

УДК 666.961

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2025-4-48>

ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ВПЛИВУ АЗБЕСТУ НА ПРОФЕСІЙНЕ ЗДОРОВ'Я ТА УПРАВЛІННЯ ПРОФЕСІЙНИМИ РИЗИКАМИ ПОЖЕЖНИХ-РЯТУВАЛЬНИКІВ

Цимбал Богдан Михайлович,

доктор наук з державного управління, доцент,
професор кафедри охорони праці та екологічної безпеки
Національного університету цивільного захисту України,
доцент кафедри автоматизації, електро- та роботехнічних систем
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
ORCID ID: 0000-0002-2317-3428

Шароватова Олена Павлівна,

кандидат педагогічних наук, доцент,
доцент кафедри охорони праці та екологічної безпеки
Національного університету цивільного захисту України
ORCID ID: 0000-0002-2736-2189

Гільперт Віталій Вікторович,

доктор філософії в галузі знань із цивільної безпеки,
доцент кафедри соціально-трудових відносин та соціальної роботи
Академії праці, соціальних відносин і туризму
ORCID ID: 0000-0002-5996-5398

У статті розглянуто особливості гігієнічної оцінки та оцінки ризиків впливу азбесту на професійне здоров'я пожежних-рятувальників з урахуванням сучасних умов виконання аварійно-рятувальних робіт, зокрема внаслідок збройної агресії на території України. Акцент зроблено на тому, що під час зруйнування старих будівель, у яких широко застосовувалися азбестовмісні матеріали (шифер, теплоізоляція, прокладки тощо), в атмосферу потрапляють небезпечні волокна азбесту, які мають виражений канцерогенний, мутагенний та загальнотоксичний вплив. При цьому рятувальники, які першими потрапляють у зону руйнування, зазнають найбільшого впливу. Стаття містить аналіз сучасних епідеміологічних досліджень, що свідчать про підвищену захворюваність на мезотеліому, рак легенів та азбестоз серед працівників ДСНС України. Розглянуто недосконалість існуючих нормативно-правових документів, які не враховують специфіки ризиків під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, особливо в умовах воєнного стану. Особливу увагу приділено питанням методів лабораторного аналізу пилу (фазово-контрастна та скануюча електронна мікроскопія), класифікації типів волокон та їх шкідливого впливу на організм. Узагальнено європейський досвід і підходи до регламентації робіт з азбестовмісними матеріалами, а також висвітлено європейські стандарти щодо засобів індивідуального захисту (маски FFP3, захисні костюми, респіратори). Автори наголошують на потребі гармонізації українських санітарно-гігієнічних норм із європейськими, розробленні національної програми управління ризиками, а також упровадженні обов'язкових регулярних медичних скринінгів для рятувальників. Запропоновані практичні заходи можуть стати основою для формування політики захисту здоров'я працівників критичних професій та попередження професійних захворювань.

Ключові слова: безпека праці, гігієна праці, професійне здоров'я пожежних-рятувальників, онкологічні професійні захворювання, мутагени, професійні шкідливості, азбест.

Tsybmal Bohdan, Sharovatova Olena, Hilpert Vitalii. Hygienic assessment of asbestos impact on occupational health and management of occupational risks among firefighters and rescue workers

The article examines the features of hygienic assessment and assessment of asbestos exposure risks to the occupational health of rescuers, taking into account the modern conditions of emergency and rescue operations, in particular as a result of armed aggression on the territory of Ukraine. The emphasis is on the fact that during the destruction of old buildings, in which asbestos-containing materials (slate, thermal insulation, gaskets, etc.) were widely used, dangerous asbestos fibers enter the atmosphere, which have a pronounced carcinogenic, mutagenic and generally toxic effect. At the same time, rescuers who are the first to enter the destruction zone are most affected. The article contains an analysis of modern epidemiological studies indicating an increased incidence of mesothelioma, lung cancer and asbestosis among employees of the State Emergency Service of Ukraine. The imperfection of existing regulatory and legal documents that do not take into account the specifics of risks during the elimination of the consequences of emergencies, especially in conditions of martial law, is considered.

Particular attention is paid to the issues of laboratory dust analysis methods (phase-contrast and scanning electron microscopy), classification of fiber types and their harmful effects on the body. The publication summarizes European experience and approaches to regulating work with asbestos-containing materials, and also highlights international standards for personal protective equipment (FFP3 masks, protective suits, respirators). The authors emphasize the need to harmonize Ukrainian sanitary and hygienic standards with European ones, develop a national risk management program, and introduce mandatory regular medical screenings for rescuers. The proposed practical measures can become the basis for forming a policy for protecting the health of workers in critical professions and preventing occupational diseases.

Keywords: occupational safety, occupational hygiene, occupational health of firefighters, oncological occupational diseases, mutagens, occupational hazards, asbestos.

Вступ. Азбест був популярним у всьому світі маже до 70-х років ХХ ст. Він є природним вогнетривким матеріалом, та його використовували в автомобільному виробництві, під час виготовлення та ізоляції труб, для укріплення стель та підлоги, покрівлі. Із нього виготовляли навіть побутові прилади, у тому числі обігрівачі. Але найбільше хризотил-азбест входив до складу шиферу, який досі застосовується на території України [1].

Під час збройної агресії РФ на території України було зруйновано багато житлових та нежитлових нерухомих об'єктів. За результатами аналітичної оцінки протягом лише 2022 р. внаслідок воєнних дій було зруйновано близько 144 тис будинків, які є джерелом азбестовмісного пилу [2].

Кожні п'ять хвилин хтось помирає від хвороби, пов'язаної з азбестом. Статистика у звіті експертів для Європейського Союзу (ЄС) відображає великі масштаби проблеми з азбестом: спрогнозовано, що лише у Європі до 2030 р. 500 тис людей помруть від раку, пов'язаного з азбестом. Незважаючи на те що переробка та імпорт цього матеріалу заборонені у ЄС протягом кількох років, ця статистика буде зменшуватися з 2025 р. Оскільки рак, пов'язаний з азбестом, має тривалий латентний період, кількість жертв навіть продовжуватиме зростати [3].

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, приблизно 100 тис людей щорічно помирає від захворювань, які були спричинені дією азбесту. Існуючі результати наукових досліджень свідчать про те, що азбестовмісний пил спричиняє професійні захворювання, такі як рак гортані, бронхів, легень, яєчників, злоякісна мезотеліома плеври, очеревини, прикарда [4–7]. Значний вплив азбестових волокон, присутніх у навколишньому середовищі, пов'язують із кількома видами раку, мезотеліомою та азбестозом [8].

Гасіння пожеж є однією з найнебезпечніших робіт у світі, але про вплив азбесту на пожежників-рятувальників часто не помічають. Рівень мезотеліоми, пов'язаної з азбестом, серед пожежників-рятувальників удвічі перевищує

рівень населення у цілому. Ризики від азбесту нині менші, ніж у минулому, завдяки нормам, що обмежують його використання, але пожежники-рятувальники все ще ризикують у старих будівлях.

Пожежники постійно ризикують життям заради безпеки людей. Окрім очевидної небезпеки пожеж та руйнування будівель, пожежники стикаються з ризиком впливу шкідливих речовин, зокрема азбесту.

Азбест є менш очевидною небезпекою, але відомою небезпекою для людей, які працюють у сфері гасіння пожеж. Важливо, щоб пожежники знали про ризики та можливі наслідки, а також про те, як мінімізувати шкоду.

У рятувальників, які виконують аварійно-рятувальні роботи в зоні зруйнованих будівель, вірогідність виникнення пухлин у декілька разів більше, ніж у більшості населення. За результатами наукових досліджень Міжнародного агентства з вивчення раку при Всесвітній організації охорони здоров'я азбест було віднесено до першої, найбільш небезпечної категорії сполук зі списку речовин-канцерогенів, які чинять шкідливий вплив на організм людини [2].

Існуючі державні санітарні норми і правила «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест» забороняють виробництво та використання азбесту в технологічних процесах та під час проведення будівельно-монтажних робіт, окрім проведення робіт із метою їх видалення, але вони не містять санітарно-гігієнічних вимог та вимог для проведення оцінки ризиків, пов'язаних із впливом пилу, утвореного азбестом або азбестовмісними матеріалами та виробами під час аварійно-рятувальних роботах [9]. Аналогічно Протокол управління азбестовмісними відходами та матеріалами для підрядників та партнерів ПРООН не містить конкретних рекомендацій щодо гігієнічних вимог та оцінки ризиків рятувальників під час аварійно-рятувальних робіт в умовах війни [1].

Метою дослідження є підвищення рівня безпеки праці та збереження професійного здоров'я пожежних-рятувальників шляхом

удосконалення гігієнічної оцінки та системи управління ризиками впливу азбесту в умовах виконання аварійно-рятувальних робіт.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати сучасний стан нормативно-правового забезпечення щодо впливу азбесту на працівників у сфері цивільного захисту.

2. Визначити чинники та умови, за яких підвищується ризик дії азбестовмісного пилу на рятувальників під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

3. Дослідити ефективність існуючих методів виявлення, контролю та ідентифікації азбестових волокон у повітрі робочої зони.

4. Узагальнити міжнародний досвід захисту працівників від дії азбесту та адаптувати рекомендації для використання в Україні.

5. Розробити практичні рекомендації з оцінки ризиків, запобігання негативному впливу та організації безпечних умов праці під час виконання рятувальних робіт у зонах підвищеної запиленості азбестом.

Методики та методи дослідження.

Об'єктом дослідження є професійна діяльність пожежних-рятувальників під час виконання аварійно-рятувальних робіт у зонах пошкоджених та зруйнованих будівель, що можуть містити азбестовмісні матеріали. Предметом дослідження виступає система гігієнічної оцінки та управління ризиками впливу азбесту на здоров'я працівників служби цивільного захисту.

Гіпотезою дослідження є припущення, що вдосконалення підходів до оцінки ризиків, розроблення регламентів дій рятувальників у зонах підвищеної небезпеки, упровадження міжнародних стандартів індивідуального захисту та підвищення обізнаності персоналу сприятимуть зменшенню захворюваності та смертності від професійних патологій, зумовлених впливом азбесту.

Дослідження базується на міждисциплінарному підході, який включає використання системного аналізу для виявлення взаємозв'язків між умовами праці, рівнем ризику та станом здоров'я рятувальників. Для оцінки ефективності існуючих засобів захисту та організаційних заходів застосовувався структурно-функціональний метод. Метод порівняння дав змогу зіставити українські та міжнародні підходи до регулювання безпеки праці під час роботи з азбестовмісними матеріалами.

Аналіз нормативно-правових актів України, країн Європейського Союзу та США дав змогу ідентифікувати ключові прогалини

у національному регулюванні та сформулювати напрями його вдосконалення. Для узагальнення емпіричних даних, статистичних спостережень та оцінки професійних ризиків використано метод експертного опитування, аналіз літературних джерел, а також метод моделювання можливих сценаріїв розвитку подій за порушення умов безпеки.

Отримані результати дослідження дають змогу сформулювати обґрунтовані пропозиції щодо створення ефективної системи захисту пожежних-рятувальників від дії азбесту, адаптованої до сучасних викликів у сфері цивільного захисту.

Результати. Існуючий «Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії РФ, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд» визначає механізм оперативного реагування виконавчих органів сільських, селищних, міських рад, військових адміністрацій, центральних органів виконавчої влади, органів управління та сил цивільного захисту і регламентує необхідність виконання робіт з первинного демонтажу частин об'єктів або його окремих конструктивних елементів із метою забезпечення доступу до пошкоджених об'єктів сил цивільного захисту для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт; виконання робіт із пошуку постраждалих та загиблих фахівцями ДСНС України із залученням спеціалізованих служб цивільного захисту, транспортування тіл (останків) загиблих тощо [10].

На теплоелектростанціях та теплових мережах у великій кількості використовувалися азбест та штучні мінеральні волокна у вигляді теплоізоляції трубопроводів, герметизуючих прокладок, ізоляторів та ін. Стара ізоляція являє собою суміш азбесту, яка містить хризотил-азбест, а також сліди амфіболових азбестів – крокодиліту та амфотиліту. Унаслідок термічного впливу нагрітого обладнання значних градієнтів температури волокна теплоізоляції фрагментації та деструкції та розповсюджуються тепловими потоками, формуючі аерозолі волокнистих частинок, які здатні викликати патологічні зміни в органах дихання [11]. Останні дослідження авторів свідчать про наявність у повітрі полідисперсного, багатокомпонентного пилу неорганічного походження, який має волокнисті домішки хризотилового та амфіболового азбестів, які чинять загальнотоксичну та канцерогенну дію на організм людини, провокують виникнення бронхолегеневих та онкологічних захворювань [12].

Дослідження наявності азбестових волокон у пилі візуальним методом є складним,

неефективним та неможливим, тому проводяться лабораторні дослідження, аналіз зразків пилу. Для виявлення вмісту азбесту використовується метод світлової та електронної мікроскопії. Найбільш поширеними методами є фізико-контрастна мікроскопія, а також скануюча мікроскопія, бо вони мають універсальні та операційні можливості. Фазово-контрастна мікроскопія є підтипом скануючої мікроскопії та розповсюдженим методом лабораторних досліджень визначення рівня азбесту в повітрі робочої зони, принцип дії якого полягає в оптичному аналізі та дає можливість визначати волокнисту форму та оптичні властивості азбесту. Але цей метод має недоліки, він не є універсальним та має обмеження в можливостях виявлення. Він дає можливість ідентифікувати волокна, які мають ширину більше 0,25 мкм у діаметрі та довше 5 мкм. Перевагами цього методу є швидкість, економічність та нескладність проведення аналізу. Але даний метод є неточним під час ідентифікації окремих азбестових волокон, що створює певні обмеження в середовищах зі значною часткою інших речовин, які не містять азбест. Скануюча електронна мікроскопія використовує електрони замість світла та створює зображення з високою роздільною здатністю, здатна виконувати елементний аналіз за допомогою енергодисперсної рентгенівської спектроскопії, підвищує якість та точність під час дослідження азбестових волокон діаметром понад 0,2 мкм [13].

Під час виконання аварійно-рятувальних робіт у пошкоджених та/або зруйнованих будівлях і спорудах, у яких повітря містить високу концентрацію азбестового пилу, згідно з вимогами міжнародних стандартів TRGS 519 необхідно впроваджувати захисні заходи та робочі процедури, а саме: виконання аварійно-рятувальних робіт дозволяється лише із застосуванням засобів індивідуального захисту органів дихання від азбесту (респіратор, захисний костюм, захисні рукавички та інші стандартні засоби захисту) [14].

Азбестові волокна залишаються завислими в навколишньому повітрі тривалий час через їхні малі розміри та легку вагу. Азбестовий пил також негативно впливає на населення, яке проживає поблизу джерела утворення азбестового пилу [15].

За довготривалого контакту з азбестовим пилом відбувається його накопичення в легенях людини, тому необхідно встановити допустимий (безпечний) стаж роботи на дотримання ГДК пилу. Окрім азбестового пилу, на організм людини впливає комплекс супутніх шкідливих чинників: висока температура повітря, протяги,

важкість та напруженість праці, продукти згорання, вологість та ін. [16].

У зв'язку з розповсюдженням азбестовмісних матеріалів у багатьох житлових та нежитлових будинках і спорудах за «Правилами безпеки, охорони праці та добробуту на робочому місці (вплив азбесту)» країн ЄС необхідно застосовувати керований підхід до матеріалів, що містять азбест. Правила вимагають від роботодавців здійснювати оцінку ризиків, який азбестовмісні матеріали становлять для працівників, на основі ймовірної робочої діяльності та потенціалу. Перед знесенням будівлі або споруди матеріали, що містять азбест, повинні бути видалені та утилізовані компетентним підрядником [17].

Ризик, що створює азбест, визначається поточним та потенційним рівнями впливу азбестових волокон на пожежних-рятувальників. Для розроблення оцінки ризику азбестовмісних матеріалів використовуються такі параметри: тип азбесту, крихкість, обробка поверхні та стан.

Азбест може призвести до виникнення змін доброякісного характеру у плеврі, фіброзу легеневої паренхіми (азбестоз), раку легень, плевральних та перитонеальних злоякісних новоутворень (мезотеліома), раку гортані, раку яєчників та до такого рідкісного стану, як ретроперитонеальний фіброз. Куріння та контакт з азбестом значно підвищують ризик виникнення раку порівняно з даними, отриманими за наявності лише одного із цих чинників. Ризик виникнення раку легень у пожежного-рятувальника, що контактує з азбестом та курить, може бути у 50 разів вищим. Оскільки латентний період триває досить довго, хвороби, спричинені впливом азбесту, залишаються найбільш поширеними серед професійних захворювань [18].

Ризик азбестозу зростає зі збільшенням кумулятивних доз (у роках), виходячи з концентрацій респірабельних азбестових волокон. Вдихання респірабельних азбестових волокон (довжиною > 5 мкм, діаметром < 3 мкм та співвідношенням сторін > 3:1) може спричинити неракові захворювання дихальної системи (азбестоз, плевральні захворювання) та деякі види раку (плевральна та перитонеальна мезотеліома, рак легень, особливо якщо професійний вплив азбесту супроводжується курінням тютюну). Мезотеліома виникає переважно в результаті впливу крокидоліту. Британське анкетне дослідження смертності працівників від кожного типу раку свідчить про те, що ризик смерті зростає з кількістю годин, відпрацьованих у контакті з азбестом [19].

Основні механізми, через які азбест може призвести до захворювань, до кінця не вивчено,

існує три гіпотези. До них належать зміни на хромосомному рівні, активація онкогенів, утрата генів-супресорів пухлин, зміни у шляхах клітинної передачі сигналів, генерація активних форм кисню та азоту, а також пряме механічне пошкодження клітин азбестовими волокнами [20].

Незважаючи на його загальне визнання складною проблемою, ця тема, на жаль, не обговорюється широко в нашій країні. Однак місцева влада країн ЄС провела значну кампанію, спрямовану на виявлення та видалення азбестовмісних матеріалів із різних будівель. Ця ініціатива сьогодні є найбільшим зусиллям такого роду в країнах ЄС. Кампанія включала розроблення методологій та аналіз зразків, зібраних із різних будівель. Було проведено систематичний аналіз зразків, зібраних із будівель, із використанням таких методів, як оптична мікроскопія, інфрачервона спектроскопія, рентгенівська дифракція та скануюча електронна мікроскопія. Результати виявили наявність азбесту в проаналізованих зразках. Особливе занепокоєння викликає підтверджена наявність азбесту в дитячих садках, оскільки це наражає молоде населення на потенційні ризики для здоров'я, пов'язані з азбестом [21]. З огляду на значні ризики, які азбест становить для здоров'я та благополуччя людини, терміново необхідно вжити заходів із виявлення азбестових матеріалів та їх видалення.

Існуючі експериментальні дослідження довели, що визначені концентрації азбестового пилу під час знесення азбестоцементних конструкцій у розвинутих країнах ЄС не становлять жодного ризику для здоров'я [22]. Ці результати чітко вказують на пріоритетність упровадження системи управління знесенням азбестоцементних виробів у будівлях із погляду захисту працівників від шкідливого впливу азбестового пилу на здоров'я під час виконання таких робіт [23].

Вода, град і вітер можуть пошкодити конструкції та сприяти вивільненню волокон з азбестовмісних матеріалів. Коли ці матеріали висихають, вони можуть розпадатися на дуже дрібні волокна, які можуть потрапити в повітря та легко вдихатися [24].

Концентрація азбесту виробів у доброму технічному стані була в діапазоні від <300 до приблизно 500 волокон/м³ (в/м³). У випадку пошкоджених виробів усередині будівлі вони перевищували 1000 в/м³. Зі збільшенням руйнування так званих «крихких матеріалів» з азбестом, закріплених усередині будівель, спостерігалася експоненціальна динаміка зростання концентрації такого пилу [25].

В Україні використовувався лише хризотил-овий азбест ($3\text{MgO} \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – гідросилікат

магнію, головними складниками якого є діоксид кремнію та оксид магнію (до 45 % і 42 % відповідно). Інші компоненти представлено у слідових кількостях або не перевищують 1–2 %. Кристали хризотил азбесту мають незвичайну будову: вони являють собою тонкі порожні трубочки фібрили діаметром 2,6–10,5 мм та довжиною близько 23 см [26].

Незважаючи на визнання небезпеки для здоров'я, яку становить азбест, нормативно-правові рамки управління азбестом різняться в усьому світі – від Європи до Сполучених Штатів та решти світу, із невідповідностями в заборонах на азбест, гранично допустимих значеннях впливу та стратегіях відновлення [27]. Виходячи із цієї невідповідності, необхідно гармонізувати нормативно-правові бази в усьому світі, щоб забезпечити узгодженість та ефективність управління азбестом, а також установити рекомендації та стандарти щодо безпечного поводження, видалення та його утилізації у будівництві та реконструкції будівель і сертифікацію фахівців із видалення азбесту з метою забезпечення дотримання найкращих практик. Водночас вирішальним є підвищення обізнаності пожежних-рятувальників про ризики, пов'язані з азбестом, та просування освітніх ініціатив, культури безпеки щодо безпечних методів поводження з ним, а також важливості регулярних медичних оглядів для осіб, які піддаються ризику впливу азбесту.

Пожежники-рятувальники зіштовхуються з надзвичайно високим ризиком впливу азбесту, і в результаті вони страждають від підвищеного рівня захворювань, пов'язаних з азбестом, таких як мезотеліома. У США багато організацій підтримують пожежників із професійним раком та працюють над запобіганням токсичному впливу в майбутньому [28].

Коли люди уявляють собі небезпеку гасіння пожеж, вони часто не усвідомлюють, що рак зараз є однією з головних причин смерті на роботі для професійних пожежників. Покритий сажею комплект комбінезона є потенційно смертельним забрудненням азбестом.

Коли будівлі пошкоджено внаслідок вибуху та горять унаслідок ворожого обстрілу, ослаблені матеріали, що містять азбест, можуть виділяти високі концентрації токсичних мінеральних волокон у повітря. Пожежники-рятувальники повинні завжди використовувати своє захисне спорядження на місці пожежі, а потім належним чином дезінфікувати його. В іншому разі вони ризикують наразити себе та свої родини на вплив азбесту та інших токсичних речовин, що містяться в попелі та уламках.

У США багато організацій надають навчання та впроваджують інформаційні ресурси, щоб пожежники-рятувальники могли навчитися, як запобігти професійному раку. Інші організації спеціалізуються на підтримці пожежників-рятувальників, уражених раком. Пожежники-рятувальники, які постраждали від токсичного впливу через недбалість інших, мають юридичні можливості для отримання компенсації [28].

Проведені раніше дослідження підтверджують наявність азбесту у зібраних пробах повітря під час знесення старих будівель, 67 % підрахованих волокон були азбестом. У низці будівель працівники зазнають впливу азбесту, що перевищував гранично допустиму концентрацію на робочому місці (0,10 в/мл). Результати оцінки ризику раку показали, що ризик раку серед працівників є значним [29; 30]. Упровадження програми управління ризиками, пов'язаними з азбестом, такої як розділення матеріалів, що містять азбест, використання засобів індивідуального захисту та використання мокрого методу знесення, може мінімізувати вплив азбесту під час знесення старих або аварійних будівель.

Існуючі дослідження підтверджують наявність азбестових волокон в осілому пилу, що свідчить про вивільнення азбесту з матеріалу. Хоча виміряні концентрації азбестових волокон у повітрі були низькими, чинне законодавство ЄС та США вимагає програми управління азбестом [31; 32]. Тому видалення азбесту є бажаним методом боротьби з викидами відповідно до підходу до майбутнього без азбесту, запропонованому Європейською Комісією [31].

Співвідношення азбесту до азбесту в житлових будинках відображає важливість процесу обстеження та видалення азбесту перед демонтажними роботами. Результати проведених авторами експериментальних досліджень показують, що 11 будівель містять азбест, що відповідає 22 %. Співвідношення азбестовмісних матеріалів у житлових приміщеннях становить від 4 % до 25 %. Результати вимірювань TWA показали, що концентрація азбесту, якій піддавалися працівники, не перевищувала PEL 0,1 волокна/см³. Окрім того, концентрація респірабельних азбестових волокон у зовнішньому повітрі є відносно низькою [33].

Концентрація азбесту в повітрі будівлі не має фіксованого значення. Вона змінюється з часом через багато чинників. Із цієї причини поодинокі детальні вимірювання не є надійною оцінкою ризику. Швидкість зміни концентрації азбестових волокон у будівлі залежить від ступеня повітрообміну та часу, що пройшов між

вивільненням волокон з азбестових матеріалів та відбором проб повітря для випробувань [34].

Різниця у значеннях концентрації пилу в досліджуваній будівлі залежить від масштабу пошкодження виробів, ступеня усереднення повітря в будівлі, методу відбору проб та багатьох інших чинників, які часто важко зареєструвати або передбачити. У будівлях з азбестовмісними внутрішніми виробами, де існують відмінності в типі пошкоджень, розподіл концентрації пилу відрізняється від нормального розподілу. Усю будівлю не можна розглядати як кімнату з однорідним забрудненням [35].

Для кращого розуміння взаємозв'язку між впливом низьких доз азбесту та майбутнім тягарем захворювань, пов'язаних з азбестом, необхідні знання про сучасні сценарії впливу. Це дасть уявлення про те, як застосовувати стале та пропорційне управління азбестом, включаючи проактивне видалення азбесту. Скоординований підхід до управління азбестом в Австралії, який триває вже майже 10 років, досяг значного прогресу в цих зусиллях, але буде необхідним ще багато років для вирішення існуючої проблеми [36].

Оцінюючи вплив азбесту на здоров'я, слід пам'ятати, що як доброякісні, так і злоякісні захворювання виникають зі значною затримкою після впливу азбесту [37]. Практично немає гострих симптомів захворювання, які можна розпізнати протягом місяців, а ті, що існують, трапляються вкрай рідко. Як правило, скарги або діагностовані зміни проявляються лише через багато років, а здебільшого десятиліть, після першого впливу. Це називається латентним періодом.

Наукова оцінка латентних періодів раку легень, спричинених азбестом, та пухлин плеври та очеревини (мезотеліоми), спричинених азбестом, підтверджує середній час приблизно від 35 до 36 років. Смерть від азбестозу легень також має латентні періоди в середньому 35,4 року [38]. Як тільки набутий, ризик захворювання на рак постійно залишається, навіть якщо останній контакт з азбестом був давно. Немає переконливих патофізіологічних даних, які б підтверджували зниження ризиків зі збільшенням часу без контакту («проміжного періоду»). Однак після всмоктування азбестові волокна майже ніколи не можна видалити з організму. Впливаючи на клітини імунного захисту організму, вони починають свою руйнівну дію та не можуть бути зупинені терапевтичними чи профілактичними заходами, оскільки не існує причинної терапії захворювань, спричинених азбестом. Єдиною терапією є незначний вплив

на деякі симптоми. Діагноз мезотеліома – це смертний вирок. Через латентний період ані постраждалі працівники, ані роботодавці, відповідальні за охорону праці, не попереджають під час або одразу після впливу певних симптомів чи зростання кількості випадків захворювання.

Одним із заходів колективного захисту від азбестовмісного пилу є запровадження ефективної вентиляційної системи. Але вентиляція в деяких частинах азбестового приміщення може бути поганою, особливо якщо є відсіки, які знаходяться далеко від витяжки або подачі повітря. Ситуацію можна було б значно покращити за допомогою правильно розташованих додаткових отворів для подачі повітря, використання рециркуляційного повітря з регулятором тиску або розширення витяжної зони до погано вентильованих приміщень. Достатній запас міцності повинен забезпечити тиск щонайменше 10 Па [39].

Пожежні-рятувальники під час роботи піддаються високому ризику впливу азбесту та інших токсинів. Пожежники регулярно проникають у старі будівлі з відкритими азбестовими матеріалами, що руйнуються. І нинішні, і пенсіонери-пожежники ризикують отримати діагноз мезотеліома та інші азбестові захворювання. За виникнення даних хвороб пожежні-рятувальники мають право на значну компенсацію.

Ветерани України ризикували життям, щоб захистити нашу країну. Однак трагічним фактом є те, що військові пожежники та інші ветерани під час служби ризикували піддатися впливу токсичних речовин, таких як азбест та протипожежна піна. Січень є місяцем боротьби проти раку пожежників у США. За даними Національного інституту безпеки та гігієни праці, у пожежників у два рази більше шансів захворіти на мезотеліому, рак, спричинений азбестом. Окрім того, ветерани становлять 33 % усіх випадків мезотеліоми [40].

На додаток до впливу азбесту через палаючі будівлі пожежники в минулому носили захисний одяг, який також був виготовлений з азбесту. Азбест є ефективним ізолятором та вогнезахисним матеріалом. Він широко використовувався в захисному спорядженні до того, як ризики для здоров'я стали широко відомі.

Із початку 1900-х до кінця 1970-х років спорядження та одяг пожежників, включаючи каски, черевики, куртки та пальта, містили азбест. Раніше пожежні станції також будували з використанням азбестовмісних виробів. Пожежники, які проводили час на цих станціях, особливо ті, хто допомагав робити ремонт або технічне обслуговування, ризикували, вдихаючи волокна азбесту.

Пожежні-рятувальники, які працюють сьогодні, залишаються під загрозою впливу азбесту в старих будівлях пожежної частини. Якщо азбестові матеріали в будівлях не обслуговуються, вони можуть псуватися та виділяти шкідливі волокна.

Пожежні-рятувальники та інші служби першої допомоги стикаються з ризиком під час руйнування старої будівлі з азбестовими матеріалами. Величезний приклад цього ризику стався 11 вересня, коли впали вежі-близнюки, викинувши тони шкідливих токсинів. Це був рідкісний приклад того, як працівники швидкого реагування зазнали впливу величезної кількості азбесту за один раз. Згідно з дослідженнями, приблизно 1 % пилу, викинутого 11 вересня, становив азбест. Через величезну кількість пилу це становило тонни азбестових волокон у повітрі. Центри з контролю та профілактики захворювань (CDC) повідомляють, що багаторічне дослідження було проведено між 1987 і 2003 рр. Пожежною адміністрацією США (USFA) і Національним інститутом безпеки та гігієни праці (NIOSH). Дослідження вивчало ризик розвитку раку у пожежників через вплив диму, кіптяви, азбесту, випарів та інших токсинів, які є частиною роботи пожежних-рятувальників [40].

Відповідно до результатів існуючого дослідження, яке включало понад 18 тис колишніх і нинішніх пожежників, існує велика ймовірність того, що пожежники захворіють на захворювання, пов'язані з азбестом. До них відносяться злоякісна мезотеліома, азбестоз і пов'язаний з азбестом рак легень. Дослідження 2013 р. повідомило про захворюваність на всі види раку серед пожежників. Найбільш поширеними були ракові захворювання органів дихання. Дослідження також показують, що пожежники мають вищий рівень раку в цілому [41–47].

Насправді рак часто є основною причиною смерті пожежників. Міжнародна асоціація пожежників повідомила, що рак став причиною смерті 74 % пожежників, які померли у 2022 р. Статистика відображає шкідливі хімічні речовини, яким піддаються пожежники під час роботи. Азбест є лише одним із них. Міжнародне агентство з дослідження раку зарахувало пожежогасіння до першої групи канцерогенів [42].

Хоча азбест більше не використовується в пожежних станціях і захисному одязі, пожежники ризикують вдихнути азбест під час роботи.

Є кілька речей, які пожежні-рятувальники можуть зробити, щоб максимально захистити себе під час роботи навколо азбесту: зніміть увесь робочий одяг і виперіть його якомога

швидше; завжди надягайте респіратор під час роботи; звичайні протипилові маски не завадять вам проковтнути або вдихнути азбест; працюючи після пожежі, переконайтеся, що ділянка ретельно зволожена; обов'язково залишайте все робоче спорядження в тому самому місці зберігання, ретельно вимите; прийміть гарячий душ якомога швидше після роботи; під час прання робочого спорядження переконайтеся, що воно знаходиться в пральній машині лише для азбестового одягу та спорядження; ніколи не носіть додому спорядження, яке може містити токсичні речовини; вимагайте регулярних скринінгів на рак; рання діагностика раку рятує життя.

Коли викликають екстрену допомогу, часто важко визначити, де знаходиться азбест. Здебільшого пожежники не мають часу зупинитися та перевірити. Носіння належного захисного спорядження є надзвичайно важливим, оскільки воно може допомогти врятувати життя під час роботи в будівлі чи будинку з азбестом.

Висновки. Проведене дослідження показало, що чинна нормативна база України щодо захисту працівників від впливу азбесту є фрагментарною та не охоплює специфіку роботи пожежних-рятувальників у зонах надзвичайних ситуацій. Виявлено відсутність чітких санітарно-гігієнічних вимог до проведення аварійно-рятувальних робіт у середовищах, забруднених азбестовмісним пилом.

Установлено, що основними причинами підвищення ризику для пожежних-рятувальників

є руйнування конструкцій з азбестовмісних матеріалів, висока температура, недостатня вентиляція, а також відсутність або неправильне використання засобів індивідуального захисту. Особливо небезпечними є дії у середовищах із невизначеною концентрацією пилу та без належного попереднього обстеження об'єктів.

Проаналізовано сучасні методи виявлення та оцінки наявності азбесту в повітрі. Зроблено висновок, що для оперативної роботи рятувальників доцільніше застосовувати непрямі методи оцінки ризику з урахуванням типу об'єкта, ступеня його пошкодження та наявності конструкцій, що потенційно містять азбест.

Узагальнення європейських і американських підходів дало змогу виділити практики, які можуть бути адаптовані в Україні: обов'язкове попереднє обстеження будівель, наявність протоколів поведінки за підозри на азбест, обов'язкове використання масок класу FFP3, навчання персоналу та періодичні медичні огляди.

Розроблено пропозиції для оновлення національного нормативного забезпечення, зокрема щодо включення обов'язкових процедур оцінки ризиків, розроблення маршрутних карт дій пожежних-рятувальників за підозри на забруднення азбестом, а також запровадження системи фіксації впливу для подальшого медичного спостереження. Ці заходи дадуть змогу суттєво підвищити безпеку праці в умовах підвищеної канцерогенної небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Протокол управління азбестовмісними відходами та матеріалами Версія 5.0 для підрядників та партнерів ПРООН. 2023. 32 с.
2. Перетяка С. Небезпека азбесту після заборони його використання. *Modern engineering and innovative technologies*. 2020. № 25–02. С. 84–89.
3. Roselli M. The asbestos lie. The past and present of an industrial catastrophe. Brussels : ETUI, The European Trade Union Institute, 2020. 179 p.
4. Hodgson J. T., Darnton A. The quantitative risks of mesothelioma and lung cancer in relation to asbestos exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*. 2020. Vol. 44. № 8. P. 565–601.
5. Gibbs G. W., Berry G. Mesothelioma and asbestos. *Regulatory toxicology and pharmacology*. 2008. Vol. 52, № 1. P. S223–S231.
6. Bernstein D. M. The health risk of chrysotile asbestos. *Current opinion in pulmonary medicine*. 2014. Vol. 20, № 4. P. 366–370.
7. Тарасов В. Ю., Захарова О. І., Зубцов Є. І., Заїка Р. Г. Азбест. Стан проблеми в Україні. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2018. № 7(248). С. 88–91.
8. Peña-Castro M., Montero-Acosta M., Saba M. A critical review of asbestos concentrations in water and air, according to exposure sources. *Heliyon*. 2023. P. e15730.
9. Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2022 № 473, станом на 20 березня 2025 р.
10. Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Про безпеку і захист працівників від шкідливого впливу азбесту та матеріалів і виробів, що містять азбест» : Наказ МОЗ України від 05.06.2023 № 1013, станом на 1 жовтня 2023 р.

11. Мошковський В. Є. Гігієнічна оцінка азбестовмісного пилу в повітрі робочої зони теплових електростанцій. *Медичні перспективи*. 2016. Т. 21. № 3. С. 61–64.
12. Мошковський В. Є. Комплексна гігієнічна оцінка пилового фактора на теплових електростанціях. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2016. № 3. С. 42–48.
13. Хельбль А., Грүйер Б., Чорна Ю., Мальчерек А., Хандогіна О. Біла книга щодо методології поводження з азбестовмісними матеріалами відповідно до нового законодавства в Україні. CES Clean Energy Solution, iC Consulanten Ukraine та Neo Eco, 2024. 78 с.
14. Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten : technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 519 / ed. by B. f. A. (Germany). Dortmund : Bundesanstalt für Arbeitsschutz, 2025. 90 p.
15. Ansari F. A., Ashquin M., Siddiqui H., Prasad R., Imran Khan M., Ahmad I. Workplace atmospheric asbestos levels in different plants manufacturing asbestos-cement roofing sheets in India. *Atmospheric pollution research*. 2010. Vol. 1. № 2. P. 128–131.
16. Гігієнічні проблеми використання хризотилового азбесту в Україні / Ю. І. Кундієв та ін. *Український журнал з проблем медицини праці*. 2008. № 4. С. 35–41.
17. Goddard R. Asbestos demolition report. Dublin : Unit 2BeaT Centre, Stephenstown Industrial Estate, Balbriggan, Co. Dublin, 2022. 39 p.
18. Хвороби, спричинені впливом азбесту : Настанови на засадах доказ. медицини № 00139 : станом на 27 вересня 2016 р. 11 с.
19. Szałk G., Muszyńska-Graca M. Air pollution during asbestos removal. *Polish journal of environmental studies*. 2018. Vol. 28, no. 2. P. 1007–1011.
20. Aremu S. O., Zephaniah H.S. Asbestos: a silent potent killer. *European journal of environment and public health*. 2019. Vol. 3, № 2. P. 1–7.
21. Stefov V., Boev B. Analysis of asbestos in building materials – case in town skopje. *Contributions, section of natural, mathematical and biotechnical sciences*. 2024. Vol. 43. P. 53–64.
22. Guth K., Desai U., McCluskey J., Harbison R. Asbestos exposure risk from ceiling and other building materials. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*. 2020. № 12(4). P. 46–59.
23. Stevulova N., Estokova A., Holub M., Singovszka E., Csach K. Characterization of demolition construction waste containing asbestos, and the release of fibrous dust particles. *Applied Sciences*. 2020. Vol. 10. № 11. P. 4048.
24. Asbestos: worker and employer guide to hazards and recommended controls. OSHA, 2015. 4 p.
25. Obmiński A. Asbestos in building and its destruction. *Construction and building materials*. 2020. Vol. 249. P. 118685.
26. Мошковський В. Є., Демецька О. В., Вакарюк Л. В. Оцінка вмісту волокон хризотилового азбесту в атмосферному повітрі. *Довкілля та здоров'я*. 2014. № 3. С. 38–42.
27. Curado A., Nunes L. J. R., Carvalho A., Abrantes J., Lima E., Tomé M. The use of asbestos and its consequences: an assessment of environmental impacts and public health risks. *Fibers*. 2024. Vol. 12. № 12. P. 102.
28. Firefighters guide | asbestos exposure, 9/11, studies & lawsuits. *Mesothelioma Center – Vital Services for Cancer Patients & Families*. URL: <https://www.asbestos.com/occupations/firefighters/>
29. Hesari R. Z. J., Rasoulzadeh Y., Mohammadian Y., Nasirzadeh N. Cancer risk assessment of exposure to asbestos during old building demolition. *Work*. 2023. № 74. P. 1577–1584.
30. Kakooei H., Normohammadi M. Asbestos exposure among construction workers during demolition of old houses in tehran, Iran. *Industrial health*. 2014. Vol. 52, № 1. P. 71–77.
31. Bruno M. R., Campopiano A., Olori A., Angelosanto F., Sinopoli F., Cannizzaro A. Airborne asbestos fiber concentration in buildings: Surveys carried out in latium (central Italy). *Minerals*. 2023. Vol. 13. № 2. P. 233.
32. Neitzel R. L., Sayler S. K., Demond A. H., d'Arcy H., Garabrant D. H., Franzblau A. Measurement of asbestos emissions associated with demolition of abandoned residential dwellings. *Science of the Total Environment*. 2020. Vol. 722. P. 137891.
33. Tetik Y. Ö., Zümürüt İ. B., Çamurcu A. G., Kale Ö. A., Baradan S. Measurement and removal of asbestos in residential dwellings to be demolished – urban transformation experience in Izmir, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*. 2024. Vol. 31. P. 9857–9866.
34. Obmiński A. Comparison of the effects of use, protection, improper renovation and removal of asbestos products on the example of typical old office buildings in Poland. *Sci Rep*. 2023. Vol. 13. P. 13577.
35. Obmiński A. Asbestos in building and its destruction. *Construction and building materials*. 2020. Vol. 249. P. 118685.

36. Frangioudakis Khatib G., Collins J., Otness P., Goode J., Tomley S., Franklin P., Ross J. Australia's ongoing challenge of legacy asbestos in the built environment: a review of contemporary asbestos exposure risks. *Sustainability*. 2023. Vol. 15, № 15. P. 12071.
37. Moszkowskiy V. E., Demetska O. V., Salnikova N. A., Kashanskiy S. V. To the problem of rating chrysotile-asbestos in the working zone air. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 2012. № 1. P. 21–25.
38. Practical guidelines for the information and training of workers involved with asbestos removal or maintenance work. 2012. European Union. 59 p.
39. Kulmala I., Linnainmaa M., Kokkonen A., Heinonen K., Kanerva T., Säämänen A. Performance of asbestos enclosure ventilation: laboratory evaluation of complex configuration. *Annals of work exposures and health*. 2021. Vol. 65. № 9. P. 1085–1095.
40. Firefighting foam and asbestos put U.S. veterans at risk of cancer. *Mesothelioma Veterans Center*. URL: <https://www.mesotheliomaveterans.org/blog/firefighting-foam-asbestos-cancer-risks/>
41. Asbestos and firefighters | asbestos exposure, mesothelioma risk. *Mesothelioma Lawyer Center*. URL: <https://www.mesotheliomalawyercenter.org/asbestos/occupations/asbestos-and-firefighters/>
42. Asbestos exposure in firefighters | risk of mesothelioma. *Mesothelioma.net*. URL: <https://mesothelioma.net/asbestos-exposure-firefighters/>
43. Markowitz S. B., Garibaldi K., Lilis R., Landrigan P. J. Asbestos exposure and fire fighting. *Annals of the new york academy of sciences*. 1991. Vol. 643. № 1. P. 573–577.
44. Kim Y.-C., Zhang Y.-L., Park W.-J., Cha G.-W., Hong W.-H. Quantifying asbestos fibers in post-disaster situations: Preventive strategies for damage control. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2020. Vol. 48. P. 101563.
45. Гончаренко М. О., Татусь А. С., Радзіонов К. С., Синельников О. Д. Небезпека азбесту та вплив на організм людини. *UNIVERSUM*. 2023. № 3. С. 100–106.
46. Bridgman S. Community health risk assessment after a fire with asbestos containing fallout. *Journal of epidemiology & community health*. 2001. Vol. 55. № 12. P. 921–927.
47. Zhang Y.-L., Byeon H.-S., Hong W.-H., Cha G.-W., Lee Y.-H., Kim Y.-C. Risk assessment of asbestos containing materials in a deteriorated dwelling area using four different methods. *Journal of hazardous materials*. 2020. P. 124645.

REFERENCES:

1. Protokol upravlinnia azbestovmisnymi vidkhodamy ta materialamy Versiia 5.0 dlia pidriadnykiv ta partneriv PROON [Asbestos Waste and Materials Management Protocol Version 5.0 for UNDP Contractors and Partners]. 2023. 32. [in Ukrainian].
2. Peretiaka, S. (2020). Nebezpeka azbestu pislia zaborony yoho vykorystannia [The dangers of asbestos after its use was banned]. *Modern engineering and innovative technologies*. 25-02. 84–89. [in Ukrainian].
3. Roselli, M. (2020). The asbestos lie. The past and present of an industrial catastrophe. Brussels : ETUI, The European Trade Union Institute. 179.
4. Hodgson, J. T., & Darnton, A. (2020). The quantitative risks of mesothelioma and lung cancer in relation to asbestos exposure. *The Annals of Occupational Hygiene*. 44(8). 565–601.
5. Gibbs, G. W., & Berry, G. (2008). Mesothelioma and asbestos. *Regulatory toxicology and pharmacology*. 52(1). S. 223–S231.
6. Bernstein, D. M. (2014). The health risk of chrysotile asbestos. *Current opinion in pulmonary medicine*. 20(4). 366–370.
7. Tarasov, V. Yu., Zakharova, O. I., Zubtsov, Ye. I., & Zaika, R. H. (2018). Azbest. Stan problemy v Ukraini [Asbestos. The state of the problem in Ukraine]. *Visnyk skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu imeni Volodymyra Dalia*. 7(248). 88–91. [in Ukrainian].
8. Peña-Castro, M., Montero-Acosta, M., & Saba, M. (2023). A critical review of asbestos concentrations in water and air, according to exposure sources. *Heliyon*. e15730.
9. Pro zatverdzhennia Poriadku vykonannia nevidkladnykh robot shchodo likvidatsii naslidkiv zbroinoi ahresii Rosiiskoi Federatsii, poviazanykh iz poshkodzhenniam budivel ta sporud [On approval of the Procedure for carrying out urgent work to eliminate the consequences of the armed aggression of the Russian Federation related to damage to buildings and structures] : Postanova Kab. Ministriv Ukrainy vid 19.04.2022 № 473 : stanom na 20 berez. 2025 r. [in Ukrainian].
10. Pro zatverdzhennia Derzhavnykh sanitarnykh norm i pravyl «Pro bezpeku i zakhyst pratsivnykiv vid shkidlyvoho vplyvu azbestu ta materialiv i vyrobiv, shcho mistiat azbest» [On approval of the State Sanitary Norms and Rules “On the Safety and Protection of Workers from the Harmful Effects of Asbestos and Materials

and Products Containing Asbestos”] : Nakaz MOZ Ukrainy vid 05.06.2023. 1013 : stanom na 1 zhovt. 2023. [in Ukrainian].

11. Moshkovskiy, V. Ye. (2016). Hihienichna otsinka azbestovmisnogo pyly v povitri robochoi zony teplovykh elektrostantsii [Hygienic assessment of asbestos-containing dust in the air of the working area of thermal power plants]. *Medychni perspektyvy*. 21(3). 61–64. [in Ukrainian].

12. Moshkovskiy, V. Ye. (2016). Kompleksna hihienichna otsinka pylovoho faktora na teplovykh elektrostantsiiakh [Comprehensive hygienic assessment of dust factor at thermal power plants]. *Ukrainskyi zhurnal z problem medytsyny pratsi*. 3. 42–48. [in Ukrainian].

13. Khelbl, A., Hriuier, B., Chorna, Yu., Malcherek, A., & Khandohina, O. (2024). Bila knyha shchodo metodolohii povodzhennia z azbestovmisnymy materialamy vidpovidno do novoho zakonodavstva v Ukraini [White book on the methodology of production of asbestos-containing materials in accordance with the new legislation in Ukraine]. CES Clean Energy Solution, iC Consulenter Ukraine та Neo Eco. 78. [in Ukrainian].

14. Asbest: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten : technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 519 / ed. by B. f. A. (Germany) (2025). Dortmund : Bundesanstalt für Arbeitsschutz. 90.

15. Ansari, F. A., Ashquin, M., Siddiqui, H., Prasad, R., Imran, Khan M., & Ahmad, I. (2010). Workplace atmospheric asbestos levels in different plants manufacturing asbestos-cement roofing sheets in India. *Atmospheric pollution research*. 1(2). 128–131.

16. Kundiev, Yu. I., Cherniuk, V. I., Kucheruk, T. K., Karakashian, A. N., Martynovska, T. Yu., Chui, T. S., Salnikova, N. A., & Piatnytsia-Horpynchenko, N. K. (2008). Hihienichni problemy vykorystannia khryzotylovoho azbestu v Ukraini [Hygienic problems of using chrysotile asbestos in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal z problem medytsyny pratsi*. № 4. S. 35–41. [in Ukrainian].

17. Goddard, R. (2022). Asbestos demolition report. Dublin : Unit 2BeaT Centre, Stephenstown Industrial Estate, Balbriggan, Co. Dublin. 39.

18. Khvoroby, sprychyneni vplyvom azbestu [Diseases caused by exposure to asbestos] : Nastanovy na zasadakh dokaz. medytsyny № 00139 : stanom na 27 veres. 2016. 11. [in Ukrainian].

19. Szałol, G., & Muszyńska – Graca, M. (2018). Air pollution during asbestos removal. *Polish journal of environmental studies*. (28)2. 1007–1011.

20. Aremu, S. O., Zephaniah, H. S. (2019). Asbestos: a silent potent killer. *European journal of environment and public health*. 3(2). 1–7.

21. Stefov, V., & Boev, B. (2024). Analysis of asbestos in building materials – case in town skopje. *Contributions, section of natural, mathematical and biotechnical sciences*. 43. 53–64.

22. Guth, K., Desai, U., McCluskey, J., & Harbison, R. (2020). Asbestos exposure risk from ceiling and other building materials. *Journal of Toxicology and Environmental Health Sciences*. 12(4). 46–59.

23. Stevulova, N., Estokova, A., Holub, M., Singovszka, E., & Csach, K. (2020). Characterization of demolition construction waste containing asbestos, and the release of fibrous dust particles. *Applied Sciences*. 10(11). 4048.

24. Asbestos: worker and employer guide to hazards and recommended controls. (2015). OSHA. 4.

25. Obmiński, A. (2020). Asbestos in building and its destruction. *Construction and building materials*. 249. 118685.

26. Moshkovskiy, V. Ye., Demetska, O. V., & Vakariuk, L. V. (2014). Otsinka vmistu volokon khryzotylovoho azbestu v atmosferному povitri [Estimation of the content of chrysotile asbestos fibers in atmospheric air]. *Dovkillia ta zdorovia*. 3. 38–42. [in Ukrainian].

27. Curado, A., Nunes, L. J. R., Carvalho, A., Abrantes, J., Lima, E., & Tomé, M. (2024). The use of asbestos and its consequences: an assessment of environmental impacts and public health risks. *Fibers*. 12(12). 102.

28. *Firefighters guide | asbestos exposure, 9/11, studies & lawsuits*. Mesothelioma Center – Vital Services for Cancer Patients & Families. <https://www.asbestos.com/occupations/firefighters/>

29. Hesari, R. Z. J., Rasoulzadeh, Y., Mohammadian, Y., & Nasirzadeh, N. (2023). Cancer risk assessment of exposure to asbestos during old building demolition. *Work*. 74. 1577–1584.

30. Kakooei, H., & Normohammadi, M. (2014). Asbestos exposure among construction workers during demolition of old houses in tehran, Iran. *Industrial health*. 52(1). 71–77.

31. Bruno, M. R., Campopiano, A., Olori, A., Angelosanto, F., Sinopoli, F., & Cannizzaro, A. (2023). Airborne asbestos fiber concentration in buildings: Surveys carried out in latium (central Italy). *Minerals*. 13(2). 233.

32. Neitzel, R. L., Sayler, S. K., Demond, A. H., d'Arcy, H., Garabrant, D. H., & Franzblau, A. (2020). Measurement of asbestos emissions associated with demolition of abandoned residential dwellings. *Science of the Total Environment*. 722. 137891.

33. Tetik, Y. Ö., Zümrüt, İ. B., Çamurcu, A. G., Kale, Ö. A., & Baradan, S. (2024). Measurement and removal of asbestos in residential dwellings to be demolished – urban transformation experience in Izmir, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*. 31. 9857–9866.
34. Obmiński, A. (2023). Comparison of the effects of use, protection, improper renovation and removal of asbestos products on the example of typical old office buildings in Poland. *Sci Rep*. 13. 13577.
35. Obmiński, A. (2020). Asbestos in building and its destruction. *Construction and building materials*. 249. 118685.
36. Frangioudakis, Khatib G., Collins, J., Otness, P., Goode, J., Tomley, S., Franklin, P., & Ross, J. (2023). Australia's ongoing challenge of legacy asbestos in the built environment: a review of contemporary asbestos exposure risks. *Sustainability*. 15(15). 12071.
37. Moszkowskiy, V. E., Demetska, O. V., Salnikova, N. A., Kashanskiy, S. V. (2012). To the problem of rating chrysotile-asbestos in the working zone air. *Ukrainian Journal of Occupational Health*. 1. 21–25.
38. Practical guidelines for the information and training of workers involved with asbestos removal or maintenance work. (2012). European Union. 59.
39. Kulmala, I., Linnainmaa, M., Kokkonen, A., Heinonen, K., Kanerva, T., & Säämänen, A. (2021). Performance of asbestos enclosure ventilation: laboratory evaluation of complex configuration. *Annals of work exposures and health*. 65(9). 1085–1095.
40. *Firefighting foam and asbestos put U.S. veterans at risk of cancer*. Mesothelioma Veterans Center. <https://www.mesotheliomaveterans.org/blog/firefighting-foam-asbestos-cancer-risks/>
41. *Asbestos and firefighters | asbestos exposure, mesothelioma risk*. Mesothelioma Lawyer Center. <https://www.mesotheliomalawyercenter.org/asbestos/occupations/asbestos-and-firefighters/>
42. *Asbestos exposure in firefighters | risk of mesothelioma*. Mesothelioma.net. <https://mesothelioma.net/asbestos-exposure-firefighters/>
43. Markowitz, S. B., Garibaldi, K., Lilis, R., & Landrigan, P. J. (1991). Asbestos exposure and fire fighting. *Annals of the new york academy of sciences*. 643(1). 573–577.
44. Kim, Y.-C., Zhang, Y.-L., Park, W.-J., Cha, G.-W., & Hong, W.-H. (2020). Quantifying asbestos fibers in post-disaster situations: Preventive strategies for damage control. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. 48. 101563.
45. Honcharenko, M. O., Tatus, A. S., Radzionov, K. S., & Synelnikov, O. D. (2023). Nebezpeka azbestu ta vplyv na orhanizm liudyny [The danger of asbestos and its impact on the human body]. *Zhurnal "UNIVERSUM"*. 3. 100–106. [in Ukrainian].
46. Bridgman, S. (2001). Community health risk assessment after a fire with asbestos containing fallout. *Journal of epidemiology & community health*. 55(12). 921–927.
47. Zhang, Y.-L., Byeon, H.-S., Hong, W.-H., Cha, G.-W., Lee, Y.-H., & Kim, Y.-C. (2020). Risk assessment of asbestos containing materials in a deteriorated dwelling area using four different methods. *Journal of hazardous materials*. 124645.