

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ВІД ФОРМАЛЬДЕГІДУ У ПОВІТРІ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ-42

спеціальності : 101 «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор _____ / Марія КОНОНОВА

(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____ / доц. Іветта КРИВИЦЬКА

(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____ / _____

(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ / проф. Алла НЕКОС

(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____ / Марина ЩОКІНА

(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____ / Світлана БУРЧЕНКО

(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2023 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут екології
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ / проф. Алла НЕКОС
підпис ім'я та прізвище

“ 8 ” травня 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Марії Конової

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Оцінка екологічного ризику для здоров'я людини від формальдегіду у повітрі міських житлових приміщень

керівник роботи Іветта Кривицька, канд. біол. наук, доцент ,
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “ 3 ” квітня 2023 року № 4301-5/646

2. Строк подання студентом роботи 1 травня 2023 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Провести аналіз наукових джерел щодо екологічної безпеки міських житлових приміщень.

2. Дослідити вплив на здоров'я людини основних газоподібних забруднювачів усередині житлових приміщень.

3. Виявити взаємозв'язок між рівнем формальдегіду у приміщенні та індивідуальним канцерогенним ризиком для людини.

4. Розробити рекомендації щодо зменшення впливу формальдегіду на здоров'я людини.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Провести аналіз наукових джерел щодо екологічної безпеки міських житлових приміщень
2	Дослідити вплив на здоров'я людини основних газоподібних забруднювачів усередині житлових приміщень
3	Виявити взаємозв'язок між рівнем формальдегіду у приміщенні та індивідуальним канцерогенним ризиком для людини
4	Розробити рекомендації щодо зменшення впливу формальдегіду на здоров'я людини

5. Дата видачі завдання _____ 8 травня 2022 р. _____

Студент

підпис

Марія Кононова

ім'я і прізвище

Керівник роботи

підпис

доц. Іветта Кривицька

посада, ім'я і прізвище

АНОТАЦІЯ

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ВІД ФОРМАЛЬДЕГІДУ У ПОВІТРІ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Марія КОНОНОВА

Кваліфікаційна робота «Оцінка екологічного ризику для здоров'я людини від формальдегіду у повітрі міських житлових приміщень» містить 39 сторінок, 3 розділи, 4 таблиці, 2 формули та 20 використаних джерел.

Мета роботи: дослідити вплив формальдегіду на здоров'я людини та розрахувати ризики, пов'язані із знаходженням його у повітрі житлових приміщень.

Актуальність теми. Тема дослідження є надзвичайно важливою для України з огляду на проблеми екологічної безпеки міських житлових приміщень. Формальдегід є одним з найбільш поширених забруднювачів повітря у приміщеннях, який може викликати серйозні наслідки для здоров'я людини. Визначення індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я людини від формальдегіду є надзвичайно важливим і актуальним питанням.

Завдання дослідження передбачали виявлення взаємозв'язку між рівнем формальдегіду у приміщенні та індивідуальним канцерогенним ризиком для людини.

Методи. Визначення індивідуального канцерогенного ризику у міських житлових приміщеннях було виконано за допомогою використання методичних рекомендацій, які були розроблені Л. І. Григор'євою, Ю. А. Томіліним та А. М. Огородником.

Результати. Для дослідження було обрано 3 об'єкти міських житлових приміщень з різним типом ремонту у місті Харків. Визначено, що найбільше значення індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я людини було у квартирі з новим ремонтом.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, МІСЬКІ ЖИТЛОВІ ПРИМІЩЕННЯ,
ІНДИВІДУАЛЬНИЙ РИЗИК, ФОРМАЛЬДЕГІД, КАНЦЕРОГЕН

ABSTRACT

ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL RISK TO HUMAN HEALTH FROM FORMALDEHYDE IN THE AIR OF URBAN RESIDENTIAL PREMISES

Maria KONONOVA

The qualification work " Assessment of the environmental risk to human health from formaldehyde in the air of urban dwellings " contains 39 pages, 4 chapters, 3 tables, 2 formulas and 20 references.

Purpose: to investigate the impact of formaldehyde on human health and calculate the risks associated with its presence in the air of residential premises.

Relevance of the topic. The research topic is extremely important for Ukraine in view of the problems of environmental safety of urban dwellings. Formaldehyde is one of the most common indoor air pollutants that can cause serious consequences for human health. Determining the individual carcinogenic risk to human health from formaldehyde is an extremely important and relevant issue.

The objectives of the study were to identify the relationship between the level of formaldehyde in the room and the individual carcinogenic risk to humans.

Methods. The determination of individual carcinogenic risk in urban dwellings was performed using the methodological recommendations developed by L. I. Grigorieva, Y. A. Tomilin and A. M. Ogorodnik.

Results. For the study, 3 objects of urban residential premises with different types of repairs in the city of Kharkiv were selected. It has been determined that the highest value of individual carcinogenic risk to human health was in an apartment with a new renovation.

ENVIRONMENTAL SAFETY, URBAN DWELLINGS, INDIVIDUAL RISK,
FORMALDEHYDE, CARCINOGEN

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ.....	9
1.1. Фактори впливу на екологічну безпеку міських житлових приміщень.....	9
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ТА МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ФОРМАЛЬДЕГІДУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ У МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ.....	18
РОЗДІЛ 3 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ВІД ФОРМАЛЬДЕГІДУ У ПОВІТРІ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ	20
3.1. Формальдегід як забруднююча речовина	20
3.2. Дослідження індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я людини від формальдегіду в міських житлових приміщеннях	25
3.3. Ефективні методи зменшення впливу формальдегіду на здоров'я людини.....	30
ВИСНОВКИ	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36

ВСТУП

Актуальність теми. Більшу частину свого життя мешканці міста проводять у закритих приміщеннях – вдома, на робочих місцях чи у навчальних закладах. За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), міські жителі перебувають приблизно 80% свого часу в приміщенні.

Однак, на жаль, більшість городян приділяють мало уваги своєму здоров'ю та екологічній безпеці міського житлового простору. Сьогодні людей найбільше турбує температура та освітлення їхніх житлових і робочих приміщень. Інші умови, такі як рівень радіації, якість матеріалів інтер'єру, якість води та продуктів харчування, не контролюються та просто не беруться до уваги.

Якість повітря в приміщенні стає особливо важливою в наш час, оскільки люди прагнуть створити комфорт у своїх квартирах, використовуючи пластикові підлоги, обігрівачі, кондиціонери, кольорові шпалери, які створюють враження близькості до природи. Ремонтні роботи із застосуванням сучасних оздоблювальних матеріалів та нових меблів з використанням полімерів і полімервмісних матеріалів можуть призвести до погіршення якості повітря в приміщеннях (квартирах, будинках і громадських будівлях), в тому числі до підвищення концентрації формальдегіду. Пари формальдегіду можуть виділятися з металевих і пластикових вікон, стель з ПВХ, деяких шпалер, підлогових покриттів і плінтусів. Його також можна знайти в повсякденних предметах побуту, таких як іграшки, побутова техніка, канцелярське приладдя, посуд та ін.

Якщо меблі та будівельні матеріали не відповідають стандартам, формальдегід може виділятися в повітря роками. Формальдегід – це найпоширеніший з основних забруднювачів повітря в приміщеннях. Агентство з охорони навколишнього середовища США (U.S. EPA) класифікувало формальдегід як ймовірний канцероген для людини. Вважається, що канцерогени мають значний негативний вплив на здоров'я, оскільки не існує

порогу шкідливого впливу і невеликі кількості канцерогенних молекул можуть викликати проблеми зі здоров'ям.

Тож, наскільки безпечною для нашого здоров'я є екологічна обстановка, яка оточує нас більшу частину нашого життя?

Мета роботи: дослідити вплив формальдегіду на здоров'я людини та розрахувати ризики, пов'язані із знаходженням його у повітрі житлових приміщень.

Досягнення мети дослідження передбачає розв'язання таких завдань:

- провести аналіз наукових джерел щодо екологічної безпеки міських житлових приміщень;
- дослідити вплив на здоров'я людини основних газоподібних забруднювачів усередині житлових приміщень;
- виявити взаємозв'язок між рівнем формальдегіду у приміщенні та індивідуальним канцерогенним ризиком для людини;
- розробити рекомендації щодо зменшення впливу формальдегіду на здоров'я людини.

Об'єкт дослідження – формальдегід, що знаходиться у житлових приміщеннях.

Предмет дослідження – вплив формальдегіду на здоров'я людини та оцінка ризиків, щодо знаходження його у повітрі житлових приміщень.

При написанні кваліфікаційної роботи використовувалися теоретичні та практичні методи, такі як: аналітичний, порівняльний, аналітично-розрахунковий, аналіз доступних джерел наукової інформації та статей стосовно об'єкта і предмета дослідження.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНА ОСНОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

1.1. Фактори впливу на екологічну безпеку міських житлових приміщень

Питання екологічної безпеки міського житлового простору набуває все більшої актуальності у зв'язку з останніми світовими подіями, коли через небезпечні погодні умови, пандемії та війни люди все частіше змушені проводити час у власних домівках, у закритих безпечних просторах. Навіть перебуваючи в приміщенні, організм людини піддається впливу різноманітних факторів, серед яких освітлення, шум, вібрація, інфразвук, електростатичні поля, мікрокліматичні параметри, рівень радіації, склад повітря в приміщенні (за основними речовинами: оксид вуглецю, діоксид азоту, сірководень, аміак, фенол, бензол, формальдегід тощо) та напруженість електричних і магнітних полів [20]. Загрозу здоров'ю людини можуть становити також продукти харчування та питна вода.

Отже, екологічні проблеми в приміщенні не обмежуються синтетичними сполуками, що надходять до будинку з продуктами та матеріалами; вони не обмежуються і забруднювачами, що переносяться повітрям, або через їжу та питну воду. Навіть за відсутності синтетичних забруднювачів, природні забруднювачі можуть спричинити серйозні екологічні проблеми в приміщенні. Прикладами цього є біологічні організми (від плісняви та грибка до комах), які все частіше спричиняють проблеми зі здоров'ям людини у будівлях [1].

Леткі органічні сполуки (ЛОС) є добре відомими забруднювачами приміщень. Ці забруднюючі речовини викидаються з різних джерел, таких як побічні продукти згоряння, приготування їжі, будівельні матеріали, офісне обладнання та споживчі товари. Леткі органічні сполуки відносяться до великої групи хімічних сполук, в основі яких лежить карбон. Вони можуть легко випаровуватися за кімнатної температури. Більшість людей здатні відчувати на

запах високий рівень деяких ЛОС, проте здебільшого ці сполуки не мають запаху взагалі [6].

Відомо, що багато летких органічних сполук є токсичними і вважаються канцерогенними, мутагенними або тератогенними. ЛОС мають тісний зв'язок із синдромом хворої будівлі, який є одним із багатьох термінів, що використовують мешканці для опису симптомів погіршення комфорту чи здоров'я [6].

До конкретних побутових джерел багатьох із цих летких органічних забруднювачів відносяться: куріння та пасивне куріння, де у атмосферу виділяються бензол, стирол та багато інших хімічних речовин, освіжувачі повітря в приміщенні, що виділяють п-дихлорбензол, килими та подушки, які виділяють у повітря приміщень стирол та аерозольні балончики, що містять у своєму складі трихлоретан. Тож, наприклад, нещодавно покладений великих розмірів килим може бути основним джерелом летючих органічних сполук у житлових приміщеннях [10].

Ризик для здоров'я від вдихання ЛОС залежить від того, як багато їх у повітрі та як довго і як часто людина дихає ними. Виділяють два типи тривалості впливу ЛОС: короткочасний – декілька годин або днів – і довготривалий (хронічний) – роки або навіть усе життя.

Вдихання невеликих кількостей ЛОС протягом тривалого періоду часу збільшує ризик виникнення проблем зі здоров'ям. Деякі дослідження показують, що ЛОС можуть мати негативний вплив на людей, хворих на астму, і тих, хто особливо чутливий до хімічних речовин [4]. ЛОС належать до групи хімічних сполук. Кожна хімічна сполука має власну токсичність і здатність впливати на здоров'я. Зазвичай симптоми враження ЛОС такі:

1. при короткочасному впливі великої кількості ЛОС:
 - 1) подразнення очей, носа та горла;
 - 2) головний біль та запаморочення;
 - 3) нудота;
 - 4) погіршення симптомів астми;

2. при довготривалому впливі:

- 1) розвиток ракових пухлин;
- 2) ураження печінки;
- 3) ураження нирок і центральної нервової системи [6].

Існують кілька способів зменшення кількості летких органічних сполук у приміщеннях. Перш за все, можна зменшити використання побутових хімічних продуктів та замінити їх на більш екологічно чисті альтернативи. Також можна використовувати будівельні матеріали та меблі, які мають сертифікати екологічної безпеки та зменшеного випуску ЛОС.

Крім того, можна забезпечити хорошу вентиляцію у приміщенні, щоб забезпечити достатнє циркулювання повітря та вивітрювання летких органічних сполук. Для цього можна встановити системи вентиляції, відкривати вікна та двері для провітрювання приміщення, а також встановити вентиляційні отвори у кімнатах.

Для зменшення кількості ЛОС у приміщенні також можна використовувати рослини, які здатні поглинати ЛОС. Наприклад, відомо, що папороть Нефролепіс (лат. *Nephrolepis exaltata*) поглинає бензол та формальдегід, а алое віра (лат. *Aloe vera*) та пеларгонія (лат. *Pelargonium*) здатні поглинати бензен та толуен [10].

Нарешті, ще один спосіб зменшення кількості ЛОС у приміщенні – це регулярне прибирання та зволоження повітря. Часте прибирання допоможе зменшити кількість пилу та інших частинок, які можуть містити ЛОС. Також зволоження повітря може знизити концентрацію летких органічних сполук у повітрі, оскільки вологе повітря здатне зменшувати їхню випаровуваність.

У підсумку, наявність ЛОС усередині приміщень є серйозною проблемою для здоров'я людей. Однак існують способи зменшення кількості ЛОС у приміщенні, такі як зменшення використання побутових хімічних продуктів, використання екологічно чистих будівельних матеріалів та меблів, забезпечення хорошої вентиляції та використання рослин для поглинання ЛОС.

Однак формальдегід і радон вважаються найбільш небезпечними для здоров'я людей забруднювачами повітря у міських житлових приміщеннях.

Формальдегід – це безбарвний газ із різким запахом. Основними джерелами формальдегіду в житлових приміщеннях є виробниці на основі деревостружкових плит, де формальдегід входить до складу смол, клеїв і компонентів; також джерелом є пінопласт, розміщений у порожнинах стін. Килими та оббивка меблів також можуть бути джерелами формальдегіду. На відміну від багатьох інших забруднювачів, виділення формальдегіду у атмосферу може тривати невизначено довгий час, хоча й його випаровування істотно падає у перші кілька місяців; продукти з пресованої деревини можуть мати період напіврозпаду викидів у кілька місяців або років, порівняно з днями для «вологих» продуктів, таких як клеї. Виробниці із пресованої деревини є основними джерелами утворення формальдегіду у приміщеннях [8].

У низьких концентраціях формальдегід у повітрі може викликати подразнення очей, носа і горла, чхання, кашель і надмірну сльозотечу. У високих концентраціях він може викликати нудоту і задишку [8].

Формальдегід входить до списку відомих канцерогенів, є хронічно токсичним, викликає спадкові генні та хромосомні мутації, негативно впливає на репродуктивні органи, подразнює слизові оболонки очей, горла і верхніх дихальних шляхів, викликає головний біль і нудоту [8].

Радон – це безбарвний, без запаху, природно радіоактивний газ. Відомо, що в більшості випадків основна частина радону, що міститься в приміщеннях, надходить у них з ґрунтової основи будівлі. Інтенсивність виділення радону із ґрунту залежить від великої кількості різнорідних факторів і загалом визначається місцевими геологічними, геофізичними, гідрогеологічними та іншими умовами [16].

Радон потрапляє до будівлі через:

- 1) тріщини в основі підлоги по ґрунту, тріщини у стінах підвалів, тріщини у стінах;
- 2) з'єднання конструкцій;

- 3) щілини у міжповерхових перекриттях;
- 4) щілини навколо труб;
- 5) повітряні прошарки у стінах [16].

Газ радон не можна побачити, понюхати або спробувати на смак. Основним органом, через який радон потрапляє в організм людини, є легені. Саме легені найбільше страждають від радону. З'ясовано, що газ радон є другою найпоширенішою причиною раку легень після куріння. Радон і продукти його розпаду впливають не тільки на легені людини, але й на імунні клітини, репродуктивні клітини і клітини кровотворення. Газ радон призводить до того, що організм людини втрачає свої природні захисні функції, що провокує виникнення різних захворювань. Також радон небезпечний тим, що при ураженні ним, може народитися дитина з вадами здоров'я [16].

Згідно зі звітом ВООЗ, до 14% усіх захворювань на рак легень у світі пов'язані з впливом цього радіоактивного газу на людину [12]. Вплив радону в приміщенні з концентрацією 100 Бк на кубічний метр збільшує кількість людей, які страждають на цю хворобу, на 16%. Понад 20% житлового фонду в Україні не відповідає вимогам щодо вмісту радону в повітрі приміщень, норма якого складає 50 Бк для новозбудованих будинків і 100 Бк — для старих. Більше 75% від усіх джерел опромінення в українців формується саме за рахунок радону. Подібна ситуація спостерігається і в багатьох інших країнах [16].

Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) прийняла резолюцію, яка закликає всі країни розробити власні національні програми боротьби з цим ризиком [16]. Український центр громадського здоров'я за технічної підтримки Європейського регіонального бюро ВООЗ (Україна) розробив національний план дій, спрямований на зменшення впливу радону та продуктів його розпаду на населення в житлових і нежитлових будівлях та на робочих місцях, а також на мінімізацію довгострокового ризику від радону [16]. Наразі цей документ на узгоджені профільних міністерств та відомств.

Прості заходи для зменшення шкоди від радону в будинку::

- 1) забезпечити хорошу вентиляцію житла;

- 2) регулярно провітрювати житло;
- 3) встановити вентиляційні системи у підвалах та на перших поверхах;
- 4) звертати увагу на якість будівельних матеріалів, що використовуються для ремонту чи будівництва;
- 5) герметизувати підлогу та щілини у стінах [16].

У міських житлових приміщеннях можуть бути різноманітні біологічні агенти, що мають вплив на здоров'я людини. У цю категорію входять бактерії, пліснява, грибки та організми, такі як пилові кліщі, кліщі та комахи тощо.

Більшість цих організмів мають загальну характеристику: вони процвітають в умовах відносно високої вологості (за винятком пилових кліщів), що може призвести до пошкодження змісту будівлі, а іноді і самої конструкції. Це дає розуміння того, що ці організми можуть значно впливати на здоров'я людей, які знаходяться в приміщеннях [7].

Бактерії та інші організми, що розмножуються на вологих поверхнях або у стоячій воді, можуть викликати алергічні реакції та серйозні захворювання, особливо коли ці організми, їх частини тіла або відходи життєдіяльності розсіюються за допомогою вентиляційного або зволожуючого обладнання [7].

Цвіль зазвичай виникає в погано вентильованих житлових приміщеннях. Плісняві гриби поширюються за рахунок викиду в повітря мільйонів крихітних спор. Гриби присутні у всіх житлових приміщеннях, але їх спори досягають значної кількості там, де їх зростанню сприяє вологість. Спори цвілі, що переносяться за допомогою повітря, можуть викликати у чутливих до них людей алергічні реакції, подібні до сінної лихоманки або астми [3].

Такі бактерії як легіонели можуть бути знайдені у звичайній теплій водопровідній воді та, наприклад, у ваннах-джакузі. Небезпечним розносником бактерії легіонели в житлових приміщеннях можуть з'явитися системи кондиціонування повітря в тих частинах, де вода в установці кондиціонування контактує з повітрям [5]. Для того, щоб людина заразилася, їй достатньо вдихнути збудника, що знаходиться у водному аерозолі душу, потоку повітря з кондиціонера, у різних фонтанах тощо. А біологічні організми як пилові кліщі,

наприклад, можуть викликати астму у дітей, і це безпосередньо пов'язано з рівнем вологості у житлових приміщеннях [3].

Якщо рівень вологості надто високий, то це може призвести до збільшення ризику виникнення проблем з дихальною системою, таких як астма, алергії та інші захворювання. Висока вологість може сприяти розвитку плісняви та інших грибкових інфекцій у будівлях, що може бути шкідливим для здоров'я людей [3].

З іншого боку, низький рівень вологості може також призвести до проблем зі здоров'ям. Наприклад, занадто сухе повітря може викликати сухість шкіри, подразнення очей та дихальних шляхів, а також збільшення ризику зараження вірусами та бактеріями. Деякі люди можуть відчувати головний біль або погіршення симптомів хронічних захворювань, таких як артрит, за низької вологості [3].

Отже, рівень вологості в приміщенні може впливати на здоров'я людини, тому важливо дотримуватися оптимального рівня вологості в будівлях. Рекомендований рівень вологості для комфортного перебування людини в будинку становить від 40% до 60% [5].

Ще одним фактором, що впливає на здоров'я людини, що перебуває у міських житлових приміщеннях є шум. Шум – це сукупність нерегулярних звуків різної інтенсивності та частоти, які впливають на організм. Джерелом шуму є будь-який процес, що викликає локальну зміну механічного тиску або вібрації твердого, рідкого чи газоподібного середовища [14].

Рівень шуму вимірюється в одиницях шкали звукового тиску, виражених у децибелах. Цей звуковий тиск не є безмежним: рівень шуму в 20-30 дБА практично нешкідливий для людини, що є природним фоновим шумом. Для більш гучних звуків прийнятною межею є близько 80 дБА, звук у 130 дБА вже викликає больові відчуття, а 150 дБА стає нестерпним для людини [14].

У наш час рівень промислового шуму дуже високий. Багато шумних виробництв і галузей досягають 90-110 децибел і більше [14]. Житлові райони також не такі тихі, і постійно з'являються нові джерела шуму, так звані

побутові прилади. Мешканці шумних районів частіше страждають від серцево-судинних захворювань (на 20% більше), атеросклерозу та розладів нервової системи (на 18-23% більше) [14]. Тривалий вплив шуму може призвести до втрати слуху.

Шум в приміщенні може мати негативний вплив на здоров'я людини, особливо якщо шум є надмірним або тривалим. Як екологічний фактор шум може викликати підвищену втому, зниження розумової активності, неврози, збільшення кількості серцево-судинних захворювань і проблеми із зором [11]. Шум є стійким подразником нервової системи і може викликати її перевантаження. Постійний вплив шуму може змінити регуляторну функцію гіпоталамуса, що призводить до виразкової хвороби та гастриту через порушення обміну речовин. Шум також може негативно впливати на продуктивність праці [11].

Шумове забруднення – це надмірні рівні природного шуму та аномальні зміни звукових характеристик (частоти, гучності тощо) на робочих місцях і в житлових зонах, зумовлені транспортними потоками, промисловими підприємствами, роботою побутових приладів, поведінкою людей та іншими причинами [14].

Правові засади захисту населення від шуму в Україні передбачені Законами України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про екологічну експертизу» тощо.

Боротьба з шумом спрямована на усунення шумового забруднення навколишнього природного середовища. Щоб запобігти шумовому забрудненню у житлових приміщеннях, можна вжити наступні заходи:

1. Встановити звукоізоляційні матеріали: встановлення звукоізоляційних матеріалів, таких як звукоізоляційні панелі або гіпсокартонні плити, може допомогти зменшити проникнення шуму з вулиці або з інших квартир.

2. Використовувати шумоізоляційні вікна та двері: встановлення шумоізоляційних вікон та дверей також може допомогти зменшити шум, що проникає у житлове приміщення.

3. Зменшити джерела шуму: зменшення джерел шуму може бути ефективним способом боротьби з шумом у житловому приміщенні. Наприклад, можна встановити звукоізоляційні двері до кімнати, де працює гучний пристрій, такий як телевізор або музичний центр.

4. Використовувати звукопоглинаючі матеріали: використання звукопоглинаючих матеріалів, таких як м'які меблі, килими та інші текстильні матеріали, може допомогти зменшити відлуння, яке збільшує рівень шуму в житловому приміщенні.

Таким чином, ми бачимо, що багато різних факторів впливає на здоров'я людини усередині житлових приміщень: це і різні газоподібні забруднювачі, що потрапляють як через оточуюче середовище, так і з різними предметами інтер'єру, різноманітні біологічні агенти, що з'являються у житлових приміщеннях через високу або низьку вологість повітря та рівень шуму від приладів у приміщеннях, що також пов'язано з екологічною безпекою міських житлових приміщень.

Незадовільна якість повітря може призвести до розвитку алергічних реакцій, захворювань дихальної системи та інших проблем зі здоров'ям. Шум може призвести до стресу, проблем зі сном та інших проблем зі здоров'ям. Тому важливо дотримуватися найкращих практик для покращення якості повітря, контролювати рівень шуму та здійснювати інші заходи для забезпечення здорового життя в будинку.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ТА МАТЕРІАЛ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ФОРМАЛЬДЕГІДУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ У МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Дослідження, проведене в місті Харкові, було спрямоване на визначення рівня формальдегіду в повітрі міських житлових приміщеннях, зокрема в спальних кімнатах. Для цього були обстежені різні типи будівель з різним ремонтом, з врахуванням часу, що минув після останнього ремонту.

Після отримання результатів вимірювань було розраховано індивідуальний канцерогенний ризик для здоров'я людини від вмісту формальдегіду в повітрі житлових приміщень. В рамках дослідження було враховано наявність полімерних матеріалів у замкнених житлових приміщеннях.

Дослідження індивідуального канцерогенного ризику від вмісту формальдегіду в повітрі житлових приміщень є важливою задачею для забезпечення здоров'я людей. Для розрахунку цього ризику були використані різні методичні рекомендації, в тому числі ті, які були розроблені Л. І. Григор'євою, Ю. А. Томіліним та А. М. Огородником.

Один з найбільш поширених методів розрахунку канцерогенного ризику полягає в використанні формул, які базуються на даних про вміст формальдегіду в повітрі та інших факторах, таких як тривалість перебування в приміщенні та обсяг вдихуваного повітря. Враховуючи ці дані, можна розрахувати індивідуальний канцерогенний ризик для кожної людини, яка перебуває в приміщенні з високим рівнем формальдегіду.

Дослідження було проведено на різних групах приміщень, включаючи кімнату в новобудові з новим ремонтом, кімнату з ремонтом 5-річної давнини та спальну кімнату у багатоквартирному будинку 1950-х років, де ремонт проводили більше 15 років тому. Ці групи були обрані для визначення рівня канцерогенного ризику для людей, які знаходяться в таких приміщеннях.

Дослідження впливу формальдегіду на здоров'я людей є важливою задачею для науковців та медичних працівників, і може допомогти покращити якість життя та забезпечити більш безпечні умови проживання.

Отже, дане дослідження дозволило оцінити рівень формальдегіду у повітрі міських житлових приміщень, зокрема спальних кімнат, і розрахувати індивідуальний канцерогенний ризик для людей, які перебувають в цих приміщеннях. Результати дослідження можуть бути корисні для вдосконалення нормативних вимог до рівня формальдегіду в повітрі житлових приміщень, а також для підвищення обізнаності громадськості щодо проблеми впливу небезпечних речовин на здоров'я людини.

РОЗДІЛ 3

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ ВІД ФОРМАЛЬДЕГІДУ У ПОВІТРІ МІСЬКИХ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

3.1. Формальдегід як забруднююча речовина

Багато вчених з різних дисциплін працювали над дослідженнями з оцінки впливу та використання формальдегіду. Більшість досліджень і праць присвячено безпосередньому впливу цієї речовини на живі організми та діяльність людини. Дані про те, що таке формальдегід та про його основні властивості представлені в роботах Крюкової К.А., Горячевої В.Н., Казніної Н.І., Дмитрієва М.Т., Золотова Ю.А. тощо.

Формальдегід — це безбарвний газ із різким характерним запахом. Ця речовина є природною частиною навколишнього середовища та організму людини. Формальдегід виробляється нашим організмом у дуже малих, нешкідливих кількостях. Він легко розкладається в аеробних та анаеробних умовах у повітрі, воді та ґрунті. На повітрі формальдегід розкладається під дією сонячного світла, утворюючи оксид вуглецю та мурашину кислоти. Коли формальдегід присутній у воді, він швидко перетворюється на гліколь. Формальдегід зазвичай не зустрічається в ґрунті, хоча його зустрічали в ґрунтах навколо виробничих підприємств, де використовуються фенол-формальдегідні смоли. Ця речовина не здатна до біоаккумуляції [13].

Формальдегід повсюдно поширений у містах і житлових приміщеннях, особливо в будівельних продуктах і продуктах згоряння. Ця хімічна речовина вважається забруднювачем повітря в приміщенні. У багатьох будівельних матеріалах і меблях, включаючи деревину, фанеру, ДВП середньої щільності, ізоляційні матеріали, килимове покриття, інші покриття для підлоги та відповідні клеї міститься формальдегід. Викиди цієї речовини у повітря жилих приміщень з часом зменшуються. Формальдегід також присутній у димі, що утворюється в результаті згоряння тютюнових виробів і дров [8].

Формальдегід природним чином міститься в різноманітних харчових продуктах, включаючи деякі фрукти, рибу, оброблені харчові продукти та алкогольні напої. Формальдегід та його похідні присутні в широкому асортименті споживчих товарів, де він використовується як консервант для захисту від бактерій і цвілі. До видів продукції, де ще може міститися формальдегід відносяться: антибіотики, ліки, дезінфікуючі засоби, косметика, побутові миючі засоби, засоби для догляду за волоссям, пом'якшувачі білизни, креми для взуття, засоби для чищення килимів, автомобільні шампуні та віск, клеї та лаки, папір і пластик тощо [8].

Вплив формальдегіду на здоров'я людини також досліджували Дорогова В.Б. і Тараненко Н.А., які виявили, що в повітря житлових приміщень він потрапляє з меблів (ДСП), полімерних та будівельних матеріалів, фанери, ламінату, укосів та плінтусів. У статті Михайлової Г.М. та Гілевич Ю.В. представлено дослідження з вимірювання вмісту формальдегіду в домашньому текстилі. Використання цієї речовини в даній галузі спрямоване на досягнення необхідного кольору, формостійкості та гідрофобності тканин.

У текстильній промисловості використовують хімічні речовини, що виділяють формальдегід, такі як антипірени для забезпечення стійкості до зминання текстилю та сполучна речовина для друку на текстилі [13]. З середини 1920-х років у бавовняних і бавовняно-поліефірних тканинах використовували міцні та довготривалі пресові смоли, що містять формальдегід, щоб мінімізувати зморшки під час носіння та прання [13]. Також, проведення дезінфекції одягу з секонд-хенду проводять за допомогою хімічних речовин, а саме формальдегіду [13]. Формальдегід також можна вдихнути під час носіння нового одягу, який виділяє цей газ.

На основі досліджень та оцінок ризиків впливу формальдегіду на здоров'я людини Всесвітня організація охорони здоров'я встановила гранично допустиму середньодобову концентрацію формальдегіду в атмосферному повітрі на рівні $0,003 \text{ мг/м}^3$ [8]. В Україні, відповідно до Державних санітарних

правил охорони атмосферного повітря населених місць, встановлені такі допустимі концентрації:

- максимальна разова (ГДКм.р.): 0,035 мг/м³;
- середньодобова (ГДКс.д.): 0,003 мг/м³ [19].

Через токсичність формальдегіду вимоги до допустимої концентрації формальдегіду в навколишньому середовищі та в готових продуктах дуже суворі. Існують міжнародні Е-стандарти для формальдегіду в деревній целюлозі та його виділення в навколишнє середовище, що наведені в таблиці 3.1 [8].

Таблиця 3.1

Міжнародні стандарти за вмістом формальдегіду

Клас емісії	Вміст формальдегіду, мг /100 г плити
E0	≤5
E1	≤10
E2	10 – 30

Виділяють 3 основних показники виділення формальдегіду згідно європейським стандартам:

E1 – перший клас з найнижчим вмістом формальдегіду. Всі меблі для приміщень повинні відповідати цьому класу. Вміст формальдегіду в таких меблях становить менше 10 мг на 100 г сухої деревини в країнах СНД і менше 8 мг/100 г в європейських країнах (або до 0,125 мг/м³). Вміст формальдегіду 10 мг/100 г вважається безпечним для здоров'я і з таких плит слід виготовляти меблі для дитячих кімнат [14].

E2 – другий клас: 10 – 30 мг/100 г, 0,125 – 1,25 мг/м³ в Європі. Меблі цього класу можна використовувати тільки на відкритому просторі [14].

E3 – 1,25 – 2,87 мг/м³ – третій клас; виробництво матеріалів з параметрами E3 заборонено, і тільки два класи, E1 і E2, вважаються відносно безпечними для емісії формальдегіду і дозволені до використання [14].

Самостійно, без допомоги будь-чого, розрахувати вміст формальдегіду у повітрі міського жилого приміщення дуже важко. Цими розрахунками займаються експерти за допомогою лабораторних досліджень проб повітря або за допомогою експрес-тесту на визначення вмісту формальдегіду у повітрі жилого приміщення. Дізнатися вміст формальдегіду у меблях чи косметичних засобах догляду можна за допомогою класу емісії чи переліку компонентів на упаковці.

Більшу частину часу людина проводить у приміщенні. Тому важливо вивчати фактори навколишнього середовища, оскільки шкідливі гази впливають на здоров'я та самопочуття. Забруднювачами повітря в приміщенні можуть бути гази, пари (органічні та неорганічні) і тверді частинки. Вони потрапляють у повітря ззовні або розміщуються в самій будівлі [17].

Кількість забруднюючих речовин, таких як формальдегід, який часто надходить із джерел, пов'язаних із процесом горіння, може змінюватися. Виникнення сполук внаслідок діяльності людини, наприклад, у результаті фарбування, також викликає значні тимчасові зміни в концентрації формальдегіду. Концентрація формальдегіду в повітрі приміщень дерев'яними виробами може змінюватися зі змінами температури та вологості, але їх виділення є постійним [4].

ДСП з класом емісії E1 містить не більше 10 мг формальдегіду на 100 г абсолютно сухого матеріалу, причому він постійно випаровується – під час зберігання на складі, під час перевезення, і взагалі весь час, починаючи з моменту пресування [14]. Якісний ламінат має клас емісії не вище E1, який допускає вміст формальдегіду 4-8 мг/100 г сухої плити. Так само клас емісії E1 допускає виділення формальдегіду в довкілля від 0,01 до 0,124 мг/м, що є безпечним для людини [14].

Вміст формальдегіду як консерванту в косметиці для шкіри допускається нижче 0,2 %, а в засобах гігієни ротової порожнини - нижче 0,1 %. У більшості країн дозволи на використання формальдегіду в косметиці в обмеженому дозуванні – не більше – 0,2 %. Якщо у продукті формальдегіду менше 0,05 %, виробник має право не вказувати його на перелік компонентів [12].

Згідно зі санітарними правилами, норма вмісту формальдегіду в одязі з секонд-хенду складає від 9 до 17 мг/кг, що є значно меншим, ніж допустиме значення в 75 мг на кг [12].

Тютюновий дим також є причиною забруднення повітря. У складі виявлено такі основні хімічні речовини: нікотин, нітроамін, акролеїн, формальдегід і ціаністий водень. Зокрема, концентрація формальдегіду в одній сигареті змінюється в залежності від її форми: у газоподібній (пароподібній) фазі тютюнового диму становить 5 мкг, а у сигарети без фільтра – 100 мкг [12].

У таблиці 3.2 наведені показники виділення формальдегіду з різних меблів, побутової хімії та будівельних матеріалів.

Таблиця 3.2

Діапазон виділення формальдегіду з різних матеріалів

Матеріал	Діапазон швидкості виділення формальдегіду (мкг/м ² за день)
Деревоволокниста плита середньої щільності	17600 – 55000
Фанерна обшивка з твердих порід дерева	1500 – 34000
Пресована плита	2000 – 25000
Ізоляція з вспіненої форм-речовини	1200-19200
Фанера з м'яких порід дерева	240-720
Вироби з паперу	260-680
Вироби з скловолокна	400-470
Одяг	35-570
Еластичне покриття для підлоги	< 240
Килимове покриття	0-65
Оббивна тканина	0-7

3.2. Дослідження індивідуального канцерогенного ризику для здоров'я людини від формальдегіду в міських житлових приміщеннях

Речовина, що розглядають для оцінки канцерогенного ризику для здоров'я людини, це формальдегід, який належить до 1 групи відповідно до класифікації Міжнародного агентства з вивчення раку. Формальдегід має канцерогенний потенціал із фактором ризику $SF = 0,046$ мг/кг на добу [13].

Канцерогенний ризик – це ймовірність того, що у людини протягом життя розвинеться новоутворення внаслідок впливу потенційного канцерогену [15]. Індивідуальний канцерогенний ризик характеризує верхню границю можливого канцерогенного ризику протягом періоду, що відповідає середньої тривалості життя людини (70 років) [18].

Індивідуальний канцерогенний ризик r_k розраховується за наступною формулою:

$$r_k = m \times F_r, \quad (3.1)$$

де m – кількість надходження канцерогену;

F_r – коефіцієнт пропорційності, який визначає нахил добової залежності для кожного канцерогену (отримані, як правило, у дослідях на тваринах), мг/кг на добу [15].

Фактор ризику формальдегіду при надходженні через органи дихання (F_r) становить $2,1 \cdot 10^{-2}$ (мг/кг на добу).

Формула розрахунку для m у повітрі має наступний вигляд:

$$m = \frac{C \times V \times f \times T_p}{P \times T}, \quad (3.2)$$

де C – концентрація в повітрі (мг/м³);

V – об'єм вдихуваного людиною повітря (20 м³ /добу);

f – кількість днів у році, коли відбувається надходження до організму людини токсикантів (діб/рік);

T_r – число років знаходження в цих умовах;

P – середня вага (70 кг);

T – середня тривалість життя (70 років) [15].

Були проведені розрахунки для спальної кімнати в новобудові, з концентрацією формальдегіду в повітрі $39,04 \text{ мг/м}^3$, де був сильно відчутний запах цієї речовини. Це відбувалося за рахунок того, що ремонт та сама будівля були зроблені із нових матеріалів, де були використанні: деревоволокнисті плити середньої щільності, фанерна обшивка з твердих порід дерева, ізоляційне покриття з вспіненої форм-речовини, вироби з скловолокна, еластичне покриття для підлоги (а саме, гумове рулонне покриття), а також килимове покриття з високим ворсом.

Отже, вихідні дані для розрахунку індивідуального канцерогенного ризику для людини, що знаходиться в даних умовах наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 1.3

Вихідні дані для спальної кімнати в новобудові з новим ремонтом

C – концентрація в повітрі (мг/м^3)	39,04
V – об'єм вдихуваного людиною повітря ($\text{м}^3/\text{добу}$)	20
F_r – коефіцієнт пропорційності, який визначає нахил добової залежності для кожного канцерогену (мг/кг на добу)	$2,1 \cdot 10^{-2}$
f – кількість днів у році, коли відбувається надходження до організму людини токсикантів (діб/рік)	300
T_r – число років знаходження в цих умовах (рік)	1
P – середня вага (кг)	70
T – середня тривалість життя (роки)	70

Число років знаходження в даних умовах беремо як 1 рік, а фактор ризику канцерогену (формальдегіду) при надходженні через органи дихання становить $2,1 \cdot 10^{-2}$ (мг/кг на добу).

Розраховуємо кількість надходження канцерогену:

$$m = \frac{53,4 \times 20 \times 0,82 \times 1}{70 \times 70} = 0,13$$

Так, індивідуальний канцерогенний ризик для людини, що перебуває у спальній кімнаті з новим ремонтом становить:

$$r_k = 0,17 \times 2,1 \cdot 10^{-2} = 2,7 \cdot 10^{-3}$$

Згідно з класифікацією рівнів ризику [19], що надано у таблиці 3.4, індивідуальний канцерогенний ризик $2,7 \cdot 10^{-3}$ є високим, тобто неприйнятний для людини.

Таблиця 3.4

Класифікація рівнів ризику

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis) - не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низький - припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Мінімальний (De Minimis) - бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

Перебуваючи у таких умовах, людина може відчутти на собі як і гострий вплив парів формальдегіду, так і хронічний, в залежності від часу знаходження у такій кімнаті. Наслідки одноразового високого рівня впливу формальдегіду включають у себе нездужання, головний біль, порушення сну, дратівливість і порушення спритності, пам'яті та рівноваги [8]. При гострому впливі пари формальдегіду викликають миттєве місцеве подразнення слизових оболонок, включаючи очі, ніс і верхні дихальні шляхи [8]. Точний механізм дії токсичності формальдегіду невідомий, але відомо, що він може взаємодіяти з

молекулами на клітинних мембранах і в тканинах і рідинах організму (наприклад, білках і ДНК) та порушувати клітинні функції. Високі концентрації викликають осадження білків, що призводить до загибелі клітин. Всмоктування з дихальних шляхів відбувається дуже швидко; після всмоктування формальдегід метаболізується до мурашиної кислоти, що може спричинити кислотно-лужний дисбаланс та низку інших системних ефектів [8].

Гострий вплив може також спричинити значне запалення нижніх дихальних шляхів, що призведе до набряку горла, запалення трахеї та бронхів, запалення легенів і накопичення рідини в легенях. Вплив певних хімічних подразників може призвести до синдрому реактивної дисфункції дихальних шляхів (RADS), типу астми, викликаного хімічними речовинами або подразниками [8].

Наступними були розрахунки для спальної кімнати з ремонтом 5-річної давнини, де концентрація формальдегіду в повітрі становила 21,66 мг/м³.

Умови для розрахунків індивідуального канцерогенного ризику від парів формальдегіду залишаються майже тими ж, окрім концентрації речовини (21,66 мг/м³) та числа років знаходження в цих умовах – в даному випадку це число становить 5 років.

Розрахувавши кількість надходження канцерогену по формулі 3.2, отримуємо число 0,22. Так, індивідуальний канцерогенний ризик для людини, що перебуває у спальній кімнаті з ремонтом 5-річної давнини становить:

$$r_k = 0,22 \times 2,1 \cdot 10^{-2} = 4,8 \cdot 10^{-3}$$

Приведений до одного року індивідуальний ризик дорівнює $9,6 \cdot 10^{-4}$, що є в межах від $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-4}$, тобто такий ризик за класифікацією є середнім і потребує поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливого впливу формальдегіду. Такий ризик для людини в цих умовах є через те, що в кімнаті присутні килимове покриття, новий одяг, фанера з м'яких порід дерева та оббивна тканина ліжка, які продовжують виділяти пари формальдегіду.

Важливим фактором ще є те, що у досліджуваній спальній кімнаті багато палять, через те концентрація формальдегіду у повітрі приміщення є підвищеною.

Хоча короткострокові наслідки впливу формальдегіду на здоров'я добре відомі, про потенційні довгострокові наслідки відомо менше. У 1980 році лабораторні дослідження показали, що формальдегід може викликати рак носу у щурів. Цей висновок підняв питання, чи може вплив формальдегіду викликати рак у людей; у 1987 році Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) класифікувало формальдегід як ймовірний канцероген для людини у дуже високих концентраціях або за умов тривалого впливу [8]. З того часу кілька досліджень на людях показали, що вплив формальдегіду пов'язаний з певними видами раку.

Небезпека формальдегіду як мутагену полягає не тільки в тому, що він викликає небезпечні для життя соматичні мутації, але й у тому, що ці мутації можуть накопичуватися, передаватися нащадкам і проявлятися в наступних поколіннях. Формальдегід накопичується в організмі і не може бути легко виведений [8].

Основними проблемами тривалого впливу формальдегіду є сенсibilізація та рак. У сенсibilізованих осіб формальдегід може викликати астму та контактний дерматит. При хронічному впливу парів формальдегіду зазначалися несприятливі ефекти на центральну нервову систему, такі як підвищена поширеність головного болю, депресія, зміни настрою, безсоння, дратівливість, дефіцит уваги та погіршення спритності, пам'яті та рівноваги в результаті тривалого впливу [8].

Щодо останнього типу приміщення, спальної кімнати у багатоквартирному будинку 1950-х років, де ремонт проводили більше 15 років тому, то там концентрація формальдегіду в повітрі приміщення становила $1,06 \text{ мг/м}^3$. Умови для розрахунків також залишилися незмінними, крім концентрації речовини та числа років знаходження в цих умовах – в даних умовах число склало 15 років.

Розрахувавши кількість надходження канцерогену по формулі 3.2, отримуємо число 0,05. Отже, індивідуальний канцерогенний ризик для людини, що перебуває у спальній кімнаті у багатоквартирному будинку 1950-х років, де ремонт проводили більше 15 років тому становить:

$$r_k = 0,05 \times 2,1 \cdot 10^{-2} = 1,1 \cdot 10^{-3}$$

Приведений до одного року індивідуальний ризик становить $7,4 \cdot 10^{-5}$, і це значення дорівнює припустимому ризику – низькому, рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення.

Так, розрахувавши індивідуальний канцерогенний ризик від формальдегіду для кожного з типу приміщень, можна зробити висновок, що з плином часу після ремонту кімнат, пари формальдегіду випаровуються і з кожним роком концентрація у повітрі цієї речовини стає все менше і менше. Зміна старої меблі на нову, новий килим або паління цигарок у кімнаті підвищує концентрацію формальдегіду у повітрі приміщення.

3.3. Ефективні методи зменшення впливу формальдегіду на здоров'я людини

Формальдегід є небезпечною речовиною, яка може негативно впливати на здоров'я людини, особливо якщо його вміст в повітрі житлових приміщень перевищує норми. Однак, для зменшення цього впливу можна взяти ряду заходів.

По-перше, можна робити вибір на користь продуктів з низьким вмістом формальдегіду, якщо такі є в наявності. Наприклад, меблі та ДСП з ламінованою поверхнею виділяють менше формальдегіду, тому вони можуть бути більш безпечним варіантом. Також можна звернути увагу на клеї, які містять менше формальдегіду, або на альтернативні матеріали, які не містять цю речовину.

По-друге, треба провітрювати нові меблі та вироби з пресованої деревини. Споживчі товари, такі як фанера та деревостружкові плити, виділяють формальдегід. Ці продукти виділяють найвищі концентрації формальдегіду, доки вони є новими. Найпростіший спосіб видалити формальдегід з меблів – це провітрити її перед тим, як занести до житлового приміщення. Зазвичай рекомендовано провітрювати нові меблі протягом 2-3 тижнів [9]. Проте, час, необхідний для випаровування формальдегіду залежить від багатьох факторів, таких як розмір меблів, матеріали, з яких вони виготовлені, температура та вологість повітря в приміщенні.

Наступним є заборона паління у приміщенні. Тютюновий дим є одним з основних джерел формальдегіду, який є шкідливим для здоров'я. Відмова від паління в приміщенні є кроком до покращення якості повітря і зниження концентрації забруднюючих речовин. Таким чином, важливо дотримуватися цієї заборони для покращення стану повітря в приміщенні та збереження здоров'я.

Однією з найважливіших дій для збереження здоров'я є забезпечення якості повітря в приміщенні, для чого необхідна його вентиляція. Найпростіший спосіб провітрити приміщення – це відкрити двері та вікна, щоб забезпечити доступ зовнішнього повітря. Зокрема, дуже важливо провітрювати приміщення, де використовуються продукти, що містять формальдегід, такі як фарби. Додатково, можна встановити витяжку надвір для будь-яких приладів згоряння, щоб уникнути накопичення шкідливих викидів. Крім того, використання очищувачів повітря є дуже важливим для зменшення вмісту формальдегіду у повітрі. Ці пристрої можуть ефективно очищати повітря в приміщенні від забруднюючих речовин. Всі ці заходи можуть сприяти покращенню якості повітря в приміщенні та забезпечити більш комфортні та безпечні умови проживання.

Час, необхідний для провітрювання приміщення, щоб зменшити рівень формальдегіду у повітрі, залежить від кількох факторів, таких як розмір і вентиляція приміщення, кількість джерел викиду формальдегіду та інші

фактори. Загалом, ефективне провітрювання приміщення має бути проведене протягом декількох годин. Рекомендується провітрювати кімнату протягом 15-20 хвилин кожні 2-3 години [9]. Для того, аби зменшити рівень формальдегіду в приміщенні може знадобитися додатковий час провітрювання, особливо якщо людина знаходиться в кімнаті з новими меблями, килимами або іншими джерелами викиду формальдегіду.

Важливо не лише прати новий одяг та провітрювати його після хімчистки, але також звернути увагу на матеріали, з яких він виготовлений. У процесі обробки тканин для запобігання руйнуванню від мікроорганізмів та збереження кольору використовується формальдегід. Також слід знати, що деякі тканини, які використовуються для постійного друку, можуть виділяти формальдегід [13]. Прання нового одягу такого типу перед тим, як одягнути його, знизить рівень впливу забруднюючих речовин, які виділяє одяг.

Для того, аби зменшити ризик взаємодії з формальдегідом з нового одягу, його можна провітрювати протягом декількох днів перед використанням. Рекомендується розпакувати новий одяг з поліетиленової упаковки та залишити на повітрі протягом декількох годин або навіть декількох днів [9]. Також, можна прати новий одяг перед першим використанням, оскільки водна процедура може допомогти знизити кількість залишків цієї речовини на поверхні тканини.

Також, деякі рослини можуть допомогти зменшити рівень формальдегіду в повітрі. Наприклад, папороть найкраще засвоює формальдегід, що дозволяє їй досить ефективно очищувати повітря в приміщенні. Драцена (драконове дерево) здатна поглинати значні кількості формальдегіду, а також інші шкідливі речовини. Плющ звичайний також може допомогти знизити рівень формальдегіду в повітрі [9]. Фікус Бенджаміна здатний поглинати не тільки формальдегід, а й бензол та інші шкідливі речовини. Сансевієрія Сілвер Квін може поглинати до 90% формальдегіду, що її досить ефективним рослинним очисником повітря [9]. Ці рослини можна встановлювати в кімнаті, де знаходяться будівельні матеріали та меблі, які можуть бути джерелами

формальдегіду. Для максимальної ефективності рекомендується розміщувати рослини у різних частинах приміщення та забезпечувати їм достатнє освітлення та полив.

І наостанок, корисним для зменшення вмісту формальдегіду у жилих приміщеннях є підтримання низької температури та вологості у приміщенні. Конкретні показники залежать від типу приміщення, але загалом рекомендується підтримувати температуру у діапазоні 18-24 градусів Цельсія та відносну вологість у діапазоні 40-60% [2]. Важливо також пам'ятати, що підвищення температури або вологості може збільшувати викиди формальдегіду, тому важливо уникати перегріву та пересушування повітря в приміщенні.

ВИСНОВКИ

Вивчення різноманітних літературних джерел стосовно проблеми екологічної безпеки міських житлових приміщень та дослідження впливу формальдегіду на здоров'я людини стали основою для певних висновків.

1. Багато різних факторів впливає на здоров'я людини усередині житлових приміщень: це і різні газоподібні забруднювачі, що потрапляють як через оточуюче середовище, так і з різними предметами інтер'єру, різноманітні біологічні агенти, що з'являються у житлових приміщеннях через високу або низьку вологість повітря, а також, крім усього іншого, важливою є і якість питної води, яка також має вплив на здоров'я людини.

2. Досліджено вплив на здоров'я людини основних газоподібних забруднювачів усередині приміщень, таких як, леткі органічні сполуки, формальдегід та газ радон. Кожна із цих речовин протягом тривалого часу може підвищити ризик виникнення проблем зі здоров'ям, тому так важливо провітрювати приміщення та слідкувати за якістю меблів та інших предметів інтер'єру у житлових приміщеннях.

3. Важливо контролювати мікроклімат у житлових приміщеннях, особливо такий показник як вологість повітря, задля уникнення появи різних біологічних агентів, таких як: бактерії, пліснява, грибки та інші організми. Такі організми мають вплив не тільки на стан будівлі, її конструкції, а й мають значний вплив на здоров'я людей, що знаходяться в приміщеннях.

4. Формальдегід — це безбарвний газ із різким характерним запахом. Наслідки одноразового високого рівня впливу формальдегіду включають у себе нездужання, головний біль, порушення сну, дратівливість і порушення спритності, пам'яті та рівноваги. При гострому впливі пари формальдегіду викликають миттєве місцеве подразнення слизових оболонок, включаючи очі, ніс і верхні дихальні шляхи.

5. Для визначення індивідуального канцерогенного ризику від вмісту формальдегіду у повітрі приміщення було досліджено спальні кімнати в різних

групах приміщень, такі як: кімната з новим ремонтом, кімната з ремонтом 5-річної давнини та спальна кімната, де ремонт проводили більше 15 років тому.

6. В першому приміщенні було розраховано індивідуальний канцерогенний ризик і він складає $2,7 \cdot 10^{-3}$, що є неприйнятним для здоров'я людини.

7. Ризик у другому приміщенні становить $9,6 \cdot 10^{-4}$, що відповідає середньому класифікацією та потребує детальнішого вивчення джерел та можливих наслідків шкідливого впливу формальдегіду, оскільки він знаходиться в межах від $1 \cdot 10^{-3}$ до $1 \cdot 10^{-4}$.

8. У третьому приміщенні індивідуальний канцерогенний ризик становить $7,4 \cdot 10^{-5}$, що відповідає низькому припустимому ризику. Це рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення.

9. Найбільший ризик виявили для 1 приміщення тому, що там ремонт та сама будівля були зроблені із нових матеріалів, де були використанні: деревоволокнисті плити середньої щільності, фанерна обшивка з твердих порід дерева, ізоляційне покриття з вспіненої форм-речовини, вироби з скловолокна, а також було присутнє килимове покриття.

10. Для зменшення впливу формальдегіду на здоров'я людини у житлових приміщеннях є наступні рекомендації: робити вибір на користь продуктів з низьким вмістом формальдегіду, якщо такі є в наявності, провітрювати нові меблі та вироби з пресованої деревини, заборонити куріння у приміщенні, робити вентиляцію внутрішніх приміщень, прати новий одяг або провітрювати його після хімчистки та підтримувати низьку температуру та вологості у приміщенні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Al horr Y., Arif M., Katafygiotou M., Mazroei A., Kaushik A., Elsarrag E. Impact of indoor environmental quality on occupant well-being and comfort: A review of the literature. *Int. J. Sustain. Built Environ.* 2016. 5, 1–11.
URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212609016300140?via%3Dihub> (дата звернення: 18.03.2023).
2. Apte K. Salvi S. Household air pollution and its effects on health. *F1000Research.* 2016. 5, 1–14.
URL: <https://f1000research.com/articles/5-2593/v1> (дата звернення: 18.03.2023).
3. Golden R. Identifying an indoor air exposure limit for formaldehyde considering both irritation and cancer hazards. *Critical Reviews in Toxicology.* 2011. P.672–721.
URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3175005/> (дата звернення: 27.02.2023).
4. Joseph T. Ponessa. Environmental and Safety Issues in Housing, *Housing and Society* 19:2, DOI, 1992. P. 59–73.
URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/08882746.1992.11430131> (дата звернення: 27.02.2023).
5. Kullberg A. My Home is my Castle: Residential Well-being and Perceived Safety in Different Types of Housing Areas in Sweden. Linköping: 2010. P.1–95. URL: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:355507/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: 27.02.2023).
6. Mannan M, Al-Ghamdi S.G. Indoor Air Quality in Buildings: A Comprehensive Review on the Factors Influencing Air Pollution in Residential and Commercial Structure. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2021. P.1–25.

- URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8004912/> (дата звернення: 18.03.2023).
7. National Research Council (US) Committee on Indoor Pollutants. Indoor Pollutants. Washington (DC): National Academies Press (US). *SOURCES AND CHARACTERIZATION OF INDOOR POLLUTION* ; 1981. IV, 1–538. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK234054/> (дата звернення: 25.02.2023).
 8. National Research Council (US) Committee on Toxicology. Formaldehyde - An Assessment of Its Health Effects. Washington (DC): National Academies Press (US); *EFFECTS ON HUMANS*. 1980. 1–38. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK217652/> (дата звернення: 03.03.2023).
 9. Seaman G. 7 Easy Ways to Reduce Your Exposure to Formaldehyde. *Eartheasy*, 2011. URL: <https://learn.eartheasy.com/articles/7-easy-ways-to-reduce-your-exposure-to-formaldehyde/> (дата звернення: 03.03.2023).
 10. Shaobin Wang, H.M. Ang, Moses O. Tade. Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: State of the art: *Environment International*. Volume 33, Issue 5, 2007. P.694–705, ISSN 0160-4120. URL:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0160412007000281> (дата звернення: 27.02.2023).
 11. Timothy Huzar. Living space and health: How urban design affects our well-being: *Medical News Today*, 2021. URL: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/living-space-and-health-how-urban-design-affects-our-well-being> (дата звернення: 27.02.2023).
 12. Turiel I. Indoor air quality and human health. USA: Stanford University Press. 1985. 1–188 с.
 13. US EPA. Formaldehyde’s Impact on Indoor Air Quality. 2016. URL: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/formaldehydes-impact-indoor-air-quality> (дата звернення: 16.03.2023).

14. Аблєєва І. Ю. Екологія міських систем: конспект лекцій. Суми: СДУ, 2020. 178 с.
URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/339162413.pdf> (дата звернення: 15.03.2023).
15. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А., Огородник А. М. Ризик у безпеці життєдіяльності: оцінка й управління : методичні рекомендації до самостійної роботи та виконання індивідуальних розрахункових робіт. Миколаїв: Видавництво ЧДУ ім. Петра Могили, 2013. № 214. 52 с.
16. День захисту від радону. Чим небезпечний радон та як уберегтися: *Центр громадського здоров'я МОЗ України, 2019.*
URL: <https://www.phc.org.ua/news/den-zakhistu-vid-radonu-chim-nebezpechniy-radon-ta-yak-uberegtisya> (дата звернення: 01.03.2023).
17. Кривомаз Т. І., Варавін Д. В., Сіпаков Р. В., Кузьмішина Р. С. Оцінка впливу систем вентиляції на мікробіологічну безпеку та мікрокліматичні умови приміщень. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.* Київ, 2020. № 35. 49 – 57 с.
URL: <https://repository.knuba.edu.ua/server/api/core/bitstreams/1055e999-340b-4944-8afb-b5d41aaa0729/content> (дата звернення: 15.03.2023).
18. Переволоцький О. М. Екологічна оцінка впливів на довкілля: практичний посібник з виконання лабораторних робіт для студентів. Гомель, УО ГДУ ім. Ф. Скорини, 2012. 46 с.
URL: <https://elib.gsu.by/handle/123456789/1713> (дата звернення: 28.03.2023).
19. Про затвердження методичних рекомендацій "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря": наказ Міністерства охорони здоров'я України від 13.04.2007 № 184. *Верховна Рада України.*
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#Text> (дата звернення: 12.02.2023).

20. Цигичко С. П. Екологія в архітектурі і містобудуванні : навч. посіб. Харків: ХНАМГ, 2012. 146 с.