НА ПІДПРИЄМСТВАХ З ВИДОБУТКУ Й
ПЕРВИННОГО ЗБАГАЧЕННЯ УРАНОВИХ РУД**

14.02.01 – гігієна та професійна патологія

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата медичних наук

Київ 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Державній установі «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва НАМН України», м. Київ.

Науковий керівник:

Доктор біологічних наук, професор **Павленко Тетяна Олександрівна**, ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва НАМН України», завідувачка лабораторією радіаційного захисту

Офіційні опоненти:

Омелянець Микола Іванович, доктор медичних наук, професор, науковий консультант Інституту радіаційного захисту АТН України

Берковський Володимир Борисович, кандидат біологічних наук, завідуючий лабораторією внутрішнього опромінення Державної установи «Національний науковий центр радіаційної медицини НАМН України»

Захист відбудеться 29 вересня 2020 року о 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.604.01 у ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України» за адресою: м. Київ, вул. Попудренка 50.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України» за адресою: м. Київ, вул. Попудренка 50

Автореферат розісланий _____ 2020 року

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Доктор біологічних наук



Литвиченко О.М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Науковий комітет з дії атомної радіації Організації об'єднаних націй (НКДАР ООН) у доповіді за 2016 рік узагальнив результати наукових робіт за останні десять років (UNSCEAR, 2017) та визначив основні напрямки нових досліджень (UNSCEAR, 2016). Аналізуючи отримані результати, Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) прийшла до висновку, що існує ряд невизначеностей щодо впливу на здоров'я гірників уранових шахт довгоіснуючих альфа-випромінювачів уранового ряду, а оцінки радіаційних ризиків – неоднозначні.

Експерти визнали, що останній пулінговий аналіз епідеміологічних досліджень впливу радону та його дочірніх продуктів розпаду (ДПР) на здоров'я шахтарів не дав однозначної відповіді щодо радіаційних ризиків. Так, накопичені в останні роки данні щодо онкологічної захворюваності шахтарів уранових шахт (Tomasek, 2012, 2014; Kreuzer, 2015; Zaballa and Eidemüller, 2016; Beck, 2017) свідчать про істотне зниження величини радіаційних ризиків від радону та його ДПР, оцінки доз опромінення яких були побудовані на концепції «умовного дозового переходу» (ICRP Publ.65, 1995). Тому останні рекомендації МКРЗ щодо опромінення радоном та його ДПР пропонують повернутися до дозиметричних та біокінетичних моделей розрахунків еквівалентних та ефективних доз (ICRP Publ.115, 2010; ICRP Publ. 126, 2014), а нові коефіцієнти переходу від робочого рівня за місяць (PPM) до ефективної дози (ЕД) для цих радіонуклідів ще необхідно розробити. Дискусія з цього приводу триває (Beck, 2017).

Зміни в системі радіаційного захисту персоналу уранових шахт мають пряме відношення до нашої країни.

Сьогодні Україна посідає 10 місце в світі по видобутку урану, а схвалена на засіданні уряду 18 серпня 2017 року енергетична стратегія розвитку України до 2035 року, передбачає подальше збільшення видобутку уранових руд та створення резервів уранового концентрату. Це означає, що потенційно має збільшитись кількість працівників (персоналу категорії «А»), які зазнають додаткового професійного опромінення.

Необхідно зазначити, що закритість цієї галузі впродовж багатьох років не дозволяла проаналізувати онкологічну захворюваність шахтарів та оцінити ефективність існуючої системи захисту. Дані про ЕД опромінення в Україні почали накопичуватися тільки після затвердження НРБУ-97 та запровадження ліцензування практичної діяльності. За ці роки накопичилася інформація щодо професійних раків, верифікованих провідними академічними інститутами, якої достатньо для попереднього аналізу та висновків.

Таким чином, в контексті світових тенденцій перегляду впливу на здоров'я людини окремих радіоактивних джерел дана робота є актуальною і своєчасною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дана дисертація виконувалась у рамках наступних науково-дослідних робіт:

- ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва АМНУ»
«Радіаційно-гігієнічна оцінка залишків видобутку та переробки

корисних копалин з високим вмістом природних радіонуклідів», державний реєстраційний номер 0110U001463.

- Кіровоградська обласна державна адміністрація. Кіровоградська регіональна програма «Стоп-радон» затверджена рішенням Кіровоградської обласної державної адміністрації від 2 квітня 2012 року №172-р в рамках реалізації «Комплексної програми захисту населення Кіровоградської області від впливу іонізуючого випромінювання на 2009-2013 роки» затвердженої рішенням Кіровоградської обласної ради, від 19 березня 2009 року № 646

Мета роботи. Науково обґрунтувати вимоги до системи радіаційного захисту персоналу урановидобувних підприємств на підставі аналізу реальної онкологічної захворюваності гірників.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні **завдання**:

1. Визначити джерела та ефективні дози опромінення робітників уранових шахт, їх структуру.

2. Провести порівняльний аналіз ефективних доз опромінення гірників за професійними когортами.

3. Проаналізувати дані щодо професійної онкологічної захворюваності гірників за віком, професійним стажем, окремими професіями, іншими чинниками які потенційно можуть впливати на онкологічну захворюваність.

4. Провести порівняльний аналіз радіаційних ризиків опромінення гірників з реальним рівнем онкологічної захворюваності.

5. Розробити рекомендації щодо радіаційного захисту гірників.

Об'єкт дослідження: Закономірності формування ЕД опромінення персоналу категорії «А» та професійної захворюваності персоналу українських урановидобувних підприємств, обумовлених дією радіаційно-небезпечних факторів.

Предмет дослідження: радіаційно-гігієнічні параметри робочих місць гірників та верифіковані діагнози їхньої онкологічної захворюваності.

Методи дослідження: *аналітичний* - для узагальнення інформації щодо результатів аналізу ЕД опромінення гірників, закономірностей їх формування, онкологічної захворюваності та порівняльного аналізу реальної онкологічної захворюваності і прогнозованих ризиків; *математичні* - для статистичної обробки та аналізу отриманих даних: дескриптивний та дисперсійний методи статистичного аналізу результатів досліджень. Математичні моделі МКРЗ для розрахунку доз опромінення населення та оцінки радіаційних ризиків.

Наукова новизна отриманих результатів

В роботі вперше за показниками реальної професійної онкологічної захворюваності працівників уранових шахт визначені найбільш небезпечні робочі місця і когорти працюючих за факторами впливу іонізуючого випромінювання на уранових шахтах України, та окреслені задачі і напрямки профілактичних заходів у забезпеченні радіаційного захисту персоналу в контексті сучасних міжнародних вимог.

Теоретичне значення: За визначеними часовими та віковими закономірностями реалізації радіаційних ризиків онкологічної захворюваності на рак легенів робітників уранових шахт, запропоновані нові підходи щодо оцінки стану радіаційної безпеки працівників підприємств відповідно до вимог

сучасної системи радіаційного захисту, реалізованої в нових стандартах радіаційної безпеки МАГАТЕ та з урахуванням особливостей формування доз опромінення і умов праці персоналу українських урановидобувних підприємств.

Практичне значення: Науково обґрунтовані шляхи оптимізації системи радіаційного захисту персоналу урановидобувних підприємств.

Визначений перелік найбільш критичних документів з радіаційного захисту персоналу щодо ефективної і достовірної системи розрахунку і реєстрації ЕД персоналу відповідно до сучасних міжнародних вимог радіаційного захисту працюючих.

Результати роботи впроваджені:

Матеріали дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес кафедри загальної гігієни та екології ДВНЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України» (акт впровадження від 15.09.2018 року), кафедри громадського здоров'я Національного університету «Острозька академія» (акт впровадження від 05.03.2018 року), у практичну роботу ДУ «Кіровоградський обласний лабораторний центр МОЗ України» (акт впровадження від 25.09.2018 р.); Методичні рекомендації МР 6.6.1. 6.2.-000-14 «Здійснення радіаційно-гігієнічного моніторингу установами Державної санітарно-епідеміологічної служби України» затверджені МОЗ України, 2014.

Особистий внесок здобувача.

Автором особисто виконано патентно-інформаційний пошук і аналітичний аналіз літератури, визначення актуальності проблеми та мети роботи, розроблено програму досліджень, виконані конкретні теоретичні й експериментальні дослідження. Здобувач брав особисту участь у інструментальних дослідженнях, виконував розрахунок, аналіз, систематизацію, математичну та статистичну обробку даних, формував рекомендації щодо проведення профілактичних заходів. Особистий внесок здобувача становить 80% обсягу роботи. Автор висловлює подяку керівнику та фахівцям лабораторії радіаційного захисту ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзеєва НАМН України» за допомогу в проведенні альтернативних вимірів ЕРОА радону в повітрі робочої зони Смолінської і Інгульської шахт.

Апробація результатів дисертації

Основні матеріали дисертації доповідалися та обговорювалися на наступних форумах, науково-практичних конференціях, наукових нарадах, а саме: Третій Європейський конгрес Міжнародної Асоціації Радіаційного Захисту (IRPA), м. Гельсінкі, Фінляндія, 2010 р.; Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (сьомі марзеєвські читання)», м. Київ, 2011 р.; Науково-практична конференція «Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (дев'яті марзеєвські читання)», м. Київ, 2015 р.; V міжнародна конференція «Медична фізика – сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Інноваційні технології» м. Київ, 2016 р.; VI міжнародна конференція «Медична фізика – сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Інноваційні технології» м. Київ, 2017 р.

Публікація результатів досліджень

За темою дисертації опубліковано 20 робіт, у тому числі у: фахових виданнях рекомендованих ДАК України – 3 (з них 1 самостійна), в науково-метричних журналах – 3, тези доповідей у матеріалах науково-практичних конференцій, симпозіумів – 14 (з них 3 міжнародних).

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота виконана українською мовою, складається із вступу, 5 розділів (огляду літератури, методичного розділу, опису матеріалів та методів досліджень, результатів визначення ЕД опромінення персоналу уранових шахт, аналізу закономірностей формування ЕД гірників, аналізу онкологічної захворюваності гірників, порівняльного аналізу реальної онкологічної захворюваності з прогнозом за величиною радіаційних ризиків, узагальнення результатів, висновків, практичних рекомендацій, списку літературних джерел та додатків. Зміст роботи викладено на 184 сторінках друкованого тексту, з них 150 основного. Ілюстрована 17 рисунками, 34 таблицями, наведено 23 формули розрахунків. Список використаних джерел містить 127 найменувань, із них кирилицею – 32, 95 – латиною).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі роботи на підставі аналізу літературних джерел визначена різноманітність ситуацій у різних країнах світу щодо стану дозиметрії та онкологічної захворюваності шахтарів уранових шахт, проаналізовані результати досліджень онкологічної захворюваності шахтарів уранових шахт різних країн світу, приведені найбільш вживані методи епідеміологічних досліджень у даному напрямку. Проаналізовані сучасні роботи та публікації міжнародних організацій, які стосуються біологічної дії радону на організм людини, а також результати останніх епідеміологічних досліджень та їх висновки щодо величини радіаційних ризиків від радону для здоров'я людини. Так, за даними проведеного аналізу результатів останніх пулінгових досліджень щодо впливу радону на здоров'я показано, що радон є однією з причин виникнення раку легенів у шахтарів. На підставі проаналізованих літературних джерел були окреслені невирішені проблеми, обґрунтуванні методичні підходи і напрямки дисертаційної роботи, які визначили мету і завдання досліджень.

Другий розділ дисертації присвячений матеріалам і методам дослідження.

Для досягнення мети та вирішення поставлених у роботі завдань була розроблена поетапна програма досліджень, згідно з якою був виконаний комплекс теоретичних (аналіз і узагальнення даних вітчизняної та зарубіжної літератури щодо сучасного стану дозиметрії та онкологічної захворюваності шахтарів уранових шахт), гігієнічних (санітарного обстеження та описування), медико-статистичних, епідеміологічних, а також статистичний аналіз отриманих даних), обсяги яких наведено в табл. 1.

На цьому етапі проведена робота щодо стандартизації показників радіаційно-небезпечних факторів виробничого середовища за різні роки і приведення їх до певного узагальненого вигляду, а також визначений єдиний підхід щодо оцінки доз опромінення працівників.

З метою найбільш достовірного отримання результатів, оцінка ефективних доз опромінення персоналу уранових шахт проводилася окремо для кожного шахтаря, на основі даних моніторингу радіаційних факторів робочих місць (надані підприємством), відповідно до «Керівництва з розрахунків індивідуальних доз опромінення персоналу ДП «СхідГЗК» і населення», погодженого з Міністерством охорони здоров'я України і введеного в дію

наказом по ДП «СхідГЗК» від 15.05.2008 року №208. Отримані ефективні дози опромінення шахтарів були перераховані відповідно до нових дозових коефіцієнтів Публікації 126 МКРЗ, а для реалізації цієї задачі була розроблена власна методика перерахунку ЕД шахтарів.

Таблиця 1

Обсяги досліджень дисертаційної роботи

№ з/п	Етап	Об'єкт	Методи	Кількість
1	Вивчення стану онкологічної захворюваності серед шахтарів уранових шахт в світі.	Епідеміологія розповсюдженості захворювань на професійний рак серед шахтарів уранових шахт.	Аналіз літературних джерел	115 джерел
2	Вивчення радіаційної ситуації на робочих місцях	Матеріали ДП «СхідГЗК»; ДУ «Смолінська СЕС ООРР МОЗ України»	Ретроспективний аналіз	1100 карт, Журнал виробничого радіаційного контролю 18 шт. Протоколи.
3	Визначення стану та структури опромінення гірників	Матеріали ДП «СхідГЗК»	Ретроспективний аналіз	1100 карт
4	Стандартизація розрахунку індивідуальних доз опромінення шахтарів.	Матеріали ДП «СхідГЗК»	По математичним моделям МКРЗ Публікацій 60, 65, 115 і 126.	1100 карт
5	Аналіз індивідуальних доз опромінення шахтарів уранових шахт	Матеріали ДП «СхідГЗК»	Ретроспективний аналіз	1100 карт
6	Аналіз професійної онкологічної захворюваності	Акти розслідування професійних захворювань (форма П-4)	Ретроспективний аналіз	950 Актів
6	Розрахунок ризиків стохастичних ефектів серед персоналу категорії «А» уранових шахт України.	Статистично-епідеміологічні дослідження.	По математичним моделям МКРЗ Публікацій 60, 65, 115 і 126.	3 урановидобувних шахти ДП «СхідГЗК»

На наступному етапі роботи була проаналізована професійна онкологічна захворюваність шахтарів, яка здійснювалася за матеріалами «Актив розслідування професійного захворювання» і журналів реєстрації професійних захворювань на шахтах ДП «СхідГЗК». У відповідності до Постанови Кабінету Міністрів України від 30.11.2011 року № 1232. В роботі для аналізу використані тільки офіційно зареєстровані випадки раку легенів. Зважено що ці дані (кількість раків) є неповними, тому що частина гірників після закінчення трудової діяльності і виходу на пенсію поміняла місце проживання (країну), а деякі хворі або їх родичі не зверталися до медичних установ для підтвердження причинно-наслідкових зв'язків діагнозу раку з професією в минулому.

На цьому етапі роботи для коректної оцінки стану умов праці, шляхів формування ефективних доз опромінення і оцінки рівня професійної онкологічної захворюваності, всі працівники урановидобувних підприємств за умовами праці, параметрами радіаційного і нерадіаційного характеру, постійного чи непостійного характеру робіт були розділені на 4 основних когорти: «основні 0», «основні 1», «допоміжні», «поверхня».

До когорти «основні 0» були віднесено ті професії і робочі місця, які безпосередньо зайняті на гірничопроріжницьких і очисних роботах по видобутку гірничої маси. Практично це всі професії мають пряме відношення до видобутку руди, а робочі місця знаходяться безпосередньо біля рудних тіл і очисних камер тому працівники підпадають під самий потужний вплив радіаційних факторів. Дані професії мають постійні робочі місця. До переліку професій цієї групи входять прохідники, гірничоробочі очисного вибою (ГРОВ) на бурінні, ГРОВ на видобутку, ГРОВ на масових вибухах.

До когорти «основні 1» були віднесені зайняті на завантаженні, відкатці гірничої маси, а також кріпленні гірничих виробок, і мають як постійні, так і непостійні робочі місця. В цю групу також віднесені машиністи підземних електровозів, машиністи вібро-завантажувальних установок, кріпильники.

До когорти «допоміжні» була віднесена велика група професій з непостійними робочими місцями в підземних умовах, які не мають безпосереднього відношення до видобутку руди, але охоплюють цілий комплекс робіт, направлених на забезпечення технологічного процесу, виконання комплексу ремонтних, будівельно-монтажних і інших видів робіт.

До когорти «поверхня» увійшли всі спеціальності і робочі місця віднесені до робіт категорії «А» розташованих на поверхневому комплексі шахт. Виділити цю групу окремо вирішено у зв'язку з тим, що один із чинників формування внутрішнього опромінення – радон і його ДПР в даному випадку не мають вирішального значення.

Далі для всіх приведених когорт були розраховані дози опромінення та проведений їх аналіз, проаналізовані дані щодо онкозахворюваності працівників уранових шахт, визначені вікові і часові закономірності її реалізації, проведено порівняльний аналіз реальної і прогнозованої онкозахворюваності в контексті сучасної системи радіаційного захисту, сформульовані висновки та рекомендації.

Третій розділ дисертації присвячений визначенню та аналізу доз опромінення шахтарів. Визначені та проаналізовані основні джерела та сценарії опромінення для основних груп робітників.

Встановлено, що основними факторами радіаційного впливу на організм працюючих є:

- зовнішнє γ -випромінювання;
- довгоіснуючі α -активні природні радіонукліди уранового й торієвого ряду (ДЖАУ, (ДАН)), депоновані в частках пилу;
- α -випромінюючі радіоактивні гази радон-222, торон-220;
- α і β - активні дочірні продукти розпаду (ДПР) радону-222 й торону-220.

Аналіз радіаційно-небезпечних факторів виробничого середовища показав, що основним дозоформуєчим фактором є радон-222 і його ДПР в повітрі робочої зони. Показники потужності дози зовнішнього гамма-опромінювання не мають такого впливу на здоров'я працівників за причиною їхньої локальної дії (безпосередньо біля джерела випромінювання), і дана компонента не розповсюджується на всі гірничі виробки, частина з яких проходить по «порожнім» породам.

Що стосується впливу ДЖАУ (ДАН), то тут ситуація складніша. Не зважаючи на низький вміст довгоіснуючих радіонуклідів в руді, велике значення має концентрація рудного пилу в повітрі робочої зони, розміри пилових частинок (респірабельна фракція пилу), а також розповсюдженість пилу та ДПР по більшій частині підземних гірничих виробок, тобто дія цього джерела на організм працівників в даному випадку набагато більша.

Це припущення підтверджує аналіз даних щодо формування дозового навантаження шахтарів, який показав, що близько 70% усередненої за 15 років ефективної дози опромінювання (E_E) обумовлене довгоіснуючими α -активними радіонуклідами уранового й торієвого ряду і радіоактивними ізотопами радону та їхніми ДПР.

На рис. 1 приведена усереднена структура ефективних доз опромінювання персоналу шахт, за даними моніторингу радіаційної обстановки на робочих місцях здійснюваного за 1997 – 2017 рік.

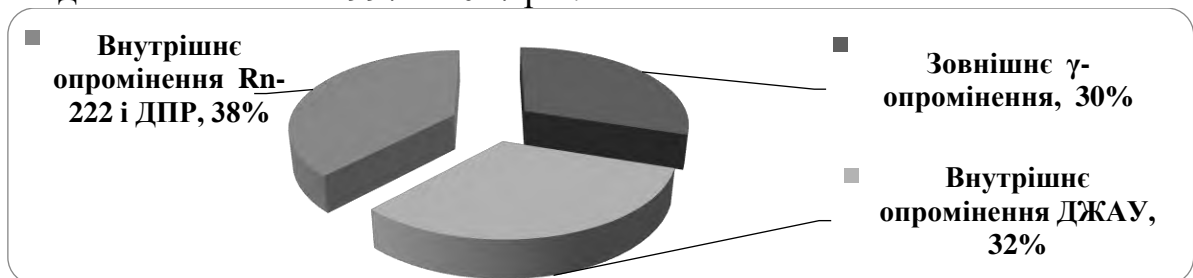


Рисунок 1. Усереднена структура сумарної ефективної дози шахтарів за всіма професійними групами.

За окремими досліджуваними когортами структура ЕД опромінювання відрізняється (таблиця 2).

Встановлено, що для когорти «основні 0» ЕД від зовнішнього опромінювання складає 5,1 мЗв/рік (30%), внутрішнє опромінювання від ЕРОА радону-222 – 6,1 мЗв/рік (36%), внутрішнє опромінювання від ДЖАУ (ДАН) – 5,2 мЗв/рік (33%). Величина середньорічної ЕД від всіх джерел опромінювання оцінюється у 16,7 мЗв/рік.

Для когорти «основні 1» внесок зовнішнього опромінювання склав 3,3 мЗв/рік (24%), опромінювання від ЕРОА радону-222 - 5,8 мЗв/рік (43%), ДЖАУ (ДАН) – 4,0 мЗв/рік (30%). Сумарно внутрішнє опромінювання сформувало ефективну дозу 9,8 мЗв/рік (73%) від річної ефективної дози, яка склала в цілому 13,4 мЗв/рік.

Для когорти «допоміжні» сумарна ЕД від всіх джерел опромінення склала 11,8 мЗв/рік, внесок зовнішнього опромінення склав 3,0 мЗв/рік (26%), від ЕРОА радону-222 – 4,3 мЗв/рік (37%), ДЖАУ (ДАН) – 4,3 мЗв/рік (36%).

Для когорти «поверхня» середньорічна ЕД оцінено у 6,4 мЗв/рік, внесок зовнішнього опромінення - 1,2 мЗв/рік (19%), ЕРОА радону-222 - 1,4 мЗв/рік (21%), ДЖАУ (ДАН) – 4,0 мЗв/рік (63%).

Таблиця 2

Структура формування ефективних доз опромінення по когортам

когорта	Зовнішнє опромінення		Внутрішнє опромінення				Ефективна доза
			ЕРОА радону-222		Довгоживучі РН (ДЖАУ)		
	мЗв/рік	%	мЗв/рік	%	мЗв/рік	%	мЗв/рік
Основні 0	5,1	30	6,1	36	5,2	33	16,7
Основні 1	3,3	24	5,8	43	4,0	30	13,4
допоміжні	3,0	26	4,3	37	4,3	36	11,8
поверхня	1,2	19	1,4	21	4,0	63	6,4

За отриманими даними встановлено, що усереднені середньорічні ЕД для когорти «основні 0» склали 16,7 мЗв/рік, для когорти «основні 1» - 13,4 мЗв/рік, для когорти «допоміжні» 11,8 мЗв/рік для когорти «поверхня» - 6,4 мЗв/рік.

Статистичний аналіз зафіксованих ЕД персоналу урановидобувних підприємств показав, що найбільш збалансованою когортою в статистичних показниках є когорта «поверхня» де відмічена найменша варіабельність і саме низьке стандартне відхилення. Це пояснюється перш за все тим, ЕД в цій когорті формувалася в основному за рахунок довгоживучих радіонуклідів уранового і торієвого рядів (ДЖАУ) та зовнішнього гама-опромінення.

Аналізом встановлено, що основним дозоутворюючим фактором є внутрішнє опромінення, яке обумовлюється ЕРОА радону-222 і ДЖАУ, внесок яких варіює від 74% в когорті «допоміжні» до 84% в когорті «поверхня».

Для об'єктивізації даних щодо формування ЕД гірників урановидобувних підприємств додатково було проведено детальне вивчення умов праці за нерадіаційними факторами виробничого середовища, а ЕД опромінення перерахована у РРМ - місячних робочих рівнях (WLM в англійській аббревіатурі). Аналіз літературних джерел встановив наявність стійкого зв'язку між накопиченою дозою опромінення від радону та його ДПР та ризиком розвитку раку легенів, яка оцінюється різними авторами у 50 РРМ. Нашими дослідженнями встановлено, що накопичені дози опромінення шахтарів в середньому склали 92,7 РРМ по загальному масиву даних і відповідно по когортах: «основна 0» - 92,9 РРМ, «основна 1» - 78 РРМ, «допоміжні» - 91,4 РРМ, «поверхня» - 71,5 РРМ.

Далі в роботі приведено результати оцінки прогнозних радіаційних ризиків онкологічної захворюваності шахтарів, розрахованих за різними моделями МКРЗ, НКДАР ООН і Tomasek et.al. (2008). Для більшої наочності розрахунки проводилися для накопиченої дози величиною у 100 РРМ.

Результати прорахованих прогнозних ризиків приведено у таблиці 3. Встановлено, що кількість випадків онкологічної захворюваності на рак легенів за всіма приведеними в таблиці моделями знаходиться в межах 1 випадку на 1000 працюючих.

Порівняння ризиків виникнення стохастичних ефектів за даними світових досліджень і когортами працівників уранових шахт України відповідно до офіційно зареєстрованих ЕД.

	Сумарний ризик на 100	95 % довірчий інтервал	Сумарний ризик на 100 РРМ досліджуваних когорт					95 % довірчий інтервал
			Всі	основні 0	основні 1	допоміжні	поверхня	
МКРЗ (1993)	1,34	0,82–2,13	1,24	1,24	1,05	1,22	1,01	1,6-2,9
Tomasek et.al. (2008)	1,6	1,00–2,30	1,48	1,49	1,25	1,46	1,20	
НКДАР ООН (2009)	0,59	0,35–1,00	0,55	0,55	0,46	0,54	0,44	

В четвертому розділі дисертації проведено аналіз реальної професійної онкологічної захворюваності шахтарів.

Аналіз онкологічної захворюваності проводився за період з 1997 по 2015 рік, після введення в дію НРБУ-97. За цей період на підприємствах сумарно працювало близько 62 тисяч осіб і зареєстровано 124 випадки професійного раку. Для коректної оцінки реальної кількості працюючих (зважаючи на плінність кадрів) нами застосована корегувальна методика після якої встановлено, що на підприємствах за період з 1997 по 2015 рік працювало близько 34880 осіб, з них біля 26500 осіб категорії «А».

За отриманими даними, середній відсоток професійної онкологічної захворюваності становить 11% від загальної кількості професійних захворювань та відповідає величині у 4,2 випадки на 1000 працівників категорії «А».

Разом з тим прогнозована кількість професійних раків, розрахованих за різними моделями МКРЗ, НКДАР ООН і Tomasek et.al. (2008), не повинна була перевищувати розраховану відповідно отриманих ЕД які наведені в таблиці 3.

Для цієї категорії, за даними дозиметричних лабораторій підприємств, середня ЕД становить 13,8 мЗв/рік (для всіх працівників категорії «А»), і досягає 16,7 мЗв/рік для працівників основних професій когорти «основна 0».

Встановлено, що динаміка онкологічної захворюваності на професійний рак по роках має тенденцію незначного зниження, що пов'язано з більш жорсткими вимогами до радіаційного захисту шахтарів НРБУ-97 та зменшенням ліміту дози для персоналу з 50 мЗв/рік до 20 мЗв/рік.

Для об'єктивності онкологічна захворюваність шахтарів уранових шахт, порівняна з онкологічною захворюваністю по Україні і Кіровоградській області.

В таблиці 4 наведено відносні статистичні показники у (на 100 тисяч).

Таблиця 4

Відносні статистичні показники захворюваності на рак легенів.

	Загальна кількість онкологічних захворювань на підприємстві	Інгульська шахта	Смолінська шахта	Кіровоградська область	Україна
Всього	499,7	776,5	900,0	411,2	328,6
Рак легенів і верхніх дихальних шляхів	164,7	64,7	100,0	54,8	37,9

Наведені дані свідчать, що частота виникнення онкологічних захворювань в Кіровоградській області та Україні в цілому, в порівнянні з професійними когортами шахтарів, значно менша онкологічної захворюваності на обох шахтах ДП «СхідГЗК» - в середньому у 2 рази, а онкологічна захворюваність працівників Смолінської шахти перевищує аналогічну захворюваність в Україні майже втричі. Рівень раків верхніх дихальних шляхів і легенів серед професійної когорти, як і очікувалось перевищує регіональні показники в 1,2 і в 1,8 рази, відповідно по Інгульській і Смолінській шахтах, і відповідні національні показники - 1,8 та в 2,6 рази по підприємствах.

Далі в роботі приведено аналіз стану професійної онкологічної захворюваності за окремими когортами, а також віком, в якому виникло професійне онкологічне захворювання, стажем роботи в умовах дії іонізуючого опромінення (накопичених ЕД), віком, в якому особа була прийнята на роботу. Окремо проаналізовані данні щодо віку шахтарів, в якому був діагностований професійний рак, а також терміну припинення робіт в умовах дії іонізуючого випромінення до виникнення професійного раку.

Встановлено що на урановидобувних підприємствах України реєструється висока онкологічна захворюваність серед всіх категорій працівників, яка значно перевищує аналогічні регіональні і національні показники, а в групі професій категорії «А», перевищення показників онкологічної захворюваності на рак легенів і верхніх дихальних шляхів перевищує відповідні національні показники в 1,8 та 2,2 рази по Інгульській і Смолінській шахтам відповідно. Виявлено, що частота виникнення професійного раку у шахтарів в умовах дії іонізуючого випромінення напряму залежить від отриманої ЕД опромінення, яка в свою чергу напряму залежить від розташування робочого місця, професії (когорти працюючих), а також стажу роботи в умовах дії іонізуючого випромінення (накопиченої дози). Встановлено, що частота виникнення професійного раку залежить від віку в якому особа була прийнята на роботу з впливом радіаційно-небезпечних факторів. Встановлено, що чим молодшим був вік початку роботи, тим більше вірогідність виникнення онкологічного захворювання в майбутньому. Визначено, що 21% професійного раку відзначається ще у період

практичної діяльності працівників і 37% - у найближчі 5-6 років після закінчення роботи. Реєстрація професійного раку в більш віддалені терміни, в основному, є ускладненням професійних захворювань бронхолегеневої системи, які були виявлені ще в період активної трудової діяльності особи. Встановлено, що більша половина професійних раків була діагностовано в віці 40-60 років з піком захворюваності (49 років) в період між 50-60 роками, тобто в працездатному віці. Найбільша кількість випадків професійного раку реєструвалася при стажі практичної діяльності 11 – 15 і 16 - 20 років, по 33 випадки. Аналіз результатів досліджень виявив вищу на 34% онкологічну захворюваність на Смолінській шахті від Інгульської. Це може бути пояснено значною кількістю осіб серед захворівших на Смолінській шахті, які до початку роботи на даному підприємстві працювали на аналогічних об'єктах південного Уралу, Казахстану та Середньої Азії. Ситуація з міграцією працівників основного виробництва не є такою актуальною для Інгульської шахти.

У п'ятому розділі дисертації викладено результати аналізу 3 і 4 розділів в контексті вимог сучасної системи радіаційного захисту.

Порівняльний аналіз встановив, що основним дозоформуєчим фактором для працівників уранових шахт всіх країн без винятку є радон і його ДПР, а внесок ДЖАУ у формування ЕД складає близько 10%. В Україні внесок ДЖАУ в сумарну дозу складає близько 30% для працівників підземних когорт, і досягає 80% в когорті «поверхня». Дана ситуація викликає певні сумніви, щодо якості існуючої системи дозиметрії і розрахунків доз на уранових шахтах України.

Аналіз офіційно зареєстрованих індивідуальних доз опромінення, встановив, що, ні в одній із когорт працівників, перевищення індивідуальної ЕД не зафіксовано. Навпаки, офіційно зареєстровані ЕД персоналу нижчі за встановлені ліміти доз і контрольні рівні. При таких індивідуальних ЕД опромінення, ризик виникнення професійного раку повинен дорівнювати близько 1 випадку на 1000 працюючих, проте фактична професійна онкологічна захворюваність шахтарів значно перевищує цю величину.

Так, найбільша кількість професійного раку в когорті «основні 0» склала 7,67 випадків на 1000 осіб, при середній індивідуальній ЕД для даної когорти 16,7 мЗв/рік. В інших когортах, ця величина склала: 5,58 випадків для професій «основні 1» при середній індивідуальній ЕД 13,35 мЗв/рік; в когорті «допоміжних» - 3,54 при ЕД 11,79 мЗв/рік і когорти «поверхня» - 2,02 випадки при індивідуальній ЕД - 6,41 мЗв/рік.

Дослідження встановили, що 21% випадків професійного раку було зареєстровано під час трудової діяльності, або в перший рік після припинення робіт. Це стосується п'ятої частини всіх професійних раків, початкові прояви якого були виявлені ще в період практичної діяльності, проте діагноз був поставлений помилковий, що говорить про неповне або неякісне обстеження під час періодичних медичних оглядів.

Аналіз онкологічної захворюваності виявив ще одну закономірність, яка пов'язана з віковими показниками початку роботи у шкідливих умовах за радіаційним фактором. Так встановлено, що 60% випадків професійного раку зафіксовано у працівників, які почали свою трудову діяльність в умовах дії іонізуючого випромінювання в віці 24-26 і 32 років. Для цих вікових категорій працівників кількість випадків професійного раку в середньому була в двічі вища за інші вікові групи.

За вимогами сучасної системи радіаційного захисту прийнятним ризиком для персоналу вважається ймовірність смерті від онкологічного захворювання не вище 10^{-4} рік⁻¹ (1 випадок на 10000 працюючих). Верхнім рівнем прийнятного індивідуального ризику або межею індивідуального ризику вважається ймовірність виникнення онкологічного захворювання у 10^{-3} на рік⁻¹, тобто верхньою межею виправданості в практичній діяльності при використанні джерел іонізуючого випромінювання, і відповідно для уранових шахт, є смертність від раку - 1 випадок на 1000 працюючих за рік. Таким чином, верхній рівень прийнятного ризику дорівнює 1 випадку на 1000 чоловік персоналу.

В таблиці 5 приведені розрахунки радіаційних ризиків шахтарів різних когорт у порівнянні з реальними показниками смертності від онкозахворюваності.

Порівняльний аналіз цих ризиків встановив, що фактична кількість зареєстрованих раків значно вища від прогнозованої величини і складає по загальному масиву даних 4,7 випадки проти прогнозованого показника 1,24, що практично у 3,8 рази перевищує прогноз за даними дозиметрії. По когорті «основна 0» фактична захворюваність перевищує прогнозовану у 6,2 рази, по когорті «основні 1» - у 5,3 рази, а по когортам «допоміжні» і «поверхня» - у 2,9 та 2,1 рази, відповідно.

Однією з найбільш вірогідних причин перевищення прогнозованих ризиків, яка може прояснити високу захворюваність шахтарів на професійний рак є заниження реальної величини професійної складової середньорічних доз опромінення.

Таблиця 5

Оцінки прогнозованих та реальних радіаційних ризиків працівників уранових шахт за окремими когортами.

Когорти	Усереднена кількість РРМ отриманих за весь трудовий стаж	Ризик (прогнозована кількість раків) (доля вірогідності 0,95)	Фактична кількість раків
Весь масив даних	92,8	1,24	4,7
Основні 0	92,9	1,24	7,67
Основні 1	78	1,05	5,58
Допоміжні	91,4	1,22	3,54
Поверхня	71,5	0,96	2,02

Слід усвідомлювати, що робітники уранових шахт проживають на територіях ураноносних провінцій, в ґрунтах, під житловими будинками та воді артезіанських свердловин яка є джерелом питного і господарсько-побутового водопостачання, знаходяться ті - ж самі радіонукліди урано-радієвих рядів, що і на виробництві, звісно в менших кількостях. Дані чинники є потужними джерелами ексхаляції радону, що надходить до житлових будинків, створюючи додаткову дозу опромінення.

Ще однією з можливих причин високих показників реєстрації професійного раку може бути ситуація, коли захворівший на рак отримав значні дози опромінення за місцем попередньої роботи.

Відповідно до сучасної системи радіаційного захисту ліміт дози для

категорії «А» не повинен перевищувати 20 мЗв/рік, а індивідуальний дозиметричний контроль запроваджується для осіб, у яких ефективна річна доза опромінення перевищує 10 мЗв/рік. Незважаючи на вимоги нормативних документів (НД) про необхідність проведення радіаційного контролю ЕД опромінення із застосуванням індивідуальних дозиметрів, по суті індивідуальний дозиметричний контроль на шахтах не проводиться. Дозиметричний контроль в урановидобувній галузі України завжди здійснювався і здійснюється тільки розрахунковим методом, на підставі періодичних вимірювань радіаційно-небезпечних факторів виробничого середовища які проводяться дозиметричними лабораторіями самих підприємств.

На даний час в Україні відсутня законодавчо затверджена методика проведення дозиметрії персоналу уранових рудників з використанням індивідуальних альфа дозиметрів. Також практично не діє система ретроспекції індивідуальних доз за методом дослідження біологічних речовин працюючих.

Існуюча нормативно-правова база вимагає дотримання не тільки встановлених лімітів доз, але і вимагає утримувати ЕД на «прийнятно низькому рівні», шляхом введення контрольних рівнів за всіма радіаційно-небезпечними факторами, що у свою чергу, має приводити до мінімізації радіаційних ризиків персоналу.

Забезпечення радіаційного захисту персоналу в урановидобувній галузі завжди пов'язане з додатковими витратами, які, відповідно, впливають на ціну продукції. Тому, з однієї сторони, фактичні дози опромінення повинні бути як найменшими, а з іншої - витрати на здійснення захисних заходів повинні бути зведені до прийнятного мінімуму. Іншими словами, необхідно провести оптимізацію заходів. Вирішення їх обумовлюється вимогами Санітарних правил по експлуатації уранових рудників від 28.10.1986 року №86-118, де в розділі 3 «Вентиляція підземних уранових рудників» п. п. 3.6, 3.16 та в розділі 6 «Захист від радону й продуктів його розпаду за допомогою вентиляції й заходи щодо боротьби з радоновиділенням» п.п. 6, 6.11 вимагаються виконання наступних заходів:

- п. 3.6 - нагнітальний спосіб провітрювання рудника;
- п. 3.16 - крім звичайних показників стану вентиляції, вентиляційна служба зобов'язана постійно контролювати провітрюваний об'єм, кратність обміну повітря в робочій зоні і оптимальність розподілу подаваного повітря в підземні гірські вироблення, виходячи з результатів вивчення локальних дебітів ексхаляції радону;

- п. 6.6 - проведення радонових зйомок не рідше 1 разу на рік;
- п. 6.11 - проведення (1 раз на 3 роки) детальних загально рудничних радоново-повітряних зйомок для визначення локальних дебітів ексхаляції радону й провітрюваних об'ємів всієї вентиляційної системи шахти (рудника).

Як показує практика і багаторічний моніторинг, виконання цих вимог в рамках санітарно-гігієнічного нагляду, на даний час виконується тільки один із чотирьох регламентованих пунктів, а саме те, що стосується періодичного контролю радіаційних параметрів на робочих місцях.

Така ситуація приводить до нераціональних схем провітрювання підземних гірських виробок, не своєчасному будівництву вентиляційних перегородок для перерозподілу повітряних потоків, відсутності ізоляції недіючих гірських виробок, відсутності достовірних даних для проектування

вентиляційних схем при будівництві нових очисних блоків і розташування робочих місць та інших гірських виробок.

Усе вище перераховане в кінцевому результаті приводить не тільки до необґрунтованого збільшення/зменшення подачі повітря з головних шахтних вентиляторів, а й до додаткового опромінення персоналу.

Ще одною причиною накопичення радону та його ДПР у рудничній атмосфері є значна кількість «не погашених» гірських вироблень, які є не тільки додатковими постачальниками радону на робочі місця гірників, а також забирають на себе значну частину свіжого повітря, яке подається на підземні робочі місця.

Для уранових рудників ефективність використання протирадонових і протипилових заходів, виходячи з того, що саме радон і його ДПР, а також ДЖАУ є основними вкладниками в ЕД, саме вентиляція гірничих виробок є головним фактором у забезпеченні радіаційного захисту на робочих місцях гірників.

ВИСНОВКИ

В дисертації на основі теоретичного узагальнення та комплексного дослідження радіаційно-небезпечних факторів виробничого середовища виявлені закономірності формування ЕД опромінення шахтарів уранових шахт в Україні, встановлені залежності від величини доз опромінення і виникнення професійних раків, та розроблені рекомендації щодо покращення радіаційного захисту працівників з видобутку та первинного збагачення уранових руд.

1. Встановлено, що усереднена ЕД гірників склала 12,5 мЗв/рік, доля зовнішнього опромінення 3,3 мЗв/рік (26,7%), від радону-222 і його ДПР - 3,9 мЗв/рік (31,5%), активності довгоіснуючих продуктів розпаду уранового і торієвого рядів - 4,5 мЗв/рік (35,9%). Визначено, що ЕД варіювали від 1,5 мЗв до 47,6 мЗв/рік, при стандартному відхиленні 5,4 мЗв/рік і середньо геометричному показникові ЕД 10,9 мЗв/рік. Визначено, що в середньому величина накопиченої дози по всьому масиву даних склала 92,7 РРМ, у тому числі: когорта «основна 0» - 92,9 РРМ, «основна 1» - 78,0 РРМ, «допоміжні» - 91,4 РРМ, «поверхня» - 71,5 РРМ.

2. Визначена структура ЕД для окремих когорт підземних груп професій і встановлено, що внесок радону-222 і ДПР для когорти «основна 0» становить 31%, у когорти «основна 1» - 44%, когорти «допоміжні» 37%.

Визначено, що внесок ДЖАУ складає: когорта «основна 0» - 34%, «основна 1» - 31 %, «допоміжні» - 37%. Відповідний внесок зовнішнього гамма-опромінення склав 31% для когорти «основна 0», 25% для когорти «основна 1» і 26% для когорти «допоміжні».

Встановлено, що для когорти «поверхня» структура сумарної ЕД суттєво відрізняється, а внесок окремих джерел складає: ДЖАУ- 61%, ЕРОА радону-222 - 21%, зовнішнє гамма-опромінення 18%.

3. Встановлено, що середній відсоток професійної онкологічної захворюваності за період з 1997 по 2015 рік становив 11% від загальної кількості професійних захворювань, які були зареєстровані на підприємствах. Рівень онкологічної захворюваності на рак легенів складає 4,2 випадки на 1000 працівників категорії «А». За окремими когортами цей показник склав: «основна

0» 7,62, «основна 1» - 5,58, «допоміжна» і «поверхня» 3,54 і 2,02, відповідно.

Визначено, що професійний рак діагностувався у працівників уранових шахт в середньому у віці 59 років. Мінімальний вік, в якому було діагностовано професійний рак, склав 40 років, а максимальний - 78.

4. Встановлені вікові закономірності реалізації раку легенів, а саме: 60% випадків професійного раку виникло у працівників, які почали свою трудову діяльність в шкідливих умовах у віці 24-32 роки. Для цієї вікової категорії кількість випадків професійного раку у порівнянні з іншими віковими групами в середньому була в двічі вища. Більше половини професійних раків було діагностовано в віці 40-60 років з піком захворюваності в 49 років, тобто в працездатному віці. Встановлена вагома відмінність щодо частоти виникнення професійного раку між окремими підприємствами, а саме професійна онкологічна захворюваність на Смолінській шахті була на 34% вище, ніж на Інгульській. Однією з причин є попередня робота на інших урановидобувних підприємствах за межами України.

5. Доведено, що фактична кількість зареєстрованих раків значно вища від прогнозованої величини і складає по загальному масиву даних 4,7 випадки проти прогнозованого показника 1,24, що практично 3,8 рази перевищує прогноз. У когорті «основна 0» фактична захворюваність перевищує прогнозовану у 6,2 рази, по когорті «основні 1» - 5,3 рази, «допоміжні» і «поверхня» - у 2,9 і 2,1 рази, відповідно.

6. Визначено, що однією з можливих причин високої реєстрації професійного раку може бути додаткове опромінення гірників у власних оселях. В окремих випадках, ЕД опромінення радоном і його ДПР в повітрі житлових будинків Кіровоградщини можуть сягати 30 мЗв/рік.

7. Виявлені рівні опромінення і захворюваності професійним раком вказують на потребу в покращення радіаційного захисту працюючих на підприємствах з видобутку й первинного збагачення уранових руд.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Енергетичною стратегією України до 2035 року передбачається пріоритетний розвиток атомної енергетики, створення власного виробництва тепловиділяючих елементів, збільшення обсягів видобування уранових руд. Всі ці напрями вимагають вирішення проблем радіаційного захисту і радіаційної безпеки працівників і населення.

Виконані нами дослідження свідчать про наявність суттєвих недоліків в нинішній системі захисту від дії іонізуючого випромінення працюючих. Їх сукупність викликає пошкодження органів і систем організму, що й проявляється в більш високих рівнях професійної онкологічної захворюваності.

Вони обумовлюються дією радіаційно небезпечних факторів виробничого середовища при яких в верхніх дихальних шляхах і легенях працівників категорії «А» відбувається накопичення аерозолів ДПР радону-222 і пилу уранової руди.

З метою покращення радіаційної ситуації на урановидобувних підприємствах України, зниження нинішнього рівня і профілактики захворюваності онкологічними захворюваннями працюючих пропонується здійснення комплексу заходів.

1. Заходи на загальнодержавному рівні

- 1.1 В найкоротші терміни розробити і ввести нормативний документ по експлуатації уранових рудників з урахуванням рекомендацій міжнародних і вітчизняних організацій із забезпечення радіаційного захисту працюючих і населення;
- 1.2 Провести перегляд чинних законодавчих і нормативних документів з питань радіаційного захисту працюючих і населення, привести їх у відповідність з рекомендаціями міжнародних організацій.
- 1.3 В Державних будівельних нормах при проектуванні і введені в експлуатацію підприємств з видобутку й первинного збагачення уранових руд передбачити необхідність проведення інженерно-технічних досліджень і застосування засобів, спрямованих на оптимізацію радіаційного стану і, в першу чергу, заходів по боротьбі з радоном.
- 1.4 Провести перегляд чинних нормативних документів щодо відповідності величин радіаційно небезпечних факторів виробничого середовища.
2. На галузевому рівні
 - 2.1 З метою зменшення захворюваності бронхо-легеневою патологією і імовірності появи раків легенів і верхніх дихальних шляхів знизити максимально-допустимі концентрації пилу в повітрі робочої зони підприємств урановидобувної галузі з 2 до 1 мг/м³;
 - 2.2 Міністерству соціальної політики України:
 - в Законі України «Про обов'язкове соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві й професійних захворювань» для покращення медико-соціальної захищеності гірників урановидобувної галузі під час роботи і перед виходом на пенсію за віком чи вислугою років передбачити в обов'язковому порядку ретельне медичне обстеження з рентгено-функціональною оцінкою стану їхніх органів дихання для виявлення можливої наявності у них ознак професійної патології легенів;
 - забезпечити дієвий контроль за охороною й безпекою праці працюючих на підприємствах з видобутку й первинного збагачення уранових руд,
 - 2.3 Міністерству охорони здоров'я України:
 - Розробити інструкції з радіаційного захисту при підземному видобуванні і купчастому вилуговуванні уранових руд;
 - Розробити методичні рекомендації по індивідуальному дозиметричному контролю зовнішнього і внутрішнього опромінення персоналу уранових шахт;
 - Методичні вказівки по контролю радіаційної обстановки на уранових шахтах;
 - Пам'ятку з радіаційного захисту персоналу уранових шахт;
 - В системі медичного захисту працівників урановидобувних і переробних підприємств передбачити позитивний медичний нагляд за їх здоров'ям;
 - Включити в перелік критеріїв при проходженні попереднього (при прийомі на роботу) медичного огляду працівників урановидобувних і переробних підприємств відповідні маркери виявлення спроможності організму

протидіяти виникненню онкологічних захворювань в умовах дії іонізуючого випромінення.

- Заходи на рівні підприємств
- Забезпечити об'єктивний і дієвий за рівнями опромінення працівників;
- Посилити відповідальність відповідних посадових осіб за облік захворілих.

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1) у наукових фахових виданнях України

1. А.П. Оперчук Оценка величины радиационных рисков персонала урановых шахт Украины //Вестник гигиены и эпидемиологии. Донецкий национальный медицинский университет. Том 13 №2 2009 год, С.285-291.

2. Оперчук А.П., Л.И. Ковалевский, И.П. Лось Состояние радиационной безопасности на урановых шахтах Украины // Довкілля та здоров'я №2 (45) 2009 рік С. 4-9

(Ідея роботи, збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)

3. А.П. Оперчук Л.Л. Стадник, Л.О. Гайсенюк, Г.В. Кулініч, Характеристика умов праці та дозових навантажень гірників уранових шахт СхідГЗК з діагнозом професійний рак органів дихання //Вестник гигиены и эпидемиологии. Донецкий национальный медицинский университет. Том 134 /№1/ 2010 год, С.129 – 134 *(Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

у виданнях які входять до науково метричних баз даних, та в міжнародних фахових виданнях

4. Т.О. Павленко, А.П. Оперчук, М.В. Аксьонов, М.А Фризюк, О.В Федоренко Особливості планування досліджень рівнів радону в повітрі будинків в рамках реалізації плану дій // Довкілля та здоров'я. 2020. № 1. С. 41-54 *(Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

5. Tatyana Pavlenko, Olga German, Miroslava Frizyuk, Nikolay Aksenov, Anatolii Operchuk The Ukrainian Pilot Project “Stop Radon” // Nuclear Technology & Radiation Protection: 2014, Vol. 29, No. 2, pp. 142-148 *(Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

6. Tatyana Pavlenko, Olga German, Miroslava Frizyuk, Nikolay Aksenov, Anatolii Operchuk, Radon Remediation Efficiency Assessment in the Kirovograd // Nuclear Technology & Radiation Protection: 2018, Vol. 33, No. 3, pp. 317-323

(Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)

2) наукові праці, що засвідчують апробацію матеріалів дисертації

7. А.П. Оперчук, Т.О. Павленко, С. В. Протас, М. В. Аксьонов, О. О. Герман, Ю.М. Брюм Дослідження вмісту радону-222 в повітрі приміщень загального призначення та житлових будинках Кіровоградської області // Матеріали науково-практичної конференції (одинадцяті марзеевські читання) Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України 8-9 жовтня 2015 р.) Івано-Франківськ, 2015. С. 37-39 *(Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

8. Anatolii Operchuk Professional cancer pathology uranium miners in Ukraine related to the inhalation of radioactive radon gas and radioactive dust.

Radiation protection issues in fuel-manufacturing //Third European IRPA Congress 17-18 june 2010 Helsinki, Finland W52-06

9. А.П. Оперчук Состояние радиационной безопасности на урановых шахтах Украины // матеріали науково-практичної конференції «Гігієнічна наука та практика на рубіжі століть». XIV з'їзд гігієністів України м. Дніпропетровськ Україна, 2004. С. 163-164

10. А.П. Оперчук Гігієнічні аспекти радіаційної безпеки при видобутку уранових руд // «Гігієнічна наука та практика: сучасні реалії» Матеріали XV з'їзду гігієністів України, 20–21 вересня 2012 року ЛДМУ ім. Д. Галицького С. 352-353

11. А.П. Оперчук, Ю.М. Брюм, В.Г. Вечеровський Кіровоградська область як маркер «Радонової» проблеми України» // матеріали науково-практичної конференція з міжнародною участю «30 років з дня катастрофи на ЧАЕС. Унікальний досвід та досягнення Харківського інституту медичної радіології в аварійному реагуванні» м. Харків 2016 рік. С.47-54. *(Ідея роботи, збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

12. А.П. Оперчук Особливості проведення індивідуальної дозиметрії персоналу уранових шахт України. Огляд // Науково-практична конференція з міжнародною участю «30 років з дня катастрофи на ЧАЕС. Унікальний досвід та досягнення Харківського інституту медичної радіології в аварійному реагуванні» Харків 2016. С.47-54

13. А.П. Оперчук Дослідження Радону-222 в житлових приміщеннях та приміщеннях загального призначення Кіровоградської області. Протирадоніві заходи // V міжнародна конференція «Медична фізика - сучасний стан, проблеми, шляхи розвитку. Інноваційні технології» Київ; 2016.

14. Tatyana Pavlenko, Anatolii Operchuk Special aspects of individual dosimetry of uranium mines staff in Ukraine //Матеріали міжнародної науково-практичної конференції MediPIET Kiev 2017. С. 94-98 *(Ідея роботи, збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

15. Operchuk A., Brium Y. Kirovograd oblast as a marker of a radon problem in Ukraine //Матеріали міжнародної науково-практичної конференції MediPIET Kiev С.124-132 *(Ідея роботи, збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)*

16. А.П. Оперчук Особливості проведення санітарно-епідеміологічного нагляду на підприємствах з видобутку та первинного збагачення уранових руд // матеріали міжнародної науково-практичної конференції Актуальні питання гігієни та екологічної безпеки України (десяті марзеєвські читання). Випуск 14. м. Київ. 2014 С. 282-285

3) матеріали що додатково відображають результати дисертації

17. А.П Оперчук., Т.О. Павленко Онкозаболеваемость персонала урановых шахт как маркер эффективности системы радиационной защиты на предприятии // Ядерна та радіаційна безпека. 2017. № 3 (75). С. 56-59.

(Ідея роботи, збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів)

18. О.С. Тарасюк, М.В. Аксьонов, М.А. Фризюк, А.П. Оперчук, Т.А. Павленко, О.В. Федоренко Наукове обґрунтування контрзаходів щодо зменшення доз опромінення населення України від радону в повітрі приміщень громадських та житлових будівель // Монографія. Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України. Вип. 5 (результати наукових розробок

2018 р.)/ Під ред. Акад. НАМНУ А.М. Сердюка – К: Видавництво: рекламне агентство TR Studio 2019. С. 180-210

19. Т.О. Павленко, М.А. Фризюк, М.В. Аксьонов, О.О. Герман, А.П. Оперчук, М.І. Костенецький, А.В. Куцак, А.І. Сєвальнєв, С.В. Протас Здійснення радіаційно-гігієнічного моніторингу установами Державної санітарно-епідеміологічної служби України// МР 6.6.1. 6.2.-000-14, 2014 (*Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів*)

20. І.П. Лось, Т.О. Павленко, А.П. Оперчук, М.В. Аксьонов, М.А. Фризюк, О.Є. Тарасюк, Н.Д. Семенюк, Н.Л. Ковтонюк, О.В. Михайленко, О.В. Федоренко, Н.К. Кушнір, Є.О. Біляєв, Ю.С Савін, Р.К. Стасюк, Н.В. Власюк, О.О. Герман Радіаційно-гігієнічна оцінка залишків видобутку та переробки корисних копалин з високим вмістом природних радіонуклідів// Актуальні питання захисту довкілля та здоров'я населення України (результати наукових розробок 2015 р.) НАМНУ; ДУ «ІГЗ НАМНУ»; За ред. Акад. Сердюка А. М. 2016. 210 с. (*Збір, аналіз та первинне опрацювання матеріалів*)

АНОТАЦІЯ

Оперчук А. *Науково-гігієнічне обґрунтування покращення радіаційного захисту на підприємствах з видобутку й первинного збагачення уранових руд.* - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата медичних наук за спеціальністю 14.02.01 - Гігієна та професійна патологія (медичні науки). - ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України» м. Київ, 2020.

Дисертація присвячена науковому обґрунтуванню покращення радіаційного захисту на підприємствах з видобутку й первинного збагачення уранових руд з метою зменшення радіаційних ризиків персоналу уранових шахт України, від дії радіаційно небезпечних факторів виробничого середовища.

Проведені комплексні дослідження радіаційних факторів виробничого середовища, професійної онкологічної захворюваності шахтарів уранових шахт, прораховані ризики виникнення професійних онкологічних захворювань, встановлена невідповідність реальної онкологічної захворюваності і прорахованих ризиків з допомогою офіційної індивідуальної дозиметрії підприємств.

Встановлені стійкі залежності виникнення професійного раку від виду когорти працюючих, розташування робочих місць; віку, в якому був розпочатий трудовий стаж в умовах дії іонізуючого випромінювання. За результатами розроблені рекомендації щодо профілактики виникнення професійних онкологічних захворювань серед шахтарів уранових шахт. На базі отриманих закономірностей дані рекомендації щодо професійного відбору для роботи в умовах іонізуючого випромінювання.

Ключові слова: уранові шахти, онкологічна професійна захворюваність, ризик, індивідуальна дозиметрія, радіаційний захист, санітарно-профілактичні заходи.

АНОТАЦИЯ

Оперчук А. *Научно-гигиеническое обоснование улучшения радиационной защиты на предприятиях по добыче и первичной обогащения урановых руд.* - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата медицинских наук по специальности 14.02.01 - Гигиена и профессиональная патология (медицинские науки). - ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины» г. Киев, 2020.

Диссертация посвящена научному обоснованию улучшения радиационной защиты на предприятиях по добыче и первичной обогащения урановых руд с целью уменьшения радиационных рисков персонала урановых шахт Украины, от действия радиационно опасных факторов производственной среды.

Проведенные комплексные исследования радиационных факторов производственной среды, профессиональной онкологической заболеваемости шахтеров урановых шахт, просчитаны риски возникновения профессиональных онкологических заболеваний, установлено несоответствие реальной онкологической заболеваемости и просчитанных рисков с помощью официальной индивидуальной дозиметрии предприятий.

Установлены устойчивые зависимости возникновения профессионального рака от вида когорты работающих, расположение рабочих мест; возраста, в котором был начат трудовой стаж в условиях действия ионизирующего излучения. По результатам разработаны рекомендации по профилактике возникновения профессиональных онкологических заболеваний среди шахтеров урановых шахт. На базе полученных закономерностей даны рекомендации по профессиональному отбору для работы в условиях ионизирующего излучения.

Ключевые слова: урановые шахты, онкологическая профессиональная заболеваемость, риск, индивидуальная дозиметрия, радиационная защита, санитарно-профилактические мероприятия.

SUMMARY

Operchuk A. *Scientific and hygienic substantiation of improvement of radiation protection at the enterprises on extraction and primary enrichment of uranium ores.* - Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of medical sciences on a specialty 14.02.01 - Hygiene and professional pathology (medical sciences). - SI "Institute of Public Health. O.M. Marzeeva National Academy of Medical Sciences of Ukraine "Kyiv, 2020.

This dissertation is devoted to the scientific substantiation of the issues on radiation protection improvement at the enterprises on extraction and primary enrichment of uranium ores aimed to reduce radiation risks for uranium mines personnel in Ukraine and protect them from radiation dangerous factors exposure of industrial environment.

Comprehensive studies on radiation factors of the production environment, occupational cancer morbidity of uranium mines' workers were conducted; risks of occupational oncological diseases were calculated; a discrepancy between the real

oncological morbidity and calculated risks was established using official individual dosimetry at the enterprises.

Based on literary sources analysis, the situations variety in different worldwide countries was determined regarding the state of dosimetry and oncological morbidity of uranium miners, study results on oncological diseases of uranium miners in different countries were analyzed, and as well as the most common methods of epidemiological studies in this area were presented. Given dissertation presents the analysis of current scientific works and publications of international organizations related to radon biological effects on the human body, as well as the recent epidemiological study results and conclusions on radon radiation risks magnitude for population health. Thus, according to the results analysis of recent pooling studies on the health effects of radon, it has been shown that radon is one of the causes for lung cancer occurrence in miners.

Based on radiation factors monitoring data in the workplace, evaluation of effective radiation doses of uranium mine personnel was carried out separately for each miner. The obtained effective radiation doses of miners were recalculated accordingly to the new dose indicators presented in ICRPM Publication 126. In view of this, a method of the miners' effective doses recalculation was developed to implement the above task.

The professional oncological morbidity in miners was also analyzed.

For this purpose and according to working conditions, parameters of radiation and non-radiation nature, permanent or non-permanent nature of work, all employees of uranium mining enterprises were divided into 4 main cohorts: "main "0", "main "1", "auxiliary", "surface".

For all groups, irradiation doses were calculated and analyzed, data on oncological morbidity of uranium miners were analyzed, age and time patterns of irradiation realization were determined, a comparative analysis of real and predictive oncological morbidity was carried out in the context of a modern radiation protection system, conclusions and recommendations were formulated.

Radiation-hazardous factors analysis of the production environment shown that the main dose-forming factor is radon-222 and its daughter decay products (DDP) in the working area air. External gamma radiation does not have such an effect on workers' health due to their local exposure.

Impact of long-lived uranium radionuclides on the effective dose formation takes second place.

Data analysis on the miners' dose load shown that effective dose is formed mainly due to internal irradiation which is about 70% of the average effective radiation dose over 15 years and resulting from long-lived α -active radionuclides of uranium and thorium series and radon radioactive isotopes and their daughter decay products.

WLM (working level month) irradiation were also recalculated and shown in this work. Studies shown that the accumulated radiation doses of miners averaged 92.7 WLM by total data array and by cohorts respectively: "main 0" - 92.9 WLM, "main 1" - 78 WLM, "auxiliary" - 91.4 WLM, "surface" - 71.5 WLM.

It has been established that at uranium mining enterprises of Ukraine the oncological morbidity in all workers categories significantly exceeds similar regional and national indicators. Thus, in group of category "A" professions, the indicators of lung and upper respiratory tract oncological morbidity exceed the corresponding national indicators in 1,8 and 2,2 times respectively.

It has been found that the occupational cancer incidence depends on age at which

the person starting to work under the condition of radiation-hazardous factors exposure.

It is determined that the younger is person age when they start to work, the greater is the likelihood of oncological disease in the future.

More than the half of the occupational oncological diseases, as defined, have been diagnosed at the age of 40-60 years (49 years) with a peak morbidity between 50-60 years, i.e. at the working age. The largest number of occupational cancer disease cases registered in workers having practical experience of 11-15 and 16-20 years, 33 cases in each group.

The highest number of occupational cancer disease cases observed in the cohort "main 0" and was 7.67 cases per 1,000 people. In other cohorts, this value was: 5.58 cases - for "main 1" professions cohort at an average individual effective dose of 13.35 mSv/year; in "auxiliary" cohort"- 3.54 at 11.79 mSv/year and in "surface" cohort - 2.02 cases with individual effective dose of 6.41 mSv/year.

Comparative analysis of these risks revealed that the actual number of registered cancer cases is significantly higher than the predicted value and is 4.7 cases by total data array vs the predicted indicators of 1.24, which is almost 3.8 times higher than the forecast according to dosimetry data. The actual morbidity exceeds the predicted: in "main "0" cohort for 6.2 times, in "main "1" cohort - 5.3 times, and in "auxiliary" and "surface" cohorts - 2.9 and 2.1 times, respectively.

Key words: uranium mines, oncological occupational morbidity, risk, individual dosimetry, radiation protection, sanitary-preventive measures.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І

СИМВОЛІВ:

AMAD	Activity median aerodynamic diameter.	Середній аеродинамічний діаметр активності.
Бк	-	Беккерель
ВООЗ	-	Всесвітня організація охорони здоров'я
ВЗУ	-	Високосбагачений уран
Гр	-	Грей
ГРОВ	-	Гірничий робітник очисного вибою
ДВР	-	Додатковий відносний ризик
ЕД	-	Ефективна доза (розрахована величина дози іонізуючого випромінення отримана на весь організм)
Н _т	-	Еквівалентна доза (розрахована величина дози іонізуючого випромінення отримана на окремий орган або тканину)
ДПР	-	Дочірні продукти розпаду радону-222
ЕРОА	-	Ефективна рівновісна об'ємна активність радону
ДЖАУ (ДАН)	-	Довгоживучі альфа-активні радіонукліди уранового і торієвого рядів
МАГАТЕ	-	Міжнародна агенція по атомній енергетиці
МКРЗ	-	Міжнародний комітет з радіаційного захисту
НКДАР	-	Науковий комітет з дії атомної радіації ООН
НРБУ	-	Норми радіаційної безпеки України
РНФ	-	Радіаційно-небезпечні фактори
РР	-	Робочий рівень ДПР. Будь-яка комбінація коротко існуючих дочірніх продуктів радону в одному літрі повітря, яка приводить до випускнення $1,3 \cdot 10^5$ MeV потенціальної енергії альфа-випромінювання.
РРМ	-	Робочий рівень за місяць. Накопичена експозиція, обумовлена диханням в атмосфері з концентрацією дочірніх продуктів радону 1 робочий рівень протягом робочого місяця тривалістю до 170 годин.
ЯПЦ	-	Ядерно-паливний цикл

Всього пронумеровано 24 сторінки.

Підписано до друку 21.08.2020. Формат 60x34 1/16. Папір офсетний.
Друк плоский. Гарнітура Times New Roman
Обл-вид.а. 1,376. Друк.а.1,5
Наклад 110 примірників. Зам №